

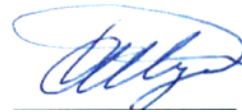
Міністерство освіти і науки України

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

ОСНОВИ РАДІООПТИКИ

(назва навчальної дисципліни)

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)

завідувач кафедри квантової радіофізики, д.ф.-м.н., професор Вячеслав МАСЛОВ

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 **“Основи радіооптики”** складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

бакалавр

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є

забезпечення відповідним сучасним вимогам знань студентів про питання електромагнітної теорії світла, інтерференції, дифракції хвильових пучків. Основна увага приділена властивостям окремих оптичних елементів, до яких відносяться ділянка вільного простору, лінза, дзеркало, дифракційні ґрати, зонна пластинка Френеля. Викладаються фізичні основи аналізу, перетворення і синтезу хвильових полів, ідеї і методи фур'є-оптики.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є

роз'яснити студентам аналогію між електричними і оптичними системами і цим сприяти більше швидкому оволодінню ними новим науковим напрямком.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК-1)
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК-2)
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. (ЗК-3)
- Здатність спілкуватися іноземною мовою. (ЗК-4)
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК-5)
- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. (ЗК-6)
- 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 автономно. (ЗК-11)
- Навики здійснення безпечної діяльності. (ЗК-12)
- Здатність брати участь у складанні запитів на виконання наукових та науково-технічних проектів, в тому числі і міжнародних. (ФК-1)
- Здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень. (ФК-2)
- Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів. (ФК-3)
- Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження. (ФК-4)
- Здатність брати участь у розробці схем фізичних експериментів та обранні необхідного обладнання та пристроїв для проведення експерименту. (ФК-5)
- Здатність брати участь у обробленні та оформленні результатів експерименту. (ФК-6)

- Здатність брати участь в роботі колективів виконавців, у тому числі у міждисциплінарних проектах. (ФК-7)
- Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень. (ФК-8)
- Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних систем. (ФК-9)
- Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем. (ФК-10)
- Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів (ФК-11)
- Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів. (ФК-12)
- Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок. (ФК-13)
- Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності. (ФК-14)

1.3. Кількість кредитів – 3

1.4. Загальна кількість годин – 90

Навчальні заняття проводяться в малочисельній групі.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й
Семестр
6-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
16 год.
Лабораторні заняття
–
Самостійна робота
42 год.
Індивідуальні завдання
–
Контрольні роботи – 2

1.6. Заплановані результати навчання

знати: принципи формування і поширення світлових пучків у різноманітних оптичних системах і передавальних середовищах, сучасні способи запису й обробки оптичної інформації;

вміти: здійснювати розрахунки параметрів і характеристик основних радіооптичних елементів.

Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій.

Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій

Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною.

- Показувати знання в галузі сучасної прикладної фізики та математики. (ПРН-1)
- Показувати знання в галузі професійної діяльності, технологій та методів дослідження властивостей речовин і матеріалів. (ПРН-2)
- Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій. (ПРН-3)
- Показувати знання іноземної мови. (ПРН-4)
- Обговорювати та знаходити рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів. (ПРН-5)
- Інтерпретувати науково-технічну інформацію. (ПРН-6)
- Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій. (ПРН-7)
- Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій. (ПРН-8)
- Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень. (ПРН-9)
- Використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації українською та іноземними мовами. (ПРН-10)
- Організовувати результативну роботу індивідуально і як член команди. (ПРН-11)
- Класифікувати та аналізувати інформацію з різних джерел. (ПРН-12)
- Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії. (ПРН-13)
- Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики. (ПРН-14)
- Вміння представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі. (ПРН-15)

2. Тематичний план навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ТЕОРІЯ СВІТЛА. ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА.

Тема 1. Світлові хвилі у вакуумі.

Вимірювання швидкості світла. Хвильове рівняння. Плоскі і сферичні гармонійні хвилі. Квазіплоскі і квазігармонічні хвилі.

Тема 2. Поляризація світла.

Поперечність світлової хвилі. Стани поляризації плоскої гармонійної хвилі. Параметри Стокса. Сфера Пуанкаре. Вектор Джонса.

Тема 3. Енергія світла.

Потік енергії у світловій хвилі. Інтенсивність світла. Енергетичні характеристики світлових пучків і імпульсів. Порівняльні характеристики лазерного і сонячного світла.

Тема 4. Інтерференція світла.

Інтерферометр Майкельсона. Смуги рівного нахилу і рівної товщини. Кільця Ньютона. Багатопротенева інтерференція. Інтерферометр і еталон Фабрі-Перо. Власні моди й добротність лазерного резонатора.

РОЗДІЛ 2. ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА. ФУР'Є-АНАЛІЗ РАДІООПТИЧНИХ СИСТЕМ.

Тема 1. Дифракція світла.

Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракційний інтеграл Френеля. Його нормировка. Зони Френеля. Число Френеля. Дифракційна довжина світлового пучка. Близня і далека зони дифракції. Дифракційна расходимість пучка в далекій зоні. Фокусування світла як дифракційне явище.

Тема 2. Теорія дифракції Кірхгофа.

Рівняння Гельмгольца. Теорема Гріна. Інтегральна теорема Гельмгольца-Кірхгофа. Граничні умови Кірхгофа. Дифракційний інтеграл Кірхгофа-Гельмгольца.

Тема 3. Перетворення Фур'є.

Пряме і зворотне перетворення Фур'є. Застосування перетворень Фур'є до експонентної і східчастої функцій. