

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра фізичної оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету



Руслан БОВК

*серпень* 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Методи спектральних досліджень**

Рівень вищої освіти	<b>перший (бакалаврський)</b>
Галузь знань	<b>10 – природничі науки</b>
Спеціальність	<b>104 – фізика та астрономія</b>
Освітня програма	<b>фізика</b>
Спеціалізація	
Вид дисципліни	<b>за вибором</b>
Факультет	<b>фізичний</b>

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету.

Протокол від 30.08.2024 р. № 9.

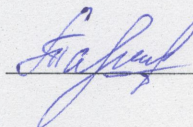
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Лимар Валентин Іванович, старший викладач каф. фізичної оптики  
Маковецький Євген Дмитрович, канд. фіз.-мат. наук, доцент каф. фізичної оптики

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної оптики.

Протокол від 27.08.2024 р. № 1.

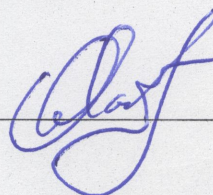
В. о. завідувача кафедри фізичної оптики



Сергій ТАРАПОВ

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Фізика».

Гарант освітньо-професійної програми

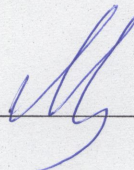


Олег ЛАЗОРЕНКО

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від 28.08.2024 р. № 1.

Голова методичної комісії



Микола МАКАРОВСЬКИЙ

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Методи спектральних досліджень» складена відповідно до освітньої програми підготовки «бакалавр» зі спеціальності «104 – фізика та астрономія», освітньо-професійна програма «Фізика».

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – оволодіти головними характеристиками диспергуючих елементів спектральних приладів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – вивчити матеріал в рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- 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 складністю та невизначеністю умов (ІК 1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 3).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК 5).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК 9).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК 12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК 13).
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК 1).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК 7).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК 9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК 10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК 12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук (ФК 13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК 14).

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	
3-й	
Семестр	
5-й	
Лекції	
44 год.	
Практичні, семінарські заняття	
не передбачено навчальним планом	
Лабораторні заняття	
не передбачено навчальним планом	
Самостійна робота	
106 год.	
в тому числі індивідуальні завдання	
курсова робота: 20 год.	

#### 1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен знати: будову та оптичні характеристики елементів, що диспергують (призми, дифракційні ґратки).

вміти: застосовувати знання, здобуті у рамках курсу, при дослідженні характеристик елементів, що диспергують.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії (ПРН 1).
- 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 (ПРН 2).
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій (ПРН 3).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН 5).
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії (ПРН 6).
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН 7).

- 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 (ПРН 8).
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки (ПРН 11).
- Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень (ПРН 13).
- Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду (ПРН 17).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН 22).
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії (ПРН 23).
- Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ПРН 24).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН 25).

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Основні елементи спектральних приладів, Призма*

- Тема 1.* Поняття «спектральний аналіз», класифікація його типів. Класи спектральних приладів. Характеристики спектрального приладу. Апаратна функція (інструментальний контур).
- Тема 2.* Дифракційна апаратна функція. Щілинна (прямокутна) апаратна функція. Згортка апаратних функцій. Напівширина спектральних ліній.
- Тема 3.* Виключення інструментального контуру (редукція до ідеального приладу). Роздільна здатність, критерій Релея.
- Тема 4.* Призма. Оптичні матеріали для призм. Заломлення у площині головного перерізу призми. Кут найменшого відхилення у призмі. Кутове збільшення призми.
- Тема 5.* Дисперсія призми. Вклад формули дисперсії. Роздільна здатність призми. Теоретична роздільна здатність.

### *Розділ 2. Призмові спектральні прилади*

- Тема 1.* Вплив поглинання на роздільну здатність. Дефекти виготовлення призм і роздільна здатність.
- Тема 2.* Втрати світла на відбиття і поляризаційна дія призм. Астигматизм призм.
- Тема 3.* Кривизна спектральних ліній у призових приладах. Типи призм. Рідкі призми. Призма Резерфорда. Призма прямого зору Амічі.
- Тема 4.* Призма постійного відхилення Аббе. Призма Корню. Автоколімаційна призма Літтрова. Система постійного відхилення і багатопризмові системи.

### *Розділ 3. Спектральні прилади на дифракційних ґратках*

- Тема 1.* Дифракційна ґратка. Принцип дії. Спектри різних порядків. Роздільна здатність. Дисперсія.
- Тема 2.* Перекладання порядків. Інструментальний контур прозорої дифракційної ґратки.
- Тема 3.* Роздільна здатність (викладання формули). Відбивна дифракційна ґратка.
- Тема 4.* Ефективність дифракційної ґратки. Кривизна спектральних ліній.
- Тема 5.* Ввігнуті ґратки. Принцип дії. Технологія виготовлення ґраток та їх експлуатація.

