

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



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

Майя НІКОЛАЄВА

2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Сферична астрономія»

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

ОНУ
Одеса
2024

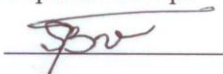
Робоча програма навчальної дисципліни «Сферична астрономія». – Одеса: ОНУ, 2024. – 16 с.

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 «29» серпня 2024 р.

Завідувач кафедри



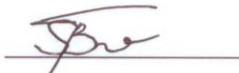
Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПІ «Фізика та астрономія»  Юрій НІЦУК

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

Протокол № 1 від «4» вересня 2024 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:
		1-й
		Семестр
		2-й
		Лекції
		20 год.
		Практичні, семінарські
		0 год.
		Лабораторні
		10 год.
		Самостійна робота
		60 год.
		Форма підсумкового контролю: залік

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є освоєння елементів геометрії на сфері, властивостей сферичних трикутників, принципів реалізації систем координат на небесній сфері, вимірювання зоряного та сонячного часу; розуміння причин та обчислення величин зміни координат на небесній сфері через ефекти прецесії, нутації, власного руху, аберації, паралаксу, рефракції.

Завдання:

- визначення систем небесних сферичних координат;
- отримання формул перетворень координат небесних тіл із однієї системи в іншу;
- визначення різних шкал часу і встановлення між ними зв'язку;
- врахування рефракції, аберації, паралактичного зміщення і власного руху небесних світил.

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:

К02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К04. Здатність бути критичним і самокритичним.

К05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

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.

K18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

K20. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

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.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:

- основи геометрії на сфері та основні відмінності від геометрії на площині,
- принципи та методи побудови систем координат на небесній сфері,
- вимірювання часу астрономічними методами,
- причини зміни координат світил на небесній сфері.

Вміти:

- планувати і проводити обробку спостережень,
- пояснювати і оцінювати результати, отримані в процесі астрометричних спостережень,
- розв'язувати типові задачі сферичної астрономії,
- формувати цілі роботи, приймати рішення.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР04. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.

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

ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

3.Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1.

СИСТЕМИ КООРДИНАТ.

Тема 1. Основні поняття сферичної астрономії. Вступ. Предмет сферичної астрономії. Короткий історичний огляд розвитку сферичної астрономії як розділу астрометрії. Основні завдання, які вирішуються сферичною астрономією. Зростання точності спостережень та точність редуційних обчислень. Основні поняття: небесна сфера, основні кола та точки на небесній сфері.

Тема 2. Елементи сферичної тригонометрії. Двогранний кут, сферичний трикутник. Основні властивості сферичного трикутника. Вивід основних формул сферичної тригонометрії: формул синусів, косинусів та п'яти елементів. Сферичні та прямокутні координати точки на небесній сфері.

Тема 3. Визначення координатних систем на небі і на Землі. Горизонтальна, екваторіальна, екліптична та галактична системи координат. Визначення основних кіл та точок. Основні напрямки. Визначення координат: азимуту та висоти джерела над горизонтом, прямого сходження та схилення, екліптичної довготи та широти. Визначення екліптики. Перетворення координат із однієї системи на іншу.

Тема 4. Позиційна астрономія. Топоцентрична, геоцентрична, геліоцентрична та барицентрична системи координат. Поняття про небесну (ICRS) та земну (ITRS) системи координат. Зміна координат наземних пунктів. Моделі тектонічного руху плит. Основні параметри фігури Землі. Геоїд та референц-еліпсоїд. Визначення геодезичних координат. Зв'язок геодезичних координат із геоцентричними. Астрономічні координати та локальне відхилення прямовисної лінії.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2

РЕДУКЦІЇ КООРДИНАТ.

Тема 1. Шкали часу. Нерівномірність обертання Землі. Кульмінація зір. Визначення моменту проходження джерела через меридіан. Сонячний істинний та середній час. Рівняння часу. Системи Всесвітнього часу: UT0, UT1, UT2, Всесвітній координований час UTC. Атомний час. Атомна секунда (секунда SI). Місцевий та поясний час. Часові пояси. Зоряний час: істинний та середній. Зв'язок Всесвітнього та зоряного часу. Літочислення. Юліанська дата. Юліанський рік. Тропічний та зоряний рік. Динамічні шкали часу. Ефемеридний час. Ефемеридна секунда. Барицентричний та земний динамічний час.

Тема 2. Редукція астрометричних спостережень за рефракцію та аберацію. Рефракція. Виведення рівняння рефракції для плоскопаралельної та сферично-симетричної атмосфери. Таблиці рефракції. Вплив рефракції на пряме сходження та схилення зорі.

Аберація. Історична довідка. Причини абераційного зміщення зір. Добова, річна та вікова аберація. Зміна координат зорі через аберацію. Наближені та точні формули обліку річної аберації. Планетна аберація.

