

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної



2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕРІАЛИ КВАНТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

(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 і електроніка
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

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

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2021/2022 навчальний рік

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

“ 25 ” червня 2021 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Левченко Олександр Миколайович, кандидат фізико-
математичних наук, доцент кафедри квантової радіофізики

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 17 ” червня 2021 року № 9

Завідувач кафедри квантової радіофізики

Вячеслав МАСЛОВ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

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

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) проф. Вячеслав МАСЛОВ

Вячеслав МАСЛОВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 17 ” червня 2021 року № 6

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

(Леонід ЧОРНОГОР)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Матеріали квантової електроніки” 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 фізичні властивості матеріалів, що використовуються в квантовій електроніці, та загальні методи вимірювань характеристик матеріалів.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є вивчення фізичних властивостей матеріалів квантової електроніки, електричних, магнітних та оптичних явищ, що виникають в цих матеріалах.

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
<u>За вибором</u>	
Денна форма навчання	
Рік підготовки	
2-й	
Семестр	
1-й	
Лекції	
15 год.	
Практичні, семінарські заняття	
Лабораторні заняття	
12 год.	
Самостійна робота	
63 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 матеріали, що використовуються в квантовій електроніці, та їх характеристики, дефекти в матеріалах квантової електроніки, методи характеристики матеріалів, спектроскопічні методи, фізичні явища, що виникають в матеріалах під впливом електричних і магнітних полів та випромінювань;

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

Показувати знання в галузі сучасної прикладної фізики та математики (ПРН-1).

Інтерпретувати науково-технічну інформацію (ПРН-6).

Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень (ПРН-9).

Класифікувати та аналізувати інформацію з різних джерел ((ПРН-12).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні властивості матеріалів квантової електроніки.

Тема 1. Аморфні (некристалічні) матеріали.

Основні властивості некристалічних матеріалів. Пористі матеріали. Застосування некристалічних матеріалів в квантовій електроніці.

Тема 2. Кристали.

Основні властивості кристалів. Фазові переходи в кристалах. Кристали, що використовуються в квантовій електроніці.

Тема 3. Дефекти в матеріалах квантової електроніки.

Класифікація дефектів. Ростові дефекти.

Тема 4. Вплив випромінювань на фізичні властивості матеріалів.

Типи світлових та іонізуючих випромінювань та їх вплив на фізичні властивості матеріалів. Радіаційні дефекти.

Розділ 2. Електричні властивості матеріалів.

Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індукуються електричним полем.

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

Тема 2. Електропровідність.

Електропровідність в слабких та сильних електричних полях. Температурна залежність електропровідності. Частотна залежність електропровідності.

Тема 3. Діелектричне проникнення.

Дисперсія діелектричного проникнення. Температурна залежність діелектричного проникнення. Вплив структури матеріала на діелектричне проникнення. Вплив фазових переходів на діелектричні властивості матеріала. Сегнетоелектричний фазовий перехід.

Тема 4. Методи вимірювання електричних характеристик матеріалів.

Вимірювання електропровідності. Вимірювання діелектричного проникнення. Діелектрична спектроскопія.

Розділ 3. Магнітні властивості матеріалів.

Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індукуються магнітним полем.

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. Використання магнітних властивостей матеріалів в приладах квантової електроніки.

Мазери. Спектрометри ЕПР і ЯМР.

Тема 4. Використання магнітних властивостей для дослідження структури матеріалів.

Метод ЕПР спектроскопії. Метод спинового гамільтоніану. Можливості методу ЕПР для дослідження дефектності структури 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. Основні властивості матеріалів квантової електроніки.						
Тема 1. Аморфні (некристалічні) матеріали.	1	1				
Тема 2. Кристали.	23	2				21
Тема 3. Дефекти в матеріалах квантової електроніки.	1	1				
Тема 4. Вплив випромінювань на фізичні властивості матеріалів.	1	1				
Разом за розділом 1	26	5				21
Розділ 2. Електричні властивості матеріалів.						
Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індуковані електричним полем.	1	1				
Тема 2. Електропровідність.	5	1		4		
Тема 3. Діелектричне проникнення.	6	2		4		
Тема 4. Методи вимірювання електричних характеристик матеріалів.	22	1				21
Разом за розділом 2	34	5		8		21
Розділ 3. Магнітні властивості матеріалів.						
Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індуковані магнітним полем.	22	1				21
Тема 2. Магнітні властивості матеріалів квантової електроніки.	1	1				
Тема 3. Використання магнітних властивостей матеріалів в приладах	1	1				

