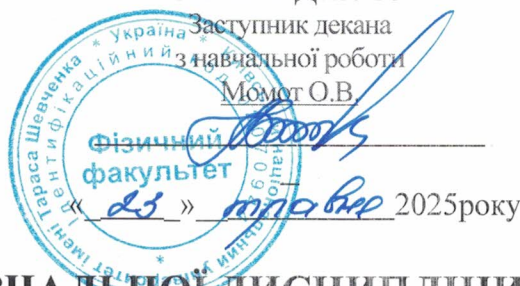


# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Лазерна спектроскопія

для студентів

галузь знань  
спеціальність  
освітній рівень  
освітня програма  
вид дисципліни

Е Природничі науки, математика та статистика  
Е5 Фізика та астрономія  
магістр  
Оптика, лазерна фізика  
обов'язкова

Форма навчання	очна
Навчальний рік	2025/2026
Навчальний семестр	2
Кількість кредитів ECTS	6
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач(і): д.ф.-м.н., проф. Зеленський Сергій Євгенович

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.

КИЇВ – 2025

Розробник(и) Зеленський Сергій Євгенович, д.ф.-м.н., проф.,  
професор кафедри оптики

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри оптики

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

(Кондратенко С.В.)  
(прізвище та ініціали)

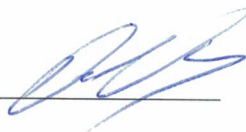
Протокол № 8 від «19» травня 2025 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» травня 2025 року №10

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_

(підпис)



(Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни - отримання знань щодо фізичних основ взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, методів дослідження матеріалів з використанням лазерних джерел, в тому числі методів спектроскопії високої роздільної здатності, когерентної спектроскопії, методів багатофотонного та каскадного збудження.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни  
Здобувач повинен попередньо опанувати перелічені нижче дисципліни в обов'язі викладання на фізичних факультетах класичних університетів:

- Загальна фізика. Оптика. Фізика атома.
- Теоретична фізика. Квантова механіка.
- Спецкурси. Квантова електроніка та фізика лазерів. Нелінійна оптика. Спектроскопія атомів і молекул.

3. Анотація навчальної дисципліни:

В рамках спецкурсу розглядаються фізичні основи та сучасні досягнення лазерної фізики і спектроскопії.

Програма навчальної дисципліни складається з трьох розділів (тем):

Тема 1. Лазерна спектроскопія високої роздільної здатності.

Тема 2. Когерентна лазерна спектроскопія.

Тема 3. Багатофотонні та каскадні процеси.

Теми відповідають трьом змістовним модулям:

- модуль 1 - тема 1;

- модуль 2 - тема 2;

- модуль 3 - тема 3.

Методи викладання: лекції, практичні заняття, консультації. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, реферати, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок модульного контролю (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі): вивчення фізичних процесів взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, що лежать в основі методів лазерної спектроскопії.

Дисципліна спрямована на досягнення таких загальних та спеціальних компетентностей випускника:

*Інтегральна*

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

*Загальні*

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

СК05. 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 або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК09. Вміти використовувати методи чисельних та аналітичних розрахунків в оптиці.

СК10. Здатність проводити теоретичні та експериментальні дослідження фізичних явищ в середовищах, які перебувають в різних фазових станах із застосуванням оптичних методів

### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумков. оцінці
Код	Результат навчання			
1.1	Фізичні механізми розширення спектральних ліній та методи їх усунення, у тому числі лазерні.	Лекції, самостійна робота	Модульна контр. робота, опитування у процесі лекції, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи, іспит	30
1.2	Основні рівняння, що описують когерентні та багатофотонні явища, суть і основні наближення застосованих фізичних моделей; означення усіх фізичних величин та термінів, що застосовуються; типові приклади застосувань явищ та методів, що вивчаються.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота	Модульна контрольна робота, опитування у процесі лекцій, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи, іспит	45
2.1	Формулювати основні фізичні принципи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, здійснювати математичний опис процесів, що відбуваються при	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, опитування на лекціях і	10

	опроміненні матеріалів лазерним випромінюванням.		практичних заняттях, іспит	
2.2	Планувати експериментальні дослідження з використанням методів спектроскопії високої роздільної здатності, когерентної та багатофотонної лазерної спектроскопії.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота	Опитування на лекціях практичних заняттях, іспит	5
3.1	Вільне спілкування з питань фізики взаємодії лазерного випромінювання з атомами, молекулами, кристалами.	Дискусії під час лекцій та практичних занять	Оцінювання виступів на практичних заняттях та лекціях	5
4.1.	Самостійно обирати і застосовувати фізичні моделі для інтерпретації результатів експериментів.	Дискусії під час лекцій та практичних занять	Оцінювання виступів на практичних заняттях та лекціях	5

