

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра фізики кристалів

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан
фізичного факультету

Руслан ВОВК
“ _____ ” _____ 2023 р.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи оптичної спектроскопії у фізиці конденсованого стану

(шифр і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістр)
галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 – фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма освітньо-професійна, освітньо-наукова - фізика
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / за вибором)
факультет фізичний

2023/2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

30 серпня 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Семінько В.В., доктор фіз.- мат. наук., професор кафедри фізики кристалів.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики кристалів

Протокол № 6 від 28 серпня 2023 року

Завідувач кафедри Гриньов Б. В.

(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) _____

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи)

Бойко Ю.І.

(підпис)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від 29 серпня 2023 року

Голова методичної комісії

Макаровський М.О.

(підпис)

Вступ

Програма навчальної дисципліни “ Методи оптичної спектроскопії у фізиці конденсованого стану ” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки магістра

спеціальності 104 – фізика та астрономія

Предметом вивчення навчальної дисципліни є закономірності формування оптичних спектрів у конденсованих середовищах.

1. Опис навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є: ознайомити студентів з основними ідеями, теорією та експериментальними методами дослідження оптичних властивостей конденсованих середовищ, зокрема діелектричних та напівпровідникових сполук та наноматеріалів.

Основними завданнями вивчення дисципліни є: освоїти принципові основи та практичні можливості спектроскопічних методів дослідження конденсованих середовищ.

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: основи спектроскопічних методів дослідження, можливості застосування спектральних методів аналізу для дослідження конденсованих середовищ, зокрема наноматеріалів;

вміти: застосовувати отримані знання при дослідженні оптичних властивостей конденсованих середовищ у вигляді об’ємних та нанорозмірних матеріалів.

Кількість кредитів – 4.

Загальна кількість годин – 120.

Характеристика навчальної дисципліни	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
5-й	
Семестр	
9-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
год.	
Лабораторні заняття	
год.	
Самостійна робота	
88 год.	
Індивідуальні завдання	
год.	

Форма контролю – екзамен.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття оптичної спектроскопії.

Тема 1. Огляд історії розвитку спектроскопії. Види оптичних спектрів.

Поглинання. Закон Бугера-Ламберта-Бера, сила осцилятора, дипольні моменти оптичних переходів. Люмінесценція. Природа та види люмінесценції. Діаграма Яблонського, квантовий вихід, криві загасання люмінесценції. Коефіцієнти Ейнштейна.

Тема 2. Основи методів стаціонарної спектроскопії і спектроскопії з часовим розділенням. Вимірювання спектрів поглинання, люмінесценції і збудження люмінесценції. Люмінесцентна мікроскопія. Спектри загасання люмінесценції. Спектроскопія накачування-зондування. Фотонне відлуння.

Тема 3. Елементарні електронні збудження у кристалах та молекулах. Іони перехідних металів та рідкісноземельні іони. Молекулярні спектри. Вплив оточення на спектри молекул. Вплив міжмолекулярної взаємодії на оптичні властивості.

Тема 4. Колективні ефекти у конденсованих середовищах. Екситони Ваньє-Мотта і Френкеля. Особливості екситонних збуджень у наноматеріалах. Плазмони у металевих наночастинках.

Розділ 2. Застосування оптичної спектроскопії для дослідження конденсованих середовищ.

Тема 5. Молекулярні агрегати. Вплив структури на оптичні властивості. Динаміка екситонних збуджень. Міграція екситонних збуджень.

Тема 6. Спектроскопія рідкоземельних іонів у діелектричних кристалах. Оптичні переходи $4f$ -оболонки і спектри рідкоземельних іонів. Взаємодія домішкових іонів у діелектричних кристалах.

Тема 7. Особливості перетворювання сонячної енергії. Молекулярні сонячні елементи. Застосування метал-органічних сполук для сонячних елементів.

Тема 8. Наноплазмоніка. Керування оптичними властивостями квантових систем за рахунок взаємодії з плазмонними резонансами металевих наночастинок.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	сп	л		п	лаб	інд	сп	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1.	16	6				10						
Тема 2.	22	4				18						
Тема 3	22	8				14						
Тема 4	16	6				10						
Тема 5	16	2				14						
Тема 6	6	2				4						
Тема 7.	16	2				14						
Тема 8.	6	2				4						
Усього годин	90	32				88						

4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Квантово-механічний опис двохрівневої системи. Випромінювання чорного тіла. Квантова теорія поглинання і люмінесценції.	10
2	Вимірювання поляризаційних спектрів. Анізотропія. Визначення квантового виходу люмінесценції. Джерела випромінювання. Раманівське розсіювання та інші багатофононні процеси.	18
3	Розщеплення рівнів енергії у магнітному полі. Ефект Штарка. Правила відбору. Молекулярна симетрія і дозволені та заборонені переходи. Розрахунок дипольних моментів оптичних переходів. Апроксимація Бора-Опенгеймера, фактори Франка-Кондона і форма смуг поглинання. Переходи з перенесенням заряду і переходи Рідберга.	14
4	Надвипромінювання Діке і екситонне надвипромінювання. Ефект Парсела.	10
5	Використання молекулярних агрегатів в якості	14

	фотосенсибілізаторів.	
6	Квантово-розмірний ефект і енергія екситонного зв'язку.	4
7	Екситонні матеріали у сонячній енергетиці.	14
8	Теорія плазмонних коливань у наночастинках.	4
	Разом	88

5. Методи контролю

Письмові відповіді на запитання контрольної роботи.

Письмові відповіді на запитання екзаменаційного завдання

6. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль, контрольні роботи та самостійна робота								Підсумковий контроль (екзамен)	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
60								40	100

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

7. Рекомендована література

Базова

1. Simon S. H. *The Oxford Solid State Basics*. Oxford, 2013, 320pp.
2. Leverenz H.W. *An introduction to luminescence of solids*. New York, Dover Publications, 1968.
3. W.W. Parson. *Modern Optical Spectroscopy*. –Berlin: Springer-Verlag, 2015. – 572 p.
4. B. Valeur. *Molecular Fluorescence. Principles and Applications*. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2002. – 381 p.
5. J.R. Lakowicz. *Principles of Fluorescence Spectroscopy. Third Edition*. – Singapore: Springer Science+Business Media, 2006. – 954 p.
6. L. Novotny, B. Hecht. *Principles of nano-optics*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – 539 p.

Допоміжна

1. Ch. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, Wiley, 1996.
2. Henderson B., Imbush G. *Optical Spectroscopy of Inorganic Solids*, Oxford, 2006, 672 pp.
3. G. Blasse, B. C. Grabmaier *Luminescent Materials*. – Berlin: Springer-Verlag, 1994. – 232 p.
4. *Phosphor Handbook*, ed. by W. M. Yen, S. Shionoya, H. Yamamoto CRC Press, 2006, 1080 pp.
5. T. Kobayashi (Ed.). *J-aggregates. Vol. 2*. – Singapore: World Scientific Publishing, 2012. – 520 p.
6. P.N. Prasad. *Nanophotonics*. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2004. – 415 p.