

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
Кафедра оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи



Оксана МОМОТ
«__» __ 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ


Лазерна спектроскопія

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 Фізика та астрономія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Оптика, лазерна фізика
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	очна
Навчальний рік	202 <u>4</u> /202 <u>5</u>
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 2025/2026 н.р.  (О. Момот) «31» 26 2025 р.
на 20__/20__ н.р. (_____) «__» __ 20__ р.
на 20__/20__ н.р. (_____) «__» __ 20__ р.

КИЇВ – 2024

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри оптики

 Сергій КОНДРАТЕНКО

Протокол № __ від «__» _____ 202__ р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № __ від «__» _____ 202__ р.

Голова науково-методичної комісії  Олег ОЛІХ

ВСТУП

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 обсязі 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:

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.

СК10. Вміти використовувати методи чисельних та аналітичних розрахунків в оптиці.

СК11. Здатність проводити теоретичні та експериментальні дослідження фізичних явищ в середовищах, які перебувають в різних фазових станах із застосуванням оптичних методів

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.

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	30

			роботи, іспит	
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 опроміненні матеріалів лазерним випромінюванням.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, опитування на лекціях і практичних заняттях, іспит	10
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 і 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

ПРН08. Володіти сучасними методами та методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.			+	+	+	
ПРН16. Застосовувати сучасні методи теоретичних та експериментальних досліджень з оцінювання точності отриманих результатів вимірювань, вміти формулювати обґрунтовані висновки.			+	+	+	
ПРН17. Знати і розуміти принципи функціонування та будови оптичних та оптико-електронних інформаційно-вимірювальних систем.	+	+	+			
ПРН18. Знати і розуміти фізичні основи функціонування пристроїв та систем на основі лазерної техніки та нелінійної оптики.	+	+	+			

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		Екзам ен	Підс. оцінка
	Контр. роб. 1	Інші види контр олю	Контр. роб. 2	Інші види контр олю		
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/Excellent	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	8
2	Допплерівське розширення. Розширення внаслідок зіткнень.	2		4
3	Подвійний радіо-оптичний резонанс. Ефект Ханле.	2		5
4	Насичення при однорідному розширенні.	2	2	8
5	Випалювання дірок в спектрах.	2		4
6	Зсув Лемба.	2		5
7	Тиск світла на атоми. Резонансне охолодження атомних ансамблів.	2		4
Тема 2. Когерентна лазерна спектроскопія.				
8	Рівняння Гейзенберга. Оператор еволюції. Представлення взаємодії.	2		4
9	Матриця густини і її властивості.	2	2	8
10	Суперпозиційні стани. Динаміка спектроскопічного переходу.	2		4
11	Рівняння Неймана. Поздовжня і поперечна релаксація.	2		4
12	Формалізм Фейнмана-Вернона-Хелворса.	2		4
13	Оптичне рівняння Блоха.	2	2	8
14	Оптична нутація і її спостереження.	2		4
15	Стаціонарний розв'язок рівняння Блоха з урахуванням релаксації.	2	2	8
16	Загасання вільної поляризації.	2		4
17	Фотонна луна.	2		5
18	Теорема площ Мак-Кола-Хана. Самоіндукована прозорість.	2		4
	Модульний контроль (контрольна робота)			
Тема 3. Багатофотонні та каскадні процеси.				
19	Імовірність двофотонного поглинання	2	2	8
20	Поширення світла в середовищі з двофотонним поглинанням.	2		4
21	Наведене поглинання.	2	2	8
22	Антистоксова люмінесценція.	2	1	6
	ВСЬОГО	44	15	121

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.