

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО

“ вересня ” 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 14.1 «Радіоастрономія»

Рівень вищої освіти	перший (освітньо-професійний)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 - Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ
Одеса
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Радіоастрономія». – Одеса: ОНУ, 2022. – 17 с.

Розробник: Панько Олена Олексіївна, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ


Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри  Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія» Юрієм НІЦУКОМ

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК  Наталя МАСЛІЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «29» 08 2022 р.

Завідувач кафедри  (Гайдук В. Я.)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № від « » 20 р.

Завідувач кафедри ()

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 3 годин – 90 змістовних модулів – 2	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u>	Вибіркова дисципліна
		Рік підготовки:
		4-й
		Семестр
		8-й
		Лекції
		24 год.
		Практичні, семінарські
		0 год.
		Лабораторні
		20 год.
		Самостійна робота
		46 год.
Форма підсумкового контролю: залік		

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни «Радіоастрономія» – надання студентам знань про сучасні радіотелескопи та інтерферометричні системи, методи обробки і аналізу радіозображень космічних об'єктів, механізми радіовипромінювання і результати дослідження фізичної природи різних космічних об'єктів за їхнім радіовипромінюванням

Завдання вивчення дисципліни «Радіоастрономія» – підвищення рівня кваліфікації астрономів, що дозволяє їм оволодівати та використовувати сучасні методи астрономічних досліджень, які ґрунтуються на найсучасніших досягненнях науки.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні

компетентності:

http://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/edu-programm/fmfit/OPP_104_fizyka_astronomy_bakalavr_2022.pdf

К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

К02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності:

К17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

K19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

K21. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

K23. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

K26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

K27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

K28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

Програмні результати навчання:

ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення астрономії та астрофізики для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з астрономії та астрофізики.

ПР02. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати,

систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

ПР11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.

ПР16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.

ПР18. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати:

- основні співвідношення для потужності та яскравості випромінювання;
- закони випромінювання дискретного джерела;
- рівняння переносу;
- параметри Стокса для поляризованої та частково поляризованої хвилі;
- типи антен радіотелескопів;
- механізми випромінювання;
- методи досліджень об'єктів Сонячної системи;
- характеристики радіовипромінювання Сонця та планет Сонячної системи;
- структуру Галактики в радіодіапазоні;
- характеристики радіогалактик і квазарів;
- характеристики мікрохвильового радіовипромінювання;

- використання підрахунку радіоджерел для цілей космології.

вміти:

- пояснити сутність метода мерехтінь та принцип обробки іоносферних мерехтінь;
- визначати густину потоку залишків спалахів наднових в радіодіапазоні;
- користуватися каталогами радіоджерел;
- будувати спектри радіоджерел;
- пояснювати механізми випромінювання радіоджерел;
- працювати на радіотелескопі «УРАН-4»;
- визначати параметри радіотелескопа.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи радіоастрономії. Класифікація механізмів радіовипромінювання.

Тема 1. Основи радіоастрономії

Історія виникнення та розвитку радіоастрономії. Місце та роль радіоастрономії в астрофізичних дослідженнях. Співвідношення для потужності та яскравості випромінювання. Дискретні джерела, густина їхнього потоку та яскравість. Антенне згладжування. Закони випромінювання дискретного джерела. Випромінювання джерела при поширюванні скрізь випромінюючу, поглинаючу хмару. Рівняння переносу. Мінімальні температура та густина потоку, що виявляються. Температура та шум. Поляризація радіовипромінювання. Сфера Пуанкаре. Параметри Стокса для поляризованої та частково поляризованої хвилі.

Тема 2. Антени радіотелескопів. Приймальні пристрої.

Антени радіотелескопів та їх типи. Діаграма спрямованості. Ширина головного променя і тілесний кут діаграми спрямованості, коефіцієнт спрямованої дії, коефіцієнт розсіювання. Зв'язок діаграми спрямованості по

полю з розподілом комплексної амплітуди поля на розкриві антени. Кутова роздільна здатність. Основні типи радіометрів в радіоастрономії. Приймальні пристрої. Детектування та інтегрування. Принцип радіометра. Кросскореляційної радіометр. Антена як фільтр просторових частот. Засоби будови зображень. Системи апертурного синтезу. Радіоінтерферометрична система УРАН.

Тема 3. Класифікація механізмів радіовипромінювання.

