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

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"____" _____ 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇДИСЦИПЛІНИ

ВК 4.01 «Позагалактична астрономія»

Рівень вищої освіти	**другий (магістерський)**
Галузь знань	**10 – Природничі науки**
Спеціальність	**104 - Фізика та астрономія**
Освітньо-професійна програма	**Фізика та астрономія**

ОНУ
Одеса

2

Робоча програма навчальної дисципліни «Позагалактична астрономія». – 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»_____Вадим АДАМЯН

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

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК _____ Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___від «___» _____20___ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

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
		Денна (очна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 4	Галузь знань	Вибіркова дисципліна
годин – 120	10 – Природничі науки	**Рік підготовки**:
змістовних модулів - 1	Спеціальність:	1-й
	104 – Фізика та астрономія	**Семестр**
	Рівень вищої освіти:	1-й
	Другий (магістерський)	**Лекції**
		20 год.
		Практичні
		0 год.
		Лабораторні
		20 год.
		Самостійна робота
		80 год.
		Форма підсумкового контролю: екзамен

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Позагалактична астрономія» є підготовка фахівців, що мають сформовану сучасну картину Всесвіту, спроможних вільно оперувати поняттями, що пов'язані із фізичними властивостями компонентів галактик та процесами, що протікають в галактиках та міжгалактичному середовищі; формування у студентів наукових знань по відповідному розділу астрофізики; оволодіння теоретичними і експериментальними методами астрономічних досліджень; формування сучасної астрономічної картини світу як частини природничо-наукової картини світу; вироблення у студентів самостійної навчальної діяльності; розвиток у них пізнавальної потреби. Майбутні фізики повинні вільно володіти відомостями та математичним апаратом, що описує будову та еволюцію галактик та їхніх компонентів, вплив темної матерії та темної енергії на взаємодію галактик між собою та міжгалактичним середовищем, процеси зореутворення у різних типах галактик. Набуті знання будуть необхідні у майбутньої професійної діяльності астрофізиків та будуть корисні для фізиків.

Завдання: сформувати у студентів стійкі знання про особливості формування галактик, еволюційні зміни, що відстежуються на космологічних відстанях, роль чорних дір у ядрах галактик та їхній вплив на активність ядр, радіовипромінювання галактик, тощо, процеси, що ведуть до злиття галактик, а також вміння використовувати набуті знання у дослідженнях.

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

Інтегральна компетентність

ІК. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальні компетентності

ЗК 01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК 06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК 01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

СК 02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

СК 05. 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/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК 08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв’язання, беручи до уваги наявні ресурси.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- Будову нашої Галактики;
- Галактичну систему координат;
- основні типи галактик, основні схеми морфологічної класифікації;
- особливості морфології галактик на різних відстанях;

- ознаки присутності речовини, що не випромінює, у галактиках та можливість вивчення розподілу цієї речовини;
- основні зв'язки морфологічних особливостей галактик с їхними фізичними характеристиками;
- властивості галактик з активними ядрами;
- особливості радіогалактик та квазарів;
- найближчі сусіди нашої Галактики, її супутники, М31 та її супутники; особливості Місцевої групи галактик;
- Супергалактику Вокулера та відповідну супергалактичну систему координат;
- методи побудови шкали відстаней у Всесвіті;
- поняття по супутню систему координат;
- розподіл галактик у просторі; коміркова структура розподілу; основні типи великомасштабних утворень у Всесвіті;
- поняття про Габбловську течію; прискорене розширення Всесвіту;
- поняття про темню матерію та темну енергію.

вміти:

- визначати морфологічний тип галактики за класифікацією Габбла та удосконаленою класифікацією Габбла-Сендіджа;
- оцінювати масу галактик за кривою її обертання;
- оцінювати відстань до галактики за різними методами.
- визначати морфологічний тип скупчень галактик, пояснювати взаємодію основних компонентів скупчень.

1. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Галактики.

Тема 1. Предмет позагалактичної астрономії. Історія формування уявлень про галактики.

Тема 2. Наша Галактика. Галактичні система координат: сферична та циліндрична. Підсистеми Галактики. Найближче оточення Галактики. Місцева група галактик.