Тема 3. Редукція астрометричних спостережень за паралакс та власний рух. Паралактичне зміщення зір. Тригонометричні паралакси. Зміна екваторіальних координат зір через паралактичне зміщення. Горизонтальний паралакс. Визначення астрономічної одиниці. Власні рухи

зір. Перетворення координат зір від однієї епохи спостережень до іншої. Віковий паралакс. Космічні астрометричні проекти. Проект HIPPARCOS та його результати. Каталоги тригонометричних паралаксів та власних рухів. Точність виміру. Редукція спостереження.

Тема 4. Облік прецесії та нутації при астрометричних спостереженнях.

Історична довідка. Причини прецесії та нутації. Основи математичної теорії прецесії та нутації. Прецесія від планет. Поняття епохи спостереження, епохи каталогу, епохи рівнодення. Середня та істинна системи координат. Точні формули обліку впливу прецесії та нутації на координати джерел. Матриці прецесії та нутації. Рівняння рівнодення. Обчислення істинного зоряного часу.

4. Структура навчальної дисципліни «Сферична астрономія»

Назва тем	Кількість годин				
	Очна (денна) форма				
	Усього	у тому числі			
		Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Системи координат.					
Тема 1. Основні поняття сферичної астрономії.	10	2			8
Тема 2. Елементи сферичної тригонометрії.	10	2		2	6
Тема 3. Визначення координатних систем на небі і на Землі.	14	4		2	8
Тема 4. Позиційна астрономія.	8	2			6
Змістовний модуль 2. Редукції координат.					
Тема 1. Шкали часу.	14	4		2	8

Нерівномірність обертання Землі.					
Тема 2. Редукція астрометричних спостережень за рефракцію та аберацію.	10	2			8
Тема 3. Редукція астрометричних спостережень за паралакс та власний рух.	12	2		2	8
Тема 4. Облік прецесії та нутації при астрометричних спостереженнях.	12	2		2	8
Усього годин	90	20		10	60

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

4. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Перетворення координат на небесній сфері.	4
2.	Обчислення часу сходу та заходу Сонця, тривалості дня та сутінок.	2
3.	Обчислення зоряного часу. Схід, кульмінація та захід зір.	2
4.	Астрономічний вимір часу. Перехід між шкалами часу.	2
	Разом	10

8. Самостійна робота

№	Питання для підготовки	Кількість годин
1.	Основні точки та лінії на небесній сфері.	8
2.	Малі та вузькі сферичні трикутники.	6
3.	Розв'язок сферичних трикутників.	8
4.	Одиниці виміру кутів: часові та кутові секунди та хвилини. Перетворення кутових одиниць виміру.	6
5.	Географічна, геодезична та геоцентрична системи координат на земній поверхні.	8
6.	Тектонічний рух материкових плит. Причини та наслідки.	6
7.	Кварцовий та атомний годинник. Принципи роботи.	4
8.	Атмосферна рефракція на поверхнях планет земної групи.	4
9.	Власний рух зір. Сузір'я в минулому та майбутньому.	6
10.	Уточнений закон Кеплера як засіб визначення астрономічної одиниці.	4
	Разом	60

9. Методи навчання

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

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

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, 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 шляхом фронтального контролю знань. Індивідуальний контроль застосовується для ґрунтовного ознайомлення викладача із рівнем навчальних досягнень окремих студентів. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, написання звітів до лабораторних робіт, їх захист, розв'язання практичних задач. Підсумковий контроль – залік.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Оцінювання виконання самостійної роботи студентів за кожною темою навчальної дисципліни здійснюється за 2-бальною шкалою. Об'єктом поточного контролю самостійної роботи є:

Конспектування окремих питань теми (максимальна оцінка – 1 бал).

Критерії оцінювання:

Наявність конспекту теоретичного матеріалу – 1 бал.

Повнота представленого матеріалу, якість відповідей на запитання викладача та однокурсників – 1 бал.

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 8 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 15 балів. При виставленні підсумкової оцінки береться середня арифметична оцінка за всіма лабораторними роботами.

11. Питання для підготовки для поточного та періодичного контролю.

