

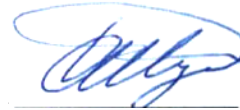
Міністерство освіти і науки України

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

Вступ до фотоніки

рівень вищої освіти _____ перший бакалаврський рівень освіти _____
галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
(шифр і назва)
спеціальність _____ 105 Прикладна фізика та наноматеріали _____
(шифр і назва)
освітня програма _____ Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи _____
(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)

професор кафедри квантової радіофізики, д.ф.-м.н., доцент Олег РИБІН

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 20 ” червня 2024 року, протокол № 11

Завідувач кафедри квантової радіофізики



(підпис)

проф. Вячеслав МАСЛОВ

(прізвище та ініціали)

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

Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи
назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми

(керівник проектної групи) проф. Олександр Бутрим



(підпис)

Олександр БУТРИМ

(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 “ Вступ до фотоніки ” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

бакалавра

(назва рівня вищої освіти)

спеціальність 105 прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи

спеціалізація _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни є знайомство студентів, що спеціалізуються галузі квантової радіофізики з фундаментальними явищами, що лежать в основі генерації, реєстрації та перетворення оптичного випромінювання.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни є знайомство з основами фізики взаємодії квантових систем з електромагнітними полями, принципами роботи основних типів лазерів та фізичними властивостями матеріалів фотоніки.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-1).
- Знання та розуміння предметної області, розуміння професійної діяльності (ЗК-2).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК-8).
- Здатність працювати в команді (ЗК-9).
- Навички міжособистісної взаємодії (ЗК-10).
- Здатність працювати самостійно (ЗК-11).
- Здатність брати участь у обробці та оформленні результатів експерименту (ФК-6).
- Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних систем (ФК-9).
- Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок (ФК-13).

1.3. Кількість кредитів – 6

1.4. Загальна кількість годин – 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й
Семестр
5-й
Лекції
32 год.

Практичні, семінарські заняття
32 год.
Лабораторні заняття
32 год.
Самостійна робота
84 год.
Контрольні роботи – 2

1.6. Заплановані результати навчання

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

Розуміти фізичні принципи генерації, реєстрації та перетворення оптичного випромінювання, роботи лазерів, квантових підсилювачів та приймачів оптичного випромінювання, вміти вірно вибирати їх параметри для різноманітних застосувань.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій (ПРН-3).
- Показувати знання іноземної мови (ПРН-4).
- Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій (ПРН-7).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Хвилі у фотонних кристалах.

Тема 1. Частинки в кристалах. Хвильова функція у одновимірному кристалі та її властивості. Теорема Флоке. Зони Брілюена. Трьохвимірний випадок. Предмет і основні поняття фотоніки.

Тема 2. Матриці розсіяння і проходження у одновимірних кристалах. Матриці проходження та їх властивості. Матриці проходження та їх властивості. Осьове та позаосьове хвильове поширення у одновимірних періодичних кристалах. Еталон Фабрі-Перо. Решітка Брегга.

Тема 3. Одновимірні фотонні кристали. Моді Блоха (осьовий та позаосьовий випадок). Задачі на власні числа та власні функції у для фотонних кристалів. Матрична оптика періодичних середовищ. Дисперсійна діаграма. Усереднені та ефективні характеристики фотонних кристалів.

Тема 4. Вступ до Фур'є оптики періодичних середовищ. Основні поняття та математичний апарат Фур'є оптики періодичних середовищ. Умови фазового синхронізму для оптичних мод.

Тема 5. Двовимірні та трьохвимірні фотонні кристали. Основні двовимірні фотонні кристали, та їх решітки, еквівалентні (взаємні) решітки та незвідні зони Брілюена. Основні трьохвимірні фотонні кристали, та їх решітки, еквівалентні (взаємні) решітки та незвідні зони Брілюена. Дефекти у кристалах та їх практичне застосування.

Розділ 2. Метали та метаматеріальна оптика.

Тема 6. Одинарно- та подвійно-негативні середовища. Метаматеріальна діаграма. Поширення плоских хвиль у одинарно-, подвійно-негативні середовищах, та подвійно-позитивних середовищах та на їх границях. Поверхневі хвилі на границі подвійно-негативного та подвійно-позитивного середовища. Ідеальні лінзи. Гіперболічні середовища.

Тема 7. Оптика металів. Оптичні властивості металів. Модель металу Друде. Поняття про об'ємний плазмон. Поняття про поверхневий плазмон. Поняття про локалізований плазмон.

Тема 8. Метаматеріальна оптика. Основні поняття про метаматеріали. Найпростіші й найвідоміші приклади двох- та трох-компонентних метаматеріалів.

Тема 9. Трансформативна оптика. Основні поняття. Трансформативний принцип. Мантия-невидимка.

Розділ 3. Оптика фотонів.

Тема 10. Фотон. Моді у резонаторі. Енергія фотона. Поляризація фотона. Положення фотона та вірогідність. Параметри фотона. Узагальнена вірогідносна модель фотона. Співвідношення невизначеності для фотона. Інтерференція фотона.

Тема 11. Потіки фотонів та квантові становища світла. Вірогіднісний характер потоку фотонів у модах. Основні параметри потоків фотонів. Когерентне світло. Теплове випромінювання. Поширений випадок частково когерентного світла. Випадкове розбиття фотонних потоків. Аналогія між класичною модою та квантовою. Когерентні становища світла. Стиснуте світло.