### *Розділ 4. Огляд спектральних приладів*

- Тема 1.* Типи спектральних приладів. Спектрограф. Монохроматор. Спектроскоп. Стилоскоп, стилومتر. Спектрометр. Спектрофотометр. Квантометр (поліхроматор).
- Тема 2.* Дисперсія призмових та дифракційних спектральних приладів. Практична роздільна здатність, її оцінка. Роздільна здатність і ширина щілини. Світлосила спектрального приладу. Світлосила монохроматора. Зв'язок світлосили і роздільної здатності монохроматора. Світлосила спектрографа.
- Тема 3.* Освітлення щілини спектральних приладів. Освітлення без лінзи. Однолінзова система. Віньєтування. Трилінзова система. Освітлення об'ємним джерелом. Установка джерела світла і освітлювальної системи; фокусування спектру; градування приладу.
- Тема 4.* Прилади високої роздільної сили. Принцип дії. Еталон Фабрі-Перо. Основні характеристики еталону.
- Тема 5.* Апаратна функція еталону. Роздільна здатність. Світлосила. Юстування. Інтерферометр Фабрі-Перо – мультиплекс з сферичними дзеркалами. Пластинки Льюера-Герке, ешелон Майкельсона.
- Тема 6.* Спектральні прилади з селективною модуляцією. Спектрометр з інтерференційною селективною амплітудною модуляцією (СІСАМ). Фур'є-спектрометри. Принцип дії, характеристики.
- Тема 7.* Фільтрація оптичного випромінювання. Поглинаючі (абсорбційні) світлофільтри. Метод фокальної ізоляції. Дисперсійні світлофільтри. Метод залишкових променів. Фільтри на основі відбиття від матових дзеркал, дифракційних ґраток, сіток.
- Тема 8.* Метод порушеного повного внутрішнього відбиття. Метод селективної модуляції. Інтерференційні світлофільтри. Інтерференційно - поляризаційні світлофільтри.

### *Розділ 5. Джерела оптичного випромінювання*

- Тема 1.* Джерела випромінювання. Закони теплового випромінювання. Закон Кірхгофа. Не чорне тіло. Закон Стефана-Больцмана. Закон Віна. Формула Планка.
- Тема 2.* Оптична пірометрія. Радіаційна, кольорова, яскравісна температури.
- Тема 3.* Теплові джерела світла. Джерела, близькі до чорного тіла. Лампи розжарення. Глобар. Штифт Нернста. Випромінювач з поверхневим покриттям. Ніхромова лента. Кратер вугільної дуги.
- Тема 4.* Газорозрядні джерела. Джерела з тліючим розрядом. Джерела світла з порожнистим катодом. Джерела світла з атомним пучком.
- Тема 5.* Лампи низького тиску з безперервним спектром. Ртутні лампи високого і надвисокого тиску. Інші лампи надвисокого тиску.

Тема 6. Імпульсні лампи. Електрична дуга в атмосфері. Дуга змінного струму. Полум'я. Світлодіоди. Синхронне випромінювання. Лазери.

### Розділ 6. Детектування світла

Тема 1. Детектування світла. Око. Фотографічна реєстрація. Приймачі ІЧ випромінювання. Термоелементи. Болметри.

Тема 2. Оптично-акустичні приймачі. Піроелектронні приймачі. Вакуумні фотоелементи, фотопомножувачі.

Тема 3. Рахування фотонів. Електронно-оптичні перетворювачі. Фотоелементи з внутрішнім фотоелементом. Фотогальванічні приймачі. Фотодіоди.

Тема 4. Емісійний спектральний аналіз. Ізотопний спектральний аналіз. Спектральний аналіз поглинання. Люмінесцентний спектральний аналіз. Лазерна спектроскопія і її особливості.

### 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
<b>Розділ 1. Основні елементи спектральних приладів, Призма</b>												
Тема 1	4	1				3						
Тема 2	4	1				3						
Тема 3	4	1				3						
Тема 4	4	1				3						
Тема 5	4	1				3						
Разом за розділом 1	20	5				15						
<b>Розділ 2. Призмові спектральні прилади</b>												
Тема 1	4	1				3						
Тема 2	4	1				3						
Тема 3	4	1				3						
Тема 4	5	2				3						
Разом за розділом 2	17	5				12						
<b>Розділ 3. Спектральні прилади на дифракційних ґратках</b>												
Тема 1	5	2				3						
Тема 2	4	1				3						
Тема 3	4	1				3						
Тема 4	4	1				3						
Тема 5	4	1				3						
Разом за розділом 3	21	6				15						
<b>Розділ 4. Огляд спектральних приладів</b>												
Тема 1	5	2				3						
Тема 2	5	2				3						
Тема 3	5	2				3						
Тема 4	4	1				3						
Тема 5	4	1				3						
Тема 6	4	1				3						
Тема 7	4	1				3						
Тема 8	5	2				3						
Разом за розділом 4	36	12				24						

<b>Розділ 5. Джерела оптичного випромінювання</b>												
Тема 1	4	2				2						
Тема 2	4	2				2						
Тема 3	4	2				2						
Тема 4	4	2				2						
Тема 5	3	1				2						
Тема 6	3	1				2						
Разом за розділом 5	22	10				12						
<b>Розділ 6. Детектування світла</b>												
Тема 1	3	1				2						
Тема 2	3	1				2						
Тема 3	4	2				2						
Тема 4	4	2				2						
Разом за розділом 6	14	6				8						
<b>Індивідуальні завдання</b>												
Курсова робота	20					20						
<b>Усього годин</b>	150	44				106						

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Семінарські (практичні, лабораторні) заняття навчальним планом не передбачені.