квантової електроніки.					
Тема 4. Використання магнітних властивостей матеріалів для їх структурних досліджень	6	2		4	
Разом за розділом 3	30	5		4	21
Усього годин	90	15		12	63

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вимірювання параметрів електропровідності матеріалів.	4
2	Вимірювання діелектричного проникнення матеріалів.	4
3	Дослідження спектрів ЕПР матеріалів.	4
	Разом	12

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до виконання лабораторних занять	Кількість годин
1	Розділ 1. Тема 2. Методи вирощування кристалів. Використання нанотехнологій в виробництві матеріалів	21
2	Розділ 2. Тема 4. Методи дослідження структури матеріалів електричними методами.	21
3	Розділ 3. Тема 1. Характеристики матеріалів квантової електроніки, які використовуються в мазерах і лазерах	21
	Разом	63

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

7. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з лабораторних занять, що складаються з чотирьох частин: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) ознайомлення студентів з лабораторним обладнанням; 3) виконання завдань лабораторних робіт. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій.

8. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на лекційних заняттях і самостійну роботу (30 балів), виконання та захист лабораторних робіт (20 балів).

Після вивчення першого і другого розділу курсу проводяться 2 письмові контрольні роботи, які оцінюються в 10 балів.

Підсумковий контроль – залікова робота (40 балів).

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота											Залікова робота	Сума				
Розділ 1				КР №1	Розділ 2				КР №2	Розділ 3				Разом		
T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4			
3	2	2	3		3	9	9	3		2	3	2	9			
10				5	24				5	16				60	40	100

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 устанавлюється викладачами, котрі проводять відповідні заняття і контрольні заходи.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

1. 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 формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, 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	Здбуто 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

10. Рекомендована література

Основна література

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978, 792 с.
2. Азаматов З. Т., Арсеньев П. А., Багдасаров Х. С., Бедилов, М. П. Евдокимов А. А., Цеханович В. М. Дефекты в материалах квантовой электроники / Под ред. академика М.Т. Шпака. Ташкент «ФАН», 1991, 260 с.
3. Келли Б. Радиационное повреждение твердых тел. М.: Атомиздат, 1970, 240 с.
4. Поплавко Ю. М. Физика диэлектриков. Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980, 400 с.
5. Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР. М.: Мир, 1975, 552 с.
6. Шульга В. М., Перепечай М. П., Тютюнник В. Б., Левченко О. М. Квантовая радиофизика: методические указания к лабораторным работам. Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2010, 84 с.
7. Песковацкий С. А. Квантовая электроника: текст лекций. Х.: ХГУ, 1984, 74 с.

Допоміжна література

1. Handbook of Crystal Growth (Second Edition). Edited by: Peter Rudolph, Elsevier, 2015.
2. Advanced Lasers, vol.193, O. Shulika and I. Sukhoivanov, Eds. Netherlands: Springer, 2015.
3. Мотт Н., Герни Р. Электронные процессы в ионных кристаллах. М.: Изд.-во иностранной литературы, 1950, 304 с.
4. Пиментел Г., Спратли Р. Как квантовая механика объясняет химическую связь. М.: Мир, 1973, 332 с.
5. Као, Kwan Chi. Dielectric phenomena in solids: with emphasis on physical concepts of electronic processes. Elsevier, 2004, 581 p.
6. Сканапи Г. И. Физика диэлектриков (область слабых полей). М.Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949, 500 с.
7. Диэлектрическая спектроскопия. Сборник статей. М.: Изд.-во иностранной литературы. 1960, 364 с.

8. Абрагам А., Блини Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов. В 2-х томах: Т.1, М.: Мир,1972, 652 с.; Т.2, М.: Мир,1973, 352 с.
9. Сигмен А. Мазеры. М.: Мир, 1966, 522 с.
10. Меланхолин Н. М. Методы исследования оптических свойств кристаллов. М.: Наука, 1970,156 с.

11. 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>
3. Відео-лекції с фізики: <http://www.phys.univ.kiev.ua/videolections>
4. <http://cool-chemistry.ucoz.ua/index/books/0-9>