

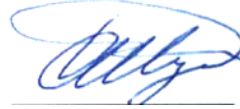
Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету радіофізики,
біомедичної електроніки та
комп'ютерних систем



Сергій ШУЛЬГА

“_24_” червня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ Другий магістерський рівень освіти _____

галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 105 Прикладна фізика та наноматеріали _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ Радіофізика та електроніка _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ За вибором _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет _____ радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем _____

2024/2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики,
біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

“ 24 ” червня 2024 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

доцент кафедри квантової радіофізики, к.ф.-м.н., Олександр ЛЕВЧЕНКО

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 20 ” червня 2024 року № 11

Завідувач кафедри квантової радіофізики



(підпис)

проф. Вячеслав МАСЛОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником
проектної групи) Радіофізика та електроніка

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми

(керівник проектної групи)

проф. Вячеслав МАСЛОВ



(підпис)

Вячеслав МАСЛОВ


(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 24 ” червня 2024 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної
електроніки та комп'ютерних систем



(підпис)

(проф. Олександр БУТРИМ)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Фізичні методи дослідження матеріалів” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

магістр

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є забезпечення відповідним сучасним вимогам знань студентів про загальні методи дослідження фізичних характеристик матеріалів, що використовуються в квантовій електроніці.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є вивчення основних методів дослідження фізичних властивостей матеріалів квантової електроніки, методів вимірювання електричних, магнітних, оптичних та інших характеристик матеріалів.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- K01. Здатність до абстрактного та системного мислення, аналізу та синтезу.
- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- K04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- K06. Навички міжособистісної взаємодії.
- K07. Навички здійснення безпечної діяльності.
- K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.
- K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.
- K11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. Готовність діяти в нестандартних ситуаціях.
- K12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- K13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- K14. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
- K15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
- K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної теоретичної та прикладної фізики.
- K17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як

математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.

- K18. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.
- K19. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати числові методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем.
- K20. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи, та керувати колективом у сфері своєї професійної діяльності.
- K21. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- K22. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
- K23. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень.
- K24. Орієнтація на найвищі наукові стандарти
– обізнаність щодо фундаментальних відкриттів і теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук.
- K25. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

Навчальні заняття проводяться в малочисельній групі.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
<u>За вибором</u>
Денна форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
1-й
Лекції
12 год.
Практичні заняття
12 год.
Лабораторні заняття
-
Самостійна робота
66 год.
Індивідуальні завдання
-
Контрольні роботи
2

1.6. Заплановані результати навчання

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

знати: основні методи характеристизації матеріалів, що використовуються в квантовій електроніці; спектроскопічні методи; електричні, магнітні, оптичні та інші

методи та їх використання для дослідження фізичних явищ в матеріалах, що виникають під впливом електричних і магнітних полів та випромінювань;

вміти: вимірювати характеристики матеріалів квантової електроніки і здійснювати чисельні розрахунки фізичних величин.

Програмні результати навчання

- ПР01. Здатність продемонструвати знання і розуміння наукових і математичних принципів, необхідних для розв'язування інженерних задач та виконання досліджень в галузі теоретичної та прикладної фізики, ядерної та термоядерної енергетики, тощо.
- ПР03. Здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації.
- ПР05. Вміти вибирати методи і моделювати явища та процеси в динамічних лінійних і нелінійних системах, а також аналізувати отримані результати.
- ПР06. Вміти самостійно планувати та виконувати експерименти, оцінювати отримані результати.
- ПР07. Вміти застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових наукових і інженерних завдань.
- ПР10. Вміти здійснювати пошук, аналізувати та критично оцінювати інформацію з різних джерел.
- ПР13. Вміти самостійно виконувати експериментальні дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Методи дослідження структури матеріалів.

Тема 1. Отримання аморфних (некристалічних) матеріалів та методи дослідження їх характеристик.

Отримання аморфних матеріалів. Радіальна функція та її застосування в структурних дослідженнях матеріалів. Використання випромінювань для вивчення структури аморфних матеріалів.

Тема 2. Методи дослідження наночастинок, наноструктур, фулеренів, пористих матеріалів.

Тема 3. Кристалічні матеріали: методи дослідження.

Методи дослідження кристалічних матеріалів. Використання випромінювань для вивчення структури кристалів та їх дефектності.

