

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний
(назва факультету)

Кафедра експериментальної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
СПЕКТРОСКОПІЯ КРИСТАЛІВ І НАНОСИСТЕМ

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма фізика та астрономія
(назва освітньої програми)
Спеціалізований
вибірковий блок Фізичне матеріалознавство / Неметалічне матеріалознавство

вид дисципліни вибіркова БК 2.2.2.

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2025/2026</u>
Семестр	<u>8</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: Дмитрук І.М., Кутовий С.Ю.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» ____ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» ____ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник(и): Дмитрук І.М., професор, докт. фіз.-мат. наук
Кутовий С. Ю., доцент, канд. фіз.-мат. наук.

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри експериментальної фізики

І. Дмитрук
(підпис)

(Ігор ДМИТРУК)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 6 від «19» травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту (педагогічною радою коледжу)

Протокол № 11 від «10» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії

О. Оліх
(підпис)

(Олег ОЛІХ)
(прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни – отримання систематичних знань з розділу фізики, що вивчає основні аспекти оптичної спектроскопії кристалів і наносистем із застосуванням теоретико-групових методів. Ознайомлення з основними експериментальними методами оптичної спектроскопії. Розуміння теоретичних основ методів розрахунку енергетичних параметрів та характеристик кристалів і наносистем, вміння застосовувати ці методи у науковій роботі.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Вміти формулювати основні закони електродинаміки, оптики, квантової механіки, які визначають властивості кристалів та молекул.
- Основні положення теорії груп. Типи зв'язку в кристалах, симетрія зв'язків. Метод Хартрі-Фока розрахунку електронних станів кристалів.
- Володіти елементарними навичками обчислення похідних, інтегралів, дій над операції з векторами.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Спектроскопія кристалів і наносистем є логічним продовженням курсів атомної і молекулярної спектроскопії. Але складність об'єктів дослідження, що складаються з величезної кількості частинок зумовила необхідність введення нових понять, таких як квазічастинки, обернений простір, наночастинки. Матеріал курсу розділено на розділи за наступними принципами: за досліджуваними об'єктами (кристалами різних типів), фізичними процесами, використаними моделями. Розгляд починається з молекулярних кристалів, що логічно продовжують курс молекулярної спектроскопії і дають можливість врахувати взаємодії в кристалі найпростішим способом – методом теорії збурень. Далі розглядаються йонні кристали, основні властивості і коливальні збудження яких цілком можна описати в рамках класичної фізики. В наступних розділах багато уваги приділено типовим напівпровідникам, їх енергетичній структурі, спектру елементарних збуджень, фізичним процесам, що супроводжують поглинання і випромінювання квантів світла. При цьому значна увага приділяється симетрійним аспектам методів оптичної спектроскопії, що важливо для практичних застосувань при дослідженні властивостей молекул та кристалів. В заключних розділах курсу даються приклади застосування вивчених понять і фізичних моделей до цілком сучасних проблем спектроскопії твердого тіла і наносистем. Методи викладання: лекції, консультація, практичні та лабораторні заняття. Методи оцінювання: усне опитування, самостійні роботи в процесі практичних занять, контрольні роботи після основних розділів курсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (80%) та заліку (20%).

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення з енергетичним спектром елементарних збуджень кристалів і наносистем та методами його дослідження, а також з теоретичним та експериментальними аспектами теорії груп у застосуванні до оптичної спектроскопії атомів, молекул та кристалів. Досягти слухачем розуміння теоретичних основ та фізичного змісту основних явищ, та експериментальних методів, здатності вчитися і оволодівати сучасними знаннями з курсу спектроскопії кристалів і наносистем, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів, та здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу з всіх фізичних дисциплін.