Класифікація механізмів радіовипромінювання (теплові, нетеплові, когерентні та некогерентні). Основні параметри, що описують стан космічної плазми. Гальмове та магнітно-гальмове випромінювання окремого електрону та плазми. Синхротронне випромінювання ансамблю частинок і синхротронне випромінювання в плазмі. Основні причини, що викликають викривлення спектру синхротронного джерела. Спектри радіоджерел. Спектральний індекс. Плазмові механізми випромінювання. Типи коливань та хвиль у плазмі. Механізми конверсії енергії плазмових хвиль в електромагнітне випромінювання. Астрофізичний прояв плазмових механізмів випромінювання.

Змістовий модуль 2. Радіоастрономія Сонячної системи. Галактична та позагалактична радіоастрономія.

Тема 1. Радіоастрономія Сонячної системи .

Методи досліджень (радіолокація та радіотеплолокація). Теплове радіовипромінювання планет та їхніх атмосфер. Планети з джерелами нетеплового випромінювання (Юпітер, Сатурн, Земля). Радіовипромінювання комет. Радіовипромінювання Сонця. Основна компонента та компонента, що повільно змінюється. Спорадичне випромінювання.

Тема 2. Галактична радіоастрономія.

Структура Галактики в неперервному тепловому та нетепловому випромінюванні. Області НІ та НІІ. Спостереження на хвилі 21 см. Молекулярні хмари та газово-пилкові комплекси. Мазерні джерела та їх класифікація. Планетарні туманності. Залишки спалахів наднових.

Тема 3. Позагалактична радіоастрономія.

Радіогалактики та квазари. Змінність випромінювання та основні типи спектрів. Використання підрахунку радіоджерел для цілей космології. Мікрохвильове фонове випромінювання. Каталоги радіоджерел. Радіоастрономічні обсерваторії світу.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва тем	Кількість годин				
	Очна денна форма				
	Усього о	у тому числі			
		Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Основи радіоастрономії. Класифікація механізмів радіовипромінювання.					
Тема 1. Основи радіоастрономії	12	4			8
Тема 2. Антени радіотелескопів. Приймальні пристрої	16	4		4	8
Тема 3. Класифікація механізмів радіовипромінювання.	16	4		4	8
Разом за змістовним модулем 1	44	12		8	24

Змістовний модуль 2. Радіоастрономія Сонячної системи. Галактична та позагалактична радіоастрономія.					
Тема 1. Радіоастрономія Сонячної системи .	12	4			8
Тема 2. Галактична радіоастрономія.	16	4		4	8
Тема 3. Позагалактична радіоастрономія.	18	4		8	6
Разом за змістовним модулем 2	46	12		12	22
Усього годин	90	24		20	46

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

7. Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обробка радіоастрономічних спостережень	4
2	Дослідження іоносферних мерехтінь на радіотелескопі «Уран-4»	4
3	Визначення густини потоку залишків спалахів наднових в радіодіапазоні	4
4	Каталоги радіоджерел та робота з ними	4
5	Спектри радіоджерел	4

	Разом	20
--	-------	----

8. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми/Питання для підготовки, завдання	Кількість годин
1	Закони випромінювання дискретного джерела (доповідь).	4
2	Випромінювання джерела при поширюванні скрізь випромінюючу, поглинаючу хмару (доповідь).	4
3	Системи апертурного синтезу (доповідь) .	4
4	Радіоінтерферометрична система УРАН (реферат).	4
5	Синхротронне випромінювання ансамблю частинок і синхротронне випромінювання в плазмі. Основні причини, що викликають викривлення спектру синхротронного джерела. Спектри радіоджерел. Спектральний індекс (доповідь).	4
6	Астрофізичний прояв плазмових механізмів випромінювання (доповідь).	4
7	Планети з джерелами нетеплового випромінювання (Юпітер, Сатурн, Земля) (реферат).	4
8	Радіовипромінювання комет (реферат).	4
9	Мазерні джерела та їх класифікація (доповідь)	4
10	Планетарні туманності (реферат).	4
11	Використання підрахунку радіоджерел для цілей космології (доповідь).	4
12	Радіоастрономічні обсерваторії світу (реферат)	2
	Разом	46

9. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький, при захисті лабораторних робіт використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод.

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання всіх лабораторних робіт студентів. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування, написання звітів до лабораторних робіт, оцінювання доповідей, рефератів. Підсумковий семестровий контроль (залік).

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Студент повинен виконати всі лабораторні роботи. За виконання розрахунків та оформлення роботи згідно вимог методичних вказівок до лабораторних робіт нараховується 4 балів за кожну роботу. При захисті роботи, за кожну правильну відповідь на запитання додається 2 бали. За неповну відповідь, відповідь, що містить несуттєві помилки додається 1 бал. За неправильну відповідь, або її відсутність бали не додаються. Максимальна кількість балів за лабораторну роботу не повинна перевищувати 8 балів. При виставленні підсумкової оцінки береться сума оцінок за всіма лабораторними роботами.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати завдань самостійної роботи оцінюються за відповідями на контрольні запитання та правильно виконаними обчисленнями.

Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв.), що супроводжується презентацією (6-8 слайдів).

Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

11. Питання для поточного та періодичного контролю

1. З яких основних пристроїв складається радіотелескоп?
2. Для чого слугує радіометр?
3. Намалюйте діаграму спрямованості.
4. Від чого залежить значення кута спрямованості?
5. Наведіть формулу для роздільної здатності радіотелескопа.
6. Як визначається кутовий діаметр радіоджерела на половині потужності?
7. Наведіть формулу для визначення спектральної густини потоку радіовипромінювання.
8. В яких одиницях вимірюється спектральна густина потоку?
9. Як пов'язана ефективна площа антени з її геометричною площею для параболічних антен?
10. Дайте означення антенної температури.
11. Як пов'язані спектральна інтенсивність та спектральна густина потоку радіовипромінювання?
12. Як визначається спектральна потужність радіовипромінювання джерела у всіх напрямках?
13. Дайте означення яскравісної температури.
14. Що таке чутливість радіометра та як її визначити?
15. Класифікація наднових зір.
16. Фізична природа наднових.
17. Що являють собою залишки спалахів наднових в радіодіапазоні?

18. Три стадії в розширенні оболонки наднової.
19. Механізм радіовипромінювання залишків спалахів наднових.
20. Зв'язок спектральної густини потоку із спектральним індексом.
21. Наведіть формулу для визначення густини потоку.
22. Основні характеристики оболонкових, плеріонів та комбінованих залишків спалахів наднових.
23. Охарактеризуйте залишки спалахів наднових, багатих киснем.
24. Основні характеристики радіотелескопа УТР-2.
25. В яких одиницях вимірюється густина потоку в радіодіапазоні?
26. Назвіть основні каталоги радіоджерел.
27. Що таке повний, або систематичних каталог?
28. Що таке «глибинний» огляд неба?
29. Як ви розумієте ефект «плутанини»?
30. Що таке спектр радіоджерела?
31. Чим відрізняються теплові та нетеплові спектри радіоджерел?
32. Внутрішні та зовнішні причини викривлення спектрів радіоджерел.
33. Класифікація спектрів за Келлерманом.
34. Для яких цілей використовується метод мерехтінь?
35. Сутність метода мерехтінь.
36. Які величини безпосередньо вимірюються при спостереженнях мерехтінь?
37. Сильні та слабкі мерехтіння.
38. Які ще мерехтіння ви знаєте, крім іоносферних?
39. Основні характеристики радіотелескопа «УРАН-4».
40. В чому полягає принцип обробки іоносферних мерехтінь?
41. Що таке амплітуда і період мерехтінь?

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					
Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях			Індивідуальні завдання	Виконання і захист лабораторних робіт	Разом
T1	T2	T3	16	24	80
4	4	4			
Змістовний модуль 2 Поточний контроль на лекціях				36	
T1	T2	T3			
4	4	4			

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та періодичного контролю за шкалою, що наведена нижче.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для для екзамену, курсового проекту (роботу), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	

60-69	Е		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, первинний інструктаж з техніки безпеки, порядок виконання лабораторної роботи.

14. Рекомендована література

Основна

1. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія / Підручник для вищих навчальних закладів. – Харків, 2019. – 523 с.
2. Астрономічний енциклопедичний словник / За загал. ред. І. А. Климишина, А. О. Корсунь. – Львів, 2003. – 548 с.
3. Івченко В. М., Решетник В. М. Радіоастрономія / Навчальний посібник для студентів фізичного факультету. – Київ, 2021. – 246 с.
4. Рябов М. І., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Словник термінів з радіоастрономії. – Одеса: ОНУ, 2017. – 138 с.

Додаткова

1. Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Обробка радіоастрономічних спостережень // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: ОНУ, 2018. – 20 с.
3. Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Визначення густини потоку залишків спалахів наднових у радіодіапазоні // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: ОНУ, 2018. – 36 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://dspace.onu.edu.ua/>
2. phys.onu.edu.ua
3. https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Cambridge/Cambridge1_2.html
4. The spectra of radio sources in the revised 3C catalogue.
<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-ref?querymethod=bib&simbo=on&submit=submit+bibcode&bibcode=1969ApJ...157....1K>
5. <https://ned.ipac.caltech.edu/>