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)**

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результати навчання (назва)	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	4.1
	ПРН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	+	+	+	
ПРН02. Проводити експериментальні або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.			+	+	+	
ПРН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.	+	+	+	+		+
ПРН11 Застосовувати теорії, принципи і методи	+	+	+	+		+

фізики або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач						
ПРН15 Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження.			+	+	+	+
ПРН17 Знати і розуміти фізичні основи функціонування оптичних пристроїв та систем.	+	+				

## 7. Схема формування оцінки.

**7.1.** *Форми оцінювання студентів (перелік видів робіт та форм їх контролю/ оцінювання із зазначенням мін. - граничної та макс. кількості балів чи відсотків):*

- **Семестрове оцінювання:**

1. Модульна контрольна робота (9 балів – 15 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (9 балів – 15 балів).

- **Підсумкове оцінювання у формі іспиту (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі).**

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав **менше 36 балів**. Оцінка за іспит не може бути **меншою 24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

	Модуль 1		Модуль 2		Екзамен	Підс. оцінка
	Контр. роб. 1	Інші види контролю	Контр. роб. 2	Інші види контролю		
Мінім.	9	9	9	9	24	60
Максим.	15	15	15	15	40	100

**7.2. Організація оцінювання:** Кожна модульна контрольна робота проводиться після вивчення відповідних тем.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно/Excelent	90 – 100
Добре/Good	75 -89

Задовільно/Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання/Fail	35 -59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	0 - 34
Зараховано/ Passed	60 - 100
Не зараховано/ Fail	0 -59

### Програма навчальної дисципліни

#### СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Практич. заняття	С/Р
Тема 1. Лазерна спектроскопія високої роздільної здатності.				
1	Вступ. Радіаційне розширення.	2	2	5
2	Допплерівське розширення. Розширення внаслідок зіткнень.	2		5
3	Подвійний радіо-оптичний резонанс. Ефект Ханле.	2		5
4	Насичення при однорідному розширенні.	2	2	5
5	Випалювання дірок в спектрах.	2		5
6	Зсув Лемба.	2		5
7	Тиск світла на атоми. Резонансне охолодження атомних ансамблів.	2		5
Тема 2. Когерентна лазерна спектроскопія.				
8	Рівняння Гейзенберга. Оператор еволюції. Представлення взаємодії.	2		5
9	Матриця густини і її властивості.	2	2	6
10	Суперпозиційні стани. Динаміка спектроскопічного переходу.	2		5
11	Рівняння Неймана. Поздовжня і поперечна релаксація.	2		6
12	Формалізм Фейнмана-Вернона-Хелворса.	2		6
13	Оптичне рівняння Блоха.	2	2	6
14	Оптична нутація і її спостереження.	2		6
15	Стаціонарний розв'язок рівняння Блоха з урахуванням релаксації.	2	2	6
16	Загасання вільної поляризації.	2		6
17	Фотонна луна.	2		5
18	Теорема площ Мак-Кола-Хана. Самоіндукована прозорість.	2		6
	Модульний контроль (контрольна робота)			

Тема 3. Багатофотонні та каскадні процеси.				
19	Імовірність двофотонного поглинання	2	2	6
20	Поширення світла в середовищі з двофотонним поглинанням.	2		5
21	Наведене поглинання.	2	2	6
22	Антистоксова люмінесценція.	2	1	6
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>44</b>	<b>15</b>	<b>121</b>

Загальний обсяг 180 год., в тому числі:

Лекцій – 44 год.

Практичні заняття – 15 год.

Самостійна робота – 121 год.

### Рекомендована література

#### Основна:

1. Зеленський С.Є., Охріменко Б.А. Лазерна спектроскопія. К.: ВПЦ «Київський університет», 2020. – 454 с.

#### Додаткова:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Лазерна спектроскопія»/С.Є. Зеленський.- К.: ВПЦ «Київський університет», 2001.- 42 с.
2. Maimistov A.I., Basharov A.M. Nonlinear Optical Waves. – Kluwer Academic Publ., 1999. – 658 p.
3. Silfvast W.T. Laser Fundamentals. – Cambridge Univ.Press, 2004. – 670 p.
4. Demtroder W. Laser Spectroscopy. – Springer, 2003. – 1008 p.