

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи
Майя НІКОЛАСВА
“ 6 ” _____ 2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 10.1 «Фізичні змінні та подвійні зорі»

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

ОНУ
Одеса
2023


Робоча програма навчальної дисципліни «Фізичні змінні та подвійні зорі». –
Одеса: ОНУ, 2023. – 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 «1» вересня 2023 р.

Завідувач кафедри  Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»  Юрій НІЦУК

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

Протокол № 1 від «6» вересня 2023 р.

Голова НМК  Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___ від «___» _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___ від «___» _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

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
		7-й
		Лекції
		44 год.
		Практичні, семінарські
		0 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		46 год.
Форма підсумкового контролю: залік		

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Фізичні змінні та подвійні зорі» є ознайомлення студентів із основними типами і класами фізичних змінних зір та подвійних і змінних/подвійних зір. Ці об'єкти надзвичайно важливі для астрофізики, зокрема для визначення фізичних параметрів окремих зір та теорії еволюції зір.

Завданням вивчення дисципліни «Фізичні змінні та подвійні зорі» є розширення світогляду та поглиблення професійних знань та вмінь, які потрібні бакалавру в його майбутній діяльності.

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:

- К01.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- К02.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- К03.** Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- К04.** Здатність бути критичним і самокритичним.
- К05.** Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- К11.** Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- К18.** Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- К21.** Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- К24.** Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

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

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

K29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та і формальну освіту.

Програмні результати навчання:

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.

ПР06. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.

ПР07. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.

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.

ПР12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.

ПР25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати:

- класифікацію змінних та подвійних зір;
- систему позначень зір;

- методи дослідження змінних та подвійних зір;
- особливості спостережень та їхньої обробки змінних зір різних типів;
- основні характеристики різних типів змінних та подвійних зір;
- фізичні механізми, що спричиняють спостережувані явища;
- розподіл змінних зір у Галактиці;
- відповідність різних типів фізичної змінності стадіям еволюції зір різних мас та хімічного складу;
- подвійні та ієрархічні системи, важливість вивчення саме подвійних зір;
- різні класифікації подвійних зір;
- роль подвійних зір у визначенні відстаней та мас зір;
- роль подвійних зір у визначенні обертання та розподілу яскравості по диску зір;
- роль переносу масі у еволюції зір у тісних парах;
- еволюцію та роль змінних і подвійних зір у хімічній еволюції Всесвіту.

вміти:

- проводити прості спостереження змінних зір;
- складати програму спостережень, враховуючи тип змінності, умови видимості у конкретному місті, параметри спостережної апаратури;
- здійснювати обробку спостережень змінних зір та будувати сезонні та/або середні криві блиску;
- визначати моменти максимумів/мінімумів за даними спостережень;
- розрізняти найпоширеніші типи змінних зір за кривою блиску;
- визначати/уточнювати період змінності за даними власних спостережень та літературними джерелами;
- знаходити елементи подвійних систем;
- оцінювати кількість речовини, що переноситься у тісних подвійних системах;

- оцінювати еволюційні характеристики тісних взаємодіючих подвійних зір.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Фізичні змінні зорі

Тема 1. Методи дослідження змінних зір. Історія відкриття і позначення змінних зір. Спостережні прояви змінності зір. Криві блиску як головна ознака типу змінності. Класифікація змінних зір. Позначення змінних зір. ЗКЗЗ як джерело інформації про змінні зорі. Каталоги кривих блиску змінних зір.

Тема 2. Пульсуючі зорі. Зорі, що пульсують на діаграмі спектр – світимість. Смуга нестабільності. Причини пульсацій. Еволюційні треки зір різної маси, виникнення та згасання пульсацій у ході еволюції.

Тема 3. Фізичні параметри зір, що пульсують. Визначення радіусів пульсуючих зір (метод Бааде-Весселінка). Класичні цефеїди. Цефеїди сферичної складової Галактики (W Діви). Залежність період – світність. Інші статистичні залежності.

Тема 4. Інші типи зір, що пульсують. Зорі типу RR Ліри. Ефект Блажко. Зорі типу δ Щита. Зорі із нерадіальними пульсаціями. Зорі типу β Цефея. Пульсації білих карликів. Залежність період – світність для інших типів пульсуючих змінних. Інші статистичні залежності.