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. Хвилі у фотонних кристалах.						
Тема 1. Частинки в кристалах.	2	2				
Тема 2. Матриці розсіяння і проходження у одновимірних кристалах.	16	4	6			6
Тема 3. Одновимірні фотонні кристали.	12	2	2			8
Тема 4. Вступ до Фур'є оптики періодичних середовищ.	12	2	2			8
Тема 5. Двовимірні та трьохвимірні фотонні кристали.	24	2	2	12		8
Разом за розділом 1	66	12	12	12		30
Розділ 2. Метали та метаматеріальна оптика.						
Тема 6. Одинарно- та подвійно-негативні середовища.	12	4	2			6
Тема 7. Оптика металів.	20		4	10		6
Тема 8. Метаматеріальна оптика.	22	2	2	10		8

Тема 9. Трансформативна оптика.	18	4	4			10
Разом за розділом 2	72	10	12	20		30
Розділ 3. Оптика фотонів.						
Тема 10. Фотон.	22	6	4			12
Тема 11. Потoki фотонів та квантові становища світла.	20	4	4			12
Разом за розділом 3	42	10	8			24
Усього годин	180	32	32	32		84

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва заняття	Кількість годин
1	Тема 2. Представлення одновимірного фотонного кристалу як чотирьохполосника. Формули Ейрі.	2
2	Тема 3. Хвильове (похиле) проходження крізь плоску діелектричну границю.	4
3	Тема 4. Хвильове (похиле) проходження крізь діелектричну шару.	2
4	Тема 5. Решітка Брегга..	2
5	Тема 6. Модель Друде та Лорентця при характеристизації метаматеріалів.	2
6	Тема 7. Теоретична характеристизація метаматеріальної шари.	4
7	Тема 8. Циліндричне фокусування.	2
8	Тема 9. Реалізація геометричного перетворення на сфері.	4
9	Тема 10. Однофотонні процеси.	6
10	Тема 11. Пуасоновський потік фотонів.	4
	Разом	32

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 5. Характеристики одновимірних фотонних кристалів матричним методом.	12
2	Тема 7. Оцінка ослаблення повного-внутрішнє відбиття мульти-шарової системи.	10
3	Тема 8. Експериментальна характеристизація метаматеріальної шари.	10
	Разом	32

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи, робота з літературою, підготовка до виконання лабораторних занять	Кількість годин
1	Тема 2. Ознайомлення з сучасними оглядами в профільній літературі	6
2	Тема 3. Квантові системи в електромагнітному полі	8
3	Тема 4. Шляхи керування розширенням спектральних ліній	8
4	Тема 5. Досягнуті параметри лазерного випромінювання	8

5	Тема 6. «Random lasing» генерація	6
6	Тема 7. Оптичні антени. Принципи створення.	6
7	Тема 8. Газові приймачі випромінювання	8
8	Тема 9. Лазерне очищення поверхонь	10
9	Тема 10. Відмінності кристалічної структури основних матриць	12
10	Тема 11. Напрямки розвитку матеріалів для фотоніки	12
	Разом	84

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

8. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних, практичних і лабораторних заняттях, що знайомлять студентів з матеріалом курсу, що складаються з трьох частин: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) перевірка домашнього завдання; 3) здача лабораторних робіт; 4) розв'язання типових задач за темою, що вивчається. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій.

9. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на лабораторних і практичних заняттях і самостійну роботу (50 балів), контрольні роботи (10 балів).

Підсумковий контроль – іспит (40 балів).

10. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання													Іспит	Сума	
Розділ 1					Розділ 2				КР	Розділ 3		КР	Разом		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9		T10	T11				
3	4	3	4	3	4	3	4	43	10	4	4	10	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

КР - контрольна робота, передбачена навчальним планом

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

Критерії оцінювання навчальних досягнень

1. Виконання кожного завдання екзаменаційного білета оцінюється балом за **шкалою оцінювання**

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросовісність	
2	1-20	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	21-49	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв'язання задачі
4	50-60	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі допущено грубі помилки
5	61-80	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі не доведено до кінця
6	81-90	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 формулі і на тому припинено розв'язання
7	91-100	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка іспиту 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 екзаменаційного білету.

11. Рекомендована література

Основна література

1. Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich. Fundamentals of Photonics. Volume 1-2. Second edition. John Wiley & Sons Inc. 2007, 770p., 792 p.
2. Vincent J. Urick Jr., Jason D. McKinney, Keith J. Williams. Fundamentals of Microwave Photonics. John Wiley & Sons Inc. 2015, 468 p.

Допоміжна література

1. John D. Joannopoulos, Steven J. Johnson, Joshua N. Winn, Robert D. Miade. Photonic Crystals: Molding the Flow of Light. Second edition. Princeton University Press. 2008, 305 p.

2. Peter Markos, Costas M. Soukoulis. Wave Propagation. From Electrons to Photonic Crystals and Left-Handed Materials. Princeton University Press. 2008, 367 p.

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

1. Лазерне зварювання <https://www.youtube.com/watch?v=yuTIR5E98Dw>
2. Обробка поверхні <https://www.youtube.com/watch?v=CLaBFkeHG0A>
3. Лазерне різання <https://www.youtube.com/watch?v=pMSyGOoesfM>
4. Лазерна зброя https://www.youtube.com/watch?v=tyUh_xSjvXQ
5. Оптичний зв'язок <https://www.youtube.com/watch?v=iPwpLgaXMX0>
6. <https://ocw.mit.edu/courses/6-974-fundamentals-of-photonics-quantum-electronics-spring-2006/pages/lecture-notes/>
7. <https://ocw.mit.edu/courses/3-46-photonic-materials-and-devices-spring-2006/pages/lecture-notes/>