1. Які задачі розв'язує сферична астрономія?
2. Назвіть основні точки небесної сфери.
3. Назвіть основні лінії небесної сфери.
4. Чому дорівнюють горизонтальні координати точок півдня, заходу, півночі, сходу, південного заходу, північного заходу, південного сходу?
5. Зоря в деякий момент часу має азимут 45° і висоту 30° . В якій частині небосхилу вона спостерігається?
6. Зоря перебуває у верхній кульмінації на південь від зеніту. Чому дорівнює її азимут? Чому дорівнює азимут зорі, що перебуває у верхній кульмінації на північ від зеніту?
7. Чому дорівнює азимут зорі, яка знаходиться у нижній кульмінації?
8. Супутник рухається з заходу на схід. Як змінюється його азимут, якщо небесний меридіан він перетинає на південь від зеніту?
9. Чому дорівнюють екваторіальні координати точки весняного рівнодення?
10. Точка весняного рівнодення заходить. Чому дорівнює пряме сходження зорі, яка знаходиться в цей момент у верхній кульмінації?
11. Дві зорі розташовані в площині небесного екватора. Одна з них має пряме сходження 2 години, а друга 3 години. Яка з зір сходить раніше?
12. Як змінюється пряме сходження супутника, який рухається з заходу на схід і перетинає меридіан на північ від полюсу Світу?
13. Визначити час сходу і заходу зорі Альтаїр 1 вересня.
14. Визначити день року, в який Альтаїр сходить о 12 годині місцевого часу.
15. Довести, що Капелла є зорею, яка не заходить, якщо широта місця спостережень не менша 45° .
16. Визначити тривалість дня в Одесі 15 лютого.

17. Обчислити кут нахилу площини небесного екватора до площини математичного горизонту в Одесі.

18. Схилення Капелли приблизно 46° . Чи завжди її можна бачити на широті 50° ? В якій стороні вона перетне меридіан в момент верхньої кульмінації?

19. Визначити висоту зорі Бетельгейзе в момент верхньої кульмінації на широті 41° .

20. Які горизонтальні координати північного полюсу Світу на широті 50° ?

21. Інтервал сонячного часу дорівнює 18 годин. Чому дорівнює відповідний йому інтервал зоряного часу?

22. Інтервал зоряного часу дорівнює 5 годин. Чому дорівнює відповідний йому інтервал сонячного часу?

23. Як атмосферна рефракція змінює азимут світила?

24. У чому полягає причина виникнення вікової аберації зір?

25. Що називають апексом руху спостерігача?

26. В якому випадку істинне місце зорі збігається з її видимим місцем?

27. Порівняйте річну аберацію для спостерігача на поверхні Марса і на поверхні Землі. Яка з них більша? На яку величину?

28. Порівняйте добову аберацію для спостерігача на поверхні Місяця і на поверхні Землі. Яка з них більша? На яку величину?

29. Поясніть різницю між паралаксом та паралактичним зміщенням.

30. Де на земній поверхні найбільша різниця між геоцентричною та геодезичною широтою? Чому вона дорівнює?

31. Як визначається одиниця відстані один парсек? Чому вона дорівнює?

32. Яка фізична причина виникнення нутації?

33. Чому рухаються географічні полюси Землі? Назвіть періодичні складові цього руху.

34. Чому дорівнює висота Сонця в Одесі в день вашого народження?

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний контроль, самостійна робота					Сума балів		
Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях				Контроль робота	Виконання і захист лабораторних робіт	Разом	
T1	T2	T3	T4			100	100
2	2	2	2	12	30		
Змістовний модуль 2 Поточний контроль на лекціях							
T1	T2	T3	T4				
2	2	2	2	12	30		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою		
	Оцінка ЄКТС	для для екзамену, курсowego 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; методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, первинний інструктаж з техніки безпеки, порядок

<http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>, <http://phys.onu.edu.ua/uk/r>
obochoi-prohramy-navchalnykh-dystsyplin, <http://lib.onu.edu.ua>

14. Рекомендована література

Основна

1. Заблоцький Ф. Д., Савчук С. Г., Лук'яненко Ю. О., Джуман Б. Б., Паляниця Б. Б. Сферична астрономія : навчальний посібник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 152 с.
2. Kovalevsky J., Seidelmann P. Fundamentals of astrometry. Cambridge University Press, 2004. – 421 p.
3. Perryman M. Astronomical Applications of Astrometry. Cambridge University Press, 2009. – 694 p.
4. Karttunen H., Kröger P., Oja H., Poutanen M. Donner K. Fundamental Astronomy. Springer, 1996. – 538 p.
5. Опенько І. А., Дем'яненко Р. А., Ковальов М. В. Супутникова геодезія та сферична астрономія : методичні вказівки. Випуск 397. – Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 88 с.

Додаткова

1. Мордовцев С.М. Сферична геометрія і тригонометрія : методичні вказівки до виконання контрольних робіт. Харків : ХНУГХ ім. А. Н. Бекетова, 2016. – 35 с.
2. Данилевський М. П., Колосов А. І., Якунін А. В. Основи сферичної геометрії та тригонометрії: навчальний посібник. Харків : ХНАМГ, 2011. – 94 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://dspace.onu.edu.ua>
2. <http://phys.onu.edu.ua>
3. <https://www.timeanddate.com>
4. <https://www.had2know.org/academics/spherical-trigonometry-calculator.html>
5. <https://www.eso.org/observing/etc/bin/gen/form?INS.MODE=swspectr+INS.NAME=SKYCALC>