Тема 5. Довгоперіодичні та напівправильні пульсуючі змінні зорі. Міриди. Напівправильні змінні. Довгоперіодичні пульсуючі зорі. Зорі типу RV Тельця. Переключення періодів пульсацій. Джерела випромінювання, будова та подальша еволюція довгоперіодичних пульсуючих зір.

Тема 6. Еруптивні змінні. Зорі типу UV Кита – найпоширеніший тип змінних у нашій Галактиці. Оріонові змінні (фуори, T Тельця). Антіспалахи: зорі типу R Північної Корони.

Тема 7. Катаклізмичні зорі. Нові зорі. Основні типи. Спостережні прояви. Новоподібні та повторні зорі. Зорі типу U Близнят. Зв'язок спалахів з подвійністю зір, що спалахують.

Тема 8. Змінність, що пов'язана з акрецією. Поляри. Роль магнітного поля у переносі речовини. Симбіотичні зорі. Рентгенівські змінні.

Тема 9. Наднові зорі.

Класифікація наднових. Фізичні причини спалахів. Еволюція наднових після спалаху. Значення наднових в еволюції та вивченні Всесвіту.

Тема 10. Молоді зорі.

Нестабільність на початкових стадіях зоряної еволюції. Зорі типу T Тельця. Зорі, що спалахують.

Тема 11. Інші типи еруптивних зір.

Зорі типів S Золотої Риби і γ Кассіопеї. Магнітні змінні. Пульсари як особливий тип змінності.

Тема 12. Обертальні змінні. Походження обертальної змінності. Зоряні плями та зміни блиску. Зорі типу ВУ Дракона. Змінні типу α^2 Гончих Псів. Еліпсоїдальні змінні.

Змістовий модуль 2.

Подвійні зорі.

Тема 1. Класифікація подвійних та кратних систем. Історія дослідження подвійних зір. Візуально-подвійні зорі. Класифікація подвійних зір за методом відкриття. Класифікація подвійних зір за фізичними параметрами системи. Особливості кратних систем.

Тема 2. Параметри орбіти подвійної системи. Роль подвійних зір у визначенні мас зір. Елементи орбіти візуально-подвійної зорі, спостереження та вимірювання візуально-подвійних зір, позиційний кут, видима та істинна орбіти, метод Цвирса визначення елементів орбіти.

Тема 3. Спектрально-подвійні зорі. Криві променевої швидкості, метод Леман-Фільєса визначення елементів орбіти спектрально-подвійної зорі. Приклади кривих променевих швидкостей зір в залежності від положення та

ексцентриситету орбіти. Гамма-вісь спектрально-подвійної зорі. Обмеження на кількість параметрів, що можна визначити для різних типів подвійних зір.

Тема 4. Затемнювано-подвійні зорі.

Типи затемнень. Обмеження на можливість спостерігати затемнення у подвійній системі. Типи: Алголя, β Ліри та W Великої Ведмедиці. Фотометричні фази затемнення. Метод Рессела визначення елементів орбіт.

Тема 5. Сучасні методи одночасного визначення параметрів компонентів подвійних систем та елементів орбіт затемнюваних подвійних систем.

Атласи типових кривих блиску у різних фотометричних смугах.

Тема 6. Тісні взаємодіючі зоряні пари. Критерій тісної подвійної системи (ТПС), зв'язок з еволюцією зір у системи. Особливості кривих блиску. Ефект перевипромінювання.

Тема 7. Перенос речовини у ТПС. Парадокс Алголя. Перенос речовини та варіації періодів ТПС. Аналіз кривих О – С визначення та Синхронізація обертання. Зменшення ексцентриситету.

Тема 8. Інші типи затемнень. Затемнення у системах з акреційними дисками. Системи з темними супутниками.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва тем	Кількість годин				
	Очна денна форма				
	Усього го	у тому числі			
		Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Фізичні змінні зорі					
Тема 1. Методи дослідження змінних зір.	4	2			2
Тема 2. Пульсуючі зорі.	4	2			2
Тема 3. Фізичні параметри зір, що пульсують.	4	2			2

Тема 4. Інші типи зір, що пульсують.	4	2			2
Тема 5. Довгоперіодичні та напівправильні пульсуючі змінні зорі.	4	2			2
Тема 6. Еруптивні змінні.	8	2			2
Тема 7. Катаклізмичні зорі.	4	2			2
Тема 8. Змінність, що пов'язана з акрецією.	4	2			2
Тема 9. Наднові зорі.	4	2			2
Тема 10. Молоді зорі.	4	2			2
Тема 11. Інші типи еруптивних зір.	4	2			2
Тема 12. Обертальні змінні.	4	2			2
Разом за змістовним модулем 1	48	24			24
Змістовний модуль 2. Подвійні зорі					
Тема 1. Класифікація подвійних та кратних систем.	4	2			2
Тема 2. Параметри орбіти подвійної системи.	6	2			4
Тема 3. Спектрально-подвійні зорі.	4	2			2
Тема 4. Затемнювано-подвійні зорі.	4	2			2
Тема 5. Сучасні методи одночасного визначення параметрів компонентів подвійних систем та елементів орбіт затемнюваних подвійних систем.	8	4			4
Тема 6. Тісні взаємодіючі зоряні пари.	4	2			2
Тема 7. Перенос речовини у ТПС.	4	2			2
Тема 8. Інші типи затемнень.	8	4			4
Разом за змістовним модулем 2	42	20			22
Усього годин	90	44			46

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

7. Теми лабораторних робіт

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом.

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/Питання для підготовки, завдання	Кількість годин
1	Індивідуальні, сезонні та фазові криві блиску (доповідь)	2
2	Методи визначення моментів екстремумів змінних зір (реферат).	2
3	Класичні цефеїди та цефеїди сферичної складової, порівняння (доповідь).	2
4	Зорі типу RR Ліри. Ефект Блажко (реферат).	2
5	Особливості вивчення довгоперіодичних та напівправильних змінних зір (реферат).	4
6	Зорі типу UV Кита (реферат).	4
7	Нові зорі, новоподібні, повторні та карликові нові зорі (доповідь).	2
8	Полярні. Особливості акреції при наявності сильного магнітного поля (доповідь).	2
9	Наднові та гіпернові (доповідь).	4
10	Нестабільність на початкових стадіях зоряної еволюції (реферат).	2
11	Пульсари як особливий тип змінності (реферат).	2
12	Заплямованість зір та варіації блиску (реферат).	2
13	Кратні зоряні системи (доповідь).	2
14	Параметри орбіт подвійних систем. Орбіти візуальних подвійних (реферат).	2
15	Орбіти спектрально-подвійних зір. Обмеження на кількість параметрів, що можна визначити (реферат).	2
16	Фотометричні спостереження затемнених подвійних систем. Фотометричні фази затемнень (доповідь).	2
17	Атласи типових кривих блиску подвійних систем у різних фотометричних смугах (доповідь).	2
18	Критерій тісної подвійної системи (ТПС), зв'язок з еволюцією зір у системи (реферат).	2

19	Парадокс Алголя. Еволюція зір у подвійних системах (доповідь).	2
20	Спостережні прояви планетних систем (реферат).	2
	Разом	46

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, практичне заняття, самостійна робота.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

При захисті індивідуальних завдань використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою), за темою ІНДЗ робить презентацію та доповідь).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, розв'язання практичних задач, захист індивідуального завдання.

Критерії оцінювання індивідуального завдання

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.

11. Питання для поточного контролю

1. Історія дослідження та класифікація подвійних зір. Визначення змінної зорі. Приклади яскравих подвійних та змінних зір.
2. Основні типи змінних зір. ЗКЗЗ. Каталоги кривих блиску змінних зір
3. Методи досліджень і обробки спостережень змінних зір.