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 підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	1.1 Енергетичний спектр та хвильові функції	Лекція, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	1.2 Колективізація внутрішньо-молекулярних збуджень у кристалі	Лекція, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	1.3 Правила відбору для оптичних переходів	Лекція, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	1.4 Зонна теорія напівпровідників	Лекція, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	1.5 Рух електрона в самоузгодженому полі електронів і ядер.	Лекція, контрольна робота	контрольна робота	7%
	1.6 Трансляційна симетрія хвильових функцій	Лекція, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	1.7 Зони Брілюєна	Лекція, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	1.8 Метод ефективної маси	Лекція, консультація, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	1.9 Густина станів електронів в енергетичних зонах.	Лекція, консультація, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
2	2.1 Розв'язувати основні типи задач про кристали	Практичні заняття, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	2.2 Записати рівняння Максвелла в середовищі	Практичні заняття, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	2.3 Розв'язувати основні типи задач про енергетичний спектр екситонів	Практичні заняття, самостійна робота	Задачі, усні відповіді	7%
	2.4 Розв'язувати основні типи задач про енергетичний спектр наносистем	Практичні заняття, контрольна робота	контрольна робота	7%
	2.5. Вміти використовувати в експериментальних методах дослідження симетрійні властивості молекул та кристалів	Практичні заняття, лабораторна робота, самостійна робота	письмові завдання, захист лаборатор. роботи	9%

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

Результати навчання дисципліни(код)															
Програмні результати навчання (назва)															
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки,	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Оцінювання:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Контрольні роботи	іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>24</i>	<i>60</i>
Максимум	20	20	20	40	100

При цьому, кількість балів:

- **1-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-59** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **60-64** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **65-74** відповідає оцінці «задовільно»;
- **75 - 84** відповідає оцінці «добре»;
- **85 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

Шкала відповідності(за умови іспиту)

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою	
90 – 100	5	відмінно
85 – 89	4	добре
75 – 84		
65 – 74	3	задовільно
60 – 64		
35 – 59	2	не задовільно
1 – 34		

Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійних робіт

НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	практ роб.	самост робота	Лабор. роб.
Модуль №1.					
1	Вступ. Кристали різних типів. Структура кристалів. Молекулярні кристали. Енергетичний спектр та хвильові функції одновимірного молекулярного ланцюжка, що складається з молекул одного сорту.	2		7	
2	Колективізація внутрішньомолекулярних збуджень у кристалі. Екситони Френкеля в тривимірних молекулярних кристалах.	2	2	7	
3	Напівпровідникові та діелектричні кристали. Зонна теорія напівпровідників. Адіабатичне наближення. електрона в самоузгодженому полі електронів і ядер.	2	2	7	
4	Трансляційна симетрія хвильових функцій. Функції Блоха. Періодичність закону дисперсії електронів у кристалах. Зони Брілюєна. Метод ефективної маси.	2	2	7	
	Контрольна робота за матеріалом модуля №1.			6	
Модуль №2.					
5	Густина станів електронів в енергетичних зонах: ізотропні та анізотропні, прямозонні та непрямозонні кристали. Оптичні спектри зона-зонних переходів: Прямі дозволені переходи. Прямі заборонені переходи. Непрямі переходи.	2	2	7	
6	Екситони Ваньє-Мота (екситони великого радіусу) в напівпровідниках. Енергетичний спектр та хвильові функції екситонів. Оптичні переходи в екситонні стани.	2		7	4
7	Енергетичний спектр носіїв заряду в наночастинках. Одновимірна потенціальна яма. Кубічна потенціальна яма. Сферична потенціальна яма. Екситони в наночастинках.	2	2	7	
Контрольна робота за матеріалом модуля №2				6	
Всього:		14	10	61	4

Загальний обсяг 90 год.¹, в тому числі:

Лекцій - 14 год.

Практичних занять – 10 год.

лабораторних занять - 4 год.

Консультацій – 1 год.

самостійна робота – 61 год.

Рекомендована література

Основна

1. І.М.Дмитрук, О.А.Єщенко. Спектроскопія кристалів. (конспект лекцій). Навчальний посібник для студентів фізичного факультету. Київ – 2006.
2. Дмитрук І.М. Електронні процеси в наноструктурах: Навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей університетів/ І.М.Дмитрук – К.: Четверта хвиля, 2013.

Додаткова

1. Дж.Эллиот, П.Добер. Симметрия в физике (т.1,2) 1985.
2. Р.Нокс, А.Голд. Симметрия в твердом теле. 1970.
3. Т.Р.Martin “Shells of atoms”, Physics Reports, 273, 1996, 199-241.
4. A.I.Ekimov, Al.L.Efros, A.A.Onushchenko, “Quantum size effect in semiconductor microcrystals”, Solid State Communications, 56 (1985), 921-924.
5. B.Alperson, I.Rubinstein, G.Hodes, D.Porath, O.Millo “Energy level tunneling spectroscopy and single electron charging in individual CdSe quantum dots”, Applied Physics Letters, 75, 1999, 1751-1753.