Тема 3. Галактики як основний тип населення Метагалактики та їхні характеристики. Основні типи галактик. Класификація: Габбла, Габбла – Сендіджа, де Вокулера. Особливості формування різних типів галактик. Зореутворювання в галактиках. Галактики, що взаємодіють. Галактичний канибалізм. Класифікація галактик на різних червоних зміщеннях. Інтернет-ресурси зображень галактик.

Тема 4. Поверхнева фотометрія галактик. Стандартні фотометричні параметри. Форми ізофот галактик. Профіль Серсика. Поверхнева яскравість та розподіл густини джерел. Поправки до зоряних величин. Поправки на поглинання. Еволюційна та К-поправки.

Тема 5. Визначення відстаней до галактик. Побудова шкали відстаней. Стандартні свічки. Співвідношення Таллі-Фішера та Фабер-Джексона, їхні модифікації. Закон Габбла – Леметра. Проблема визначення відстаней. Супутня система координат.

Тема 6. Обертання і розміри галактик. Маси галактик. Обертання галактик. Методи визначення маси галактики. Проблема темного гало.

Тема 7. Світимості галактик. Функція світимості та функція густини галактик. Апроксимація Шехтера функції світимості. Співвідношення маса – світимість галактик.

Тема 8. Нестаціонарні процеси в галактиках. Галактики с активними ядрами. Сейфертові галактики. Квазары. Радіовипромінювання галактик. Радіовипромінювання спіральних галактик. Радіовипромінювання ядр. Радіогалактики: потужність радіовипромінювання, радіоструктура. Радіоджеты. Гамма-спалахі.

Тема 9. Великомасшабний розподіл галактик. Основні елементи великомасшабної стурктури Всесвіту: лісти, филамени, войди. Велики стіни.

Надмасштиабні структури. Комірковий розподил речовини. Групи, скупчення, надскупчення галактик. Войди та комірчаста струртура всередіні войда. Орієнтации галактик у різних типах стукртур.

Тема 10. Скупчення галактик. Компоненти, еволюція. Морфологічна класифікація скупчень галактик. Міжгалактична речовина у скупченнях. Гарячий газ та темна материя у скупчіеннях. Межа скупчення. Супергалактика Вокулера як надскупчення. Надскупчення Virgo. Надскупчення Ланіакєя.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Очна форма					
	усього	У тому числі				
		Л	Пр.з.	СРС	інд	Лаб.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Галактики						
Тема 1. Предмет позагалактичної астрономії. Історія формування уявлень про галактики.	12	2		10		
Тема 2. Наша Галактика. Галактичні система координат.Місцева група галактик.	12	2		8		2
Тема 3. Галактики як основний тип населення Метагалактики. Основні типи галактик. Класифікація.	12	2		6		4
Тема 4. Поверхнева фотометрія галактик.	12	2		8		2
Тема 5. Визначення відстаней до галактик.	12	2		8		2
Тема 6. Обертання і розміри галактик.	12	2		8		2

Маси галактик.						
Тема 7. Світимості галактик. Співвідношення маса – світимість галактик.	12	2		8		2
Тема 8. Нестаціонарні процеси в галактиках. Галактики с активними ядрами. Сейфертові галактики. Квазары. Радіовипромінювання галактик. Радіоджеты. Гамма-спалахі.	12	2		8		2
Тема 9. Великомасшабний розподіл галактик. Основні елементи великомасшабної стурктури Всесвіту.	12	2		10		
Тема 10. Скупчення галактик.	12	2		6		4
Разом за змістовим модулем 1	120	20		80		20
Усього годин	120	20		80		20

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

7. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	Кількість годин
1	Наша Галактика. Галактичні система координат.	2
2	Основні типи галактик. Класифікація.	4
3	Поверхнева фотометрія галактик.	2
4	Визначення відстаней до галактик.	2
5	Визначення маси галактики.	2

6	Світимості галактик. Співвідношення маса – світимість галактик.	2
7	Радіовипромінювання галактик. Радіоджеты. Гамма-спалахі.	2
8	Скупчення галактик.	4
	Разом	20

8. Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Предмет позагалактичної астрономії. Історія формування уявлень про галактики.	10
2	Тема 2. Наша Галактика. Галактичні система координат.Місцева група галактик.	8
3	Тема 3. Галактики як основний тип населення Метагалактики. Основні типи галактик. Класифікація.	6
4	Тема 4. Поверхнева фотометрія галактик.	8
5	Тема 5. Визначення відстаней до галактик.	8
6	Тема 6. Обертання і розміри галактик. Маси галактик.	8
7	Тема 7. Світимості галактик. Співвідношення маса – світимість галактик.	8
8	Тема 8. Нестаціонарні процеси в галактиках. Галактики с активними ядрами. Сейфертові галактики. Квазары. Радіовипромінювання галактик. Радіоджеты. Гамма-спалахі.	8
9	Тема 9. Великомасшабний розподіл галактик. Основні елементи великомасшабної стурктури Всесвіту.	10
10	Тема 10. Скупчення галактик.	6
	Разом	80

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. 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 самостійної роботи. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування, написання звітів до лабораторних робіт, написанні звітів при виконанні практичних завдань, оцінювання доповідей, рефератів, розв’язання ситуаційних задач. Підсумковий семестровий контроль (іспит).

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 3 бали за кожну роботу, за роботи, більші за об’ємом (№2 та №8), нараховується 6 балів. При захисті роботи, за кожну правильну відповідь на запитання додається 1 бали. За неповну відповідь, відповідь, що містить несуттєві помилки додається 0.5 бал. За неправильну відповідь, або її відсутність бали не додаються. Максимальна кількість балів за лабораторну роботу не повинна перевищувати 5 (10 за роботи 2 та 8) балів. Округлення ведеться у більший бік. При виставленні підсумкової оцінки береться сума оцінок за всіма лабораторними роботами.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів). Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий семестровий контроль (екзамен) проводиться в усній формі. На екзамені студенту пропонуються 2 теоретичних питання, яке оцінюється окремо за 15 бальною шкалою. Критерії оцінювання залікового питання:

– повна розгорнута відповідь – 15 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь – 12 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 10 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 8 балів,

за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що здобувач отримав на заліку, є сумою балів, що були отримані за кожне теоретичне питання.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче (п.12).

11. Питання для поточного та періодичного контролю

1. Формування уявлень про галактики.
2. Наша Галактика. Будова.
3. Галактичні системи координат.

4. Місцева група галактик.
5. Морфологичні особливості галактик та їх класіфікація.
6. Фізичні характерсистикі спіральних галактик. Особливості еволюції.
7. Фізичні характерсистикі еліптичних галактик. Особливості еволюції.
8. Неправільні, карликові, компактні галактики. Зореутворювання в галактиках.
9. Особливості формування різних типів галактик.
10. Галактики, що взаємодіють. Галактичний канибалізм.
11. Визначення відстаней до галактик. Співвідношення Таллі-Фішера.
12. Визначення відстаней до галактик. Співвідношення Фабер-Джексона.
13. Шкала відстаней, стандартні свічки. Закон Габбла (Габбла-Леметра). Супутня система координат.
14. Обертання галактик. Проблема темного гало.
15. Поверхнева фотометрія галактик.
16. Взначення мас галактик. Співвідношення маса – світимість галактик.
17. Функція світимості та функція густини галактик.
18. Галактики с активними ядрами.
19. Сейфертові галактики.
20. Квазары. Радіовипромінювання галактик.
21. Радіовипромінювання спіральних галактик.
22. Радіовипромінювання ядр.
23. Радіогалактики: потужність радіовипромінювання, радіоструктура. Радіоджеты.
24. Гамма-спалахі.
25. Великомасшабній розподіл галактик. Комірковий розподил речовини.
26. Основні елементи великомасшабної стурктури: лісти, филамени, войди. Велики стіни.
27. Надмасштабні стукртури.
28. Групи, скупчення, надскупчення галактик.
29. Місцева група галактик.

30. Межа скупчення. Хаббловський потік. Поверня нульового прискорення.
31. Морфологічна класифікація скупчень галактик.
32. Міжгалактична речовина у скупченнях. Гарячий газ та темна материя у скупчіеннях.
33. Надскупчення Virgo. Супергалактика Вокулера.
34. Великомасштабна стурктура яс спаостережна основа космології.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання										**Підсумковий контроль (екз)**	**Сума балів**
Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях					**Контрольна робота**	**Індивідуальні завдання**	**Виконання і захист лабораторних робіт**	**Прак-тичне зав-дання**	**Разом**		
Т1	**Т2**	**Т3**	**Т4**	**Т5**							
2	**2**	**2**	**2**	**2**							
Т8	**Т7**	**Т8**	**Т9**	**Т10**			**50**		**70**	**30**	**100**
2	**2**	**2**	**2**	**2**							