4. Чисельність змінних зір та їх розподіл у просторі.
5. Еволюційні треки зір різної маси та області фізичної змінності на діаграмі спектр – світимість.
6. Класичні цефеїди.
7. Цефеїди сферичної складової Галактики (W Діви).
8. Клапанний механізм підтримки пульсацій цефеїд.
9. Зорі типу RR Ліри. Ефект Блажко.
10. Спалахуючі зорі (тип UV Кита).
11. Молоді неправильні змінні зорі (тип T Тельця і споріднені типи).
12. Зорі типів R Північної Корони, S Золотої Риби та γ Кассіопеї.
- 13.
14. Зорі із нерадіальними пульсаціями. Зорі типу β Цефея.
15. Пульсації білих карликів.
16. Довгоперіодичні та напівправильні пульсуючі змінні зорі.
17. Еруптивні змінні
18. Нові та новоподібні зорі.
19. Поляри. Роль магнітного поля у переносі речовини.
20. Наднові зорі.
21. Нестабільність на початкових стадіях зоряної еволюції.
22. Обертальні змінні.
23. Класифікація подвійних та кратних систем.
24. Параметри орбіти подвійної системи. Роль подвійних зір у визначенні мас зір.
25. Елементи орбіти візуально-подвійної зорі
26. Елементи орбіти спектрально-подвійної зорі
27. Затемнювано-подвійні зорі. Типи затемнень. Фотометричні фази затемнення. Обмеження на можливість спостерігати затемнення у подвійній системі.
28. Зорі типу Алголя, β Ліри та W Великої Ведмедиці.
29. Атласи типових кривих блиску у різних фотометричних смугах.
30. Критерій тісної подвійної системи (ТПС). Особливості кривих блиску ТПС.
31. Фізична змінність зір у подвійних системах.
32. Перенос речовини, варіації періодів та парадокс Алголя.
33. Синхронізація обертання. Зменшення ексцентриситету у ТПС.
34. Затемнення у системах з акреційними дисками.
35. Ефекти відбиття та еліпсоїдальності в ТПС.
36. Сонце як змінна зоря.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Сума балів		
							Контрольн а робота	Індивідуал ьні завдання
Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях						20	20	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6			
2	2	2	2	2	2			
T7	T8	T9	T10	T11	T12			
2	2	2	2	2	2			
Змістовний модуль 2 Поточний контроль на лекціях						20		
T1	T2	T3	T4					
2	2	2	2					
T5	T6	T7	T8					
2	2	2	2					

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Контрольна робота проводиться у письмовій формі. Студент має відповісти на два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 10 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 10 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 9 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 8 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 6 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 контрольній роботі, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів усіх видів робіт та активностей студента.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		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	E		
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, первинний інструктаж з техніки безпеки.

14. Рекомендована література

Основна

1. Александров Ю.В., Шевченко В.Г. Астрофізика. Підручник для студентів спеціальності "Фізика та астрономія" класичних університетів. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016. 252 с. ISBN 978-966-285-315-5. Режим доступу:
2. https://www.researchgate.net/profile/V-Shevchenko-4/publication/325538438_Astrophysics/links/5f4f69d7a6fdcc9879c03c9d/Astrophysics.pdf
3. Андрієвський С.М., Кузьменков С.Г., Захожай В.А., Климишин І.А. Загальна астрономія. Харків: ПромАрт, 2019. 524 с. ISBN 978-617-7634-37-8
Режим доступу <http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/23748>
4. Астрономічний енциклопедичний словник / За загал. ред. І. А. Климишина, А. О. Корсунь. – Львів, 2003. – 548 с. Режим доступу: <https://astro.lnu.edu.ua/astro/>.

Додаткова

1. Александров Ю. В. Астрофізика / Навчальний посібник. – Харків, 2014. – 216 с.
2. Климишин І. А., Гарбузов Г. О., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Астрономія / Навчальний посібник. – Одеса: «Астропринт», 2012. – 352 с.
<http://astro-observ-odessa0.1gb.ua/index.php?go=Content&id=112>
3. Каретніков В. Г., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Спектральна класифікація зір // Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціальності «астрономія». – Одеса: Астропринт, 2015. – 28с.

4. Кузьменков С. Г., Зорі. Астрофізичні задачі з розв'язаннями / Навчальний посібник. – Київ: Освіта України, 2010. – 206 с.
5. Мурніков Б. О. Класифікація змінних зір // Методичні вказівки. – Одеса: «Астропринт», 2020. – 44 с.
6. Панько О. О., Сергієнко О. Г. Загальна астрономія / Навчальний посібник. – Одеса: ОНУ, 2020. – 128 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://dspace.onu.edu.ua/>
2. phys.onu.edu.ua
3. Загальний каталог змінних зір, електронне видання GCVS.
4. SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg)
<http://simbad.cds.unistra.fr/simbad/>
5. The VizieR service: <https://cdsarc.cds.unistra.fr/cgi-bin/cat>
6. The American Association of Variable Star Observers (AAVSO):
<https://www.aavso.org/>
7. Binary Maker 3: <http://www.binarymaker.com>
8. CALEB On-Line Database: <http://www.binarymaker.com/>
9. OGLE Atlas of Variable Star Light Curves.
<http://ogle.astrouw.edu.pl/atlas/index.html>