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Ознайомлення з обчисленням апаратних функцій спектральних приладів, інструментальних контурів щілин та роздільної здатності приладів	15
2	Ознайомитись із особливостями заломлення, поляризаційної дії, астигматизмом призм	12
3	Ознайомитись із обчисленням інструментального контуру, роздільної здатності різноманітних дифракційних ґраток: плоских та ввігнутих/опуклих; відбиваючих та пропускаючих; ґраток з різними профілями штрихів	15
4	Ознайомитись із принципами дії, особливостями дисперсії, роздільної здатності та світлосили таких спектральних приладів, як монохроматор, спектрометр, спектрофотометр, еталон Фабрі–Перо	15
5	Ознайомитись із принципами дії, особливостями дисперсії, роздільної здатності та світлосили спектральних приладів з селективною модуляцією	9
6	Ознайомитись із різноманіттям джерел спонтанного та вимушеного випромінювання оптичного діапазону спектра (інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове світло)	12
7	Ознайомитись із приладами для детектування випромінювання різних ділянок оптичного діапазону спектра	8
8	Індивідуальне завдання (курсова робота)	20
	Разом	106



## 6. Індивідуальні завдання

№ з/п	Теми курсових робіт
1	Апаратна функція спектрального приладу. Види апаратних функцій та їх застосування у спектральних дослідженнях
2	Роздільна здатність спектральних приладів
3	Принципи оптичної пірометрії
4	Лазерна спектроскопія та її особливості
5	Апаратна функція дифракційної ґратки
6	Різновиди дифракційних ґраток
7	Інтерферометр Фабрі–Перо

## 7. Методи навчання

1. Проведення лекційних занять
2. Самостійна робота студентів з вивчення додаткових матеріалів з курсу

## 8. Методи контролю

1. Поточний контроль при проведенні аудиторних занять
2. Індивідуальне завдання: курсова робота
3. Залік

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Залік	Сума
Поточний контроль при проведенні аудиторних занять	Індивідуальне завдання (курсова робота)	Разом		
10	20	30	70	100

Досягнення студентів з навчальної дисципліни «Методи спектральних досліджень» оцінюються в балах, загальна сума яких становить 100. Вона складається з 30 балів, які студент може отримати протягом семестру, та 70 балів, які може отримати при проходженні підсумкового контролю у вигляді заліку.

30 балів протягом семестру – це 10 балів, які нараховуються при проведенні аудиторних занять, та 20 балів за виконання індивідуального завдання (урсової роботи).

10 балів протягом семестру нараховуються при проведенні лекційних занять за відповіді на усні запитання, поставлені викладачем. Опитування проводяться починаючи з викладання другого розділу та стосуються матеріалу, викладеного у попередньому розділі. Нарховується до 2 балів за кожен з розділів 1–5.

Курсова робота є індивідуальним завданням, яке студент виконує на протязі семестру і надає для оцінювання перед заліком. Курсові роботи оцінюються за шкалою 0–20 балів виходячи з їх відповідності завданням і повноти виконання.

Залік проводиться у письмовому вигляді шляхом написання студентами залікової роботи у вигляді відповідей на поставлені запитання. Максимальною оцінкою за залікову роботу є 70 балів.

### 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. W. Demtröder, “Laser Spectroscopy: Basic Concepts and Instrumentation”, 3rd Edition, Berlin – Tokyo: Springer, 2003, 987 p.
2. R. Sawyer, “Experimental Spectroscopy”, 3rd Edition, N.Y.: Dover Publications Inc., 1963, 358 p.
3. W. Schmidt, “Optical Spectroscopy in Chemistry and Life Sciences: an Introduction”, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005, 380 p.
4. “Handbook of Spectroscopy”, Edited by G. Gauglitz and T. Vo-Dinh, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003, 1157 p.
5. W. Demtröder, “Laser Spectroscopy: Volume 1. Basic Concepts”, 4th Edition, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, 457 p.
6. W. Demtröder, “Laser Spectroscopy: Volume 2. Technology”, 4th Edition, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, 697 p.

### Допоміжна література

1. R.W. Wood, “Physical Optics”, New and Revised Edition, N.Y.: The Macmillan Company, 1911, 705 p.