Шкала оцінювання

<table>
<tr><td rowspan="2">Сума балів за всі види навчальної діяльності</td><td rowspan="2">Оцінка ECTS</td><td colspan="2">Оцінка за національною шкалою</td></tr>
<tr><td>для екзамену, курсового проекту (роботи), практики</td><td>для заліку</td></tr>
<tr><td>90 – 100</td><td>A</td><td>відмінно</td><td rowspan="5">зараховано</td></tr>
<tr><td>82-89</td><td>B</td><td rowspan="2">добре</td></tr>
<tr><td>74-81</td><td>C</td></tr>
<tr><td>64-73</td><td>D</td><td rowspan="2">задовільно</td></tr>
<tr><td>60-63</td><td>E</td></tr>
<tr><td>35-59</td><td>FX</td><td>незадовільно з можливістю повторного складання</td><td>не зараховано з можливістю повторного складання</td></tr>
<tr><td>0-34</td><td>F</td><td>незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td><td>не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td></tr>
</table>

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. Кудря Ю.М., Вавилова І.Б. Позагалактична астрономія. Книга 1. Галактики: основні фізичні властивості. Навчальний посібник. К.: Наукова думка, 2016. 344 с. ISBN 978-966-00-1517-3 Режим доступу http://mao.kiev.ua/biblio/mono/pzastr.pdfhttp://mao.kiev.ua/biblio/mono/pzastr.pdf

2. Вавилова І.Б., Кудря Ю.М., Василенко А.А., Бабик Ю.В. Позагалактична астрономія. Книга 2. Галактики: багатохвильові властивості. Навчальний посібник. Київ: Наукова думка, 2023. 446 с.

3. Вавілова І.Б. Великомасштабна структура Всесвіту: спостереження і методи дослідження. Навчальний посібник до спецкурсу «Позагалактична астрономія». Київ: РВЦ Київський університет, 1998. 107 с. Режим доступу: ftp://ftp.mao.kiev.ua/pub/irivav/Vavilova-Large-Scale-Structure-Universe.pdf

Додаткова

1. Чеснок Н.Г. Обробка спектрів зір та позагалактичних об'єктів за допомогою програмного забезпечення VOSpec". Методичний посібник до курсу позагалактичної астрономії для студентів 4, 5 курсів фізичного факультету спеціальності "астрономія". Київ: ВАІТЕ. 44 с. Режим доступу: https://mao.kiev.ua/biblio/mono/VOSpec.pdf
2. Тугай А.В. Рентгенівська астрономія. Методи отримання зображень, кривих блиску і спектрів за супутниковими спостереженнями. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2012. 44 с.
3. Бабик Ю.В., Вовк Є.Ю. Віртуальна рентгенівська та гама-обсерваторія. Обробка даних космічних обсерваторій «Чандра» та

«Фермі». Методичний посібник. Київ: ВАІТЕ, 2012. 64 с. Режим доступу: https://mao.kiev.ua/biblio/mono/book_babyk_vovk2.pdf

4. Добричева Д. Василенко М. Python: бібліотека scikit-learn для морфологічної класифікації SDSS-галактик. Методичний посібник для курсу Позагалактична астрономія. Київ: ГАО НАН України, 2022. 54с. Режим доступу https://mao.kiev.ua/index.php/ua/pdf-viewer?d5dbad50f56c5db73ff4ae261a1e4307cd9e45f236d5bf7aed36a5c1909cb124bc3
5. Рябов М.І., Мурніков Б.О., Кабанова Т.І. Словник термінів з радіоастрономії: словник для студентів фізичного факультету спеціальності «фізика та астрономія». Одеса: Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2017. 138 с. ISBN 978-617-698-206-9

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://dspace.onu.edu.ua/
2. phys.onu.edu.ua
3. https://ned.ipac.caltech.edu/
4. https://ned.ipac.caltech.edu/level5/galaxies.html
5. https://ned.ipac.caltech.edu/Documents/Guides
6. https://esahubble.org/images/archive/category/galaxies/
7. https://esahubble.org/videos/archive/category/galaxies/
8. https://classic.sdss.org/