Розділ 2. Методи дослідження електричних властивостей матеріалів.

Тема 1. Основні електричні явища в матеріалах.

Поляризація. Нелінійність. Дисперсія. Електропровідність. Електрострикція. Обратний п'єзоефект. Теплові ефекти. Ефект Штарка. Параелектричний резонанс.

Тема 2. Електропровідність та методи її вимірювання.

Вимірювання електропровідності на постійному струмі. Вимірювання електропровідності на змінному струмі.

Тема 3. Діелектричне проникнення.

Вимірювання діелектричного проникнення. Діелектрична спектроскопія.

Розділ 3. Методи дослідження магнітних властивостей матеріалів.

Тема 1. Магнітні явища в матеріалах.

Ефект Зеемана. Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР). Ядерний магнітний резонанс (ЯМР). Подвійний електронно-ядерний магнітний резонанс. Ферромагнітний резонанс.

Тема 2. Магнітні властивості матеріалів квантової електроніки.

Магнітне проникнення матеріалів. Магнітні дефекти в матеріалах квантової електроніки.

Тема 3. Методи дослідження структури і дефектності магнітних матеріалів.

Метод ЕПР спектроскопії. Метод спиногового гамільтоніану. Можливості методу ЕПР для дослідження дефектності структури матеріалів. Прилади квантової електроніки, робота яких базується на використанні магнітних властивостей матеріалів.

Розділ 4. Методи дослідження оптичних властивостей матеріалів.

Тема 1. Фізичні явища, що індуковані в твердих тілах світловими полями.

Поляризація та сприйнятливність прозорої речовини. Ефект Керра. Ефект Покельса. Багатофотонне збудження. Багатофотонна іонізація. Нелінійні ефекти.

Тема 2. Оптичні властивості матеріалів в слабких та сильних світлових полях.

Поглинання електромагнітної енергії в оптичному діапазоні. Люмінесценція. Оптична анізотропія. Нелінійно-оптичні середовища. Лазерна міцність матеріалів.

Тема 3. Методи вимірювання оптичних характеристик матеріалів.

Метод оптичної спектроскопії. Метод люмінесценції. Метод вимірювання лазерної міцності матеріалів.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Методи дослідження структури матеріалів.						
Тема 1. Отримання аморфних (некристалічних) матеріалів та методи дослідження їх характеристик.		1				12
Тема 2. Методи дослідження наночастинок, наноструктур, фулеренів, пористих матеріалів.		1				
Тема 4. Кристалічні матеріали: методи дослідження.		1				
Разом за розділом 1		3				12
Розділ 2. Методи дослідження електричних властивостей матеріалів.						
Тема 1. Основні електричні явища в матеріалах та методи їх дослідження.		1				
Тема 2. Електропровідність та методи її вимірювання.		1	3			9
Тема 3. Діелектричне проникнення.		1	3			9
Разом за розділом 2		3	6			18
Розділ 3. Методи дослідження магнітних властивостей матеріалів.						
Тема 1. Магнітні явища в матеріалах.		1				

Тема 2. Магнітні властивості матеріалів квантової електроніки.		1				
Тема 3. Методи дослідження структури і дефектності магнітних матеріалів		1	3			18
Разом за розділом 3		3	3			
Розділ 4. Методи дослідження оптичних властивостей матеріалів.						
Тема 1. Фізичні явища, що індуковані в твердих тілах світловими полями.		1				
Тема 2. Оптичні властивості матеріалів в слабких та сильних світлових полях.		1				
Тема 3. Методи вимірювання оптичних характеристик матеріалів.		1	3			18
Разом за розділом 4		3	3			
Усього годин	90	12	12			66

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обчислення електропровідності матеріалів.	3
2	Обчислення діелектричних характеристик матеріалів.	3
3	Визначення параметрів ЕПР спектрів.	3
4	Обчислення оптичних характеристик матеріалів	3
	Разом	12

5. Теми лабораторних занять

Лабораторних занять не заплановано.

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до виконання практичних завдань	Кількість годин
1	Розділ 1. Використання нанотехнологій в виробництві матеріалів.	12
2	Розділ 2. Методи дослідження структури матеріалів електричними методами	18
3	Розділ 3. Використання парамагнітних дефектів в кристалах для створення квантових приладів.	18
6	Розділ 4. Оптичні методи дослідження кристалів.	18
	Разом	66

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

8. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з практичних занять, що складаються з трьох частин: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) виконання завдань практичних робіт; 3) виконання самостійної роботи на яку виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але які не входять до лекцій.

9. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на лекційних заняттях і самостійну роботу (20 балів), виконання практичних робіт (20 балів).

Після вивчення другого і четвертого розділів курсу проводяться письмові контрольні роботи, які оцінюються в $2 \times 10 = 20$ балів.

Підсумковий контроль – залікова робота (40 балів).

10. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота →									
Розділ 1			Розділ 2			КР №1	Розділ 3		
T1	T2	T3	T1	T2	T3		T1	T2	T3
1	2	2	5	5	5		2	3	5
5			15			10	10		

Поточний контроль та самостійна робота (продовження таблиці)					Залікова робота	Сума
Розділ 4			КР №2	Разом		
T1	T1	T3				
2	3	5				
10			10	60	40	100

Примітка: T1, T2 ... – теми розділів; КР – контрольна робота.

Розділ зараховується студентові, якщо він набирає не менш 50 % можливих балів за тему. Студент допускається до заліку, якщо всі розділи зараховані. Студент не допускається до заліку, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів. Студенти з підсумковим рейтингом < 10 не допускаються до заліку з дисципліни. Їм перед сесією надається можливість підвищити оцінку і отримати допуск до заліку шляхом виправлення нульових оцінок з лабораторних робіт і контрольних завдань. Термін і порядок ліквідації заборгованостей установлюється викладачами, котрі проводять відповідні заняття і контрольні заходи.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Виконання кожного завдання залікового білету оцінюється балом за таблицею

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросовісність	
2	1-8	Наведено лише визначення термінів, які входять до	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі,

		формулювання питання	записано основні закони з цієї теми
3	9-19	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв'язання задачі
4	20-24	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі допущено грубі помилки
5	25-32	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі не доведено до кінця
6	33-36	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формули і на тому припинено розв'язання
7	37-40	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка залікової роботи за 40-бальною шкалою розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = (\text{П1} + \text{П2} + \text{П3}) / 3,$$

де П1, П2, П3 – бали за відповіді на окремі завдання залікового білету.

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

11. Рекомендована література

Основна література

1. Kittel C. Introduction to Solid State Physics (8th Edition). John Wiley & Sons, Inc, 2005.– 680 p.
2. Kelly B. T. Irradiation Damage to Solids. Elsevier, 1966.– 262 p.
3. Бадіян Є.Ф. Практична кристалографія: навч. посіб.– Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010.– 144 с.

4. Поплавко Ю. М. Фізичне матеріалознавство: навч. посіб. / Ю. М. Поплавко, Л. П. Переверзева, С. А. Воронов, Ю. І. Якименко. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – Ч. 2: Діелектрики.– 392 с.
5. Григорчак І.І., Понеділок Г.В. Імпедансна спектроскопія.– Львів: В-во НУ “Львівська політехніка”, 2011.– 352 с.
6. Као, Kwan Chi. Dielectric phenomena in solids: with emphasis on physical concepts of electronic processes. Elsevier, 2004.– 581 p.
7. Weil J. A., Bolton J. R. Wertz J. E.. Electron paramagnetic resonance: Elementary theory and applications. New York: Wiley-interscience, 1994.– 568 p.

Допоміжна література

1. Поплавко Ю.М. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб. / Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, Ю. І. Якименко.– К.: НТУУ «КПІ», 2012.– 300 с.
2. A. Abragam, B. Bleaney, Electron Paramagnetic Resonance of Transition Ions.– Oxford, 2012.– 944 p.
3. Siegman A.E. Microwave solid-state masers.– New York, San Francisco, Toronto, London: Mcgraw-Hill Book Company, 1964.– 608 p.
4. Siegman A.E. Lasers.– California: University Science Books. Mill Valley, 1986.– 1283 p.
5. Dolinšek J., Vilfan M., Žumer S. Novel NMR and EPR Techniques, Lect. Notes Phys. 684.– Berlin, Heidelberg: Springer, 2006.– 439 p.

12. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.photonics.com/EDU/Handbook.asp>
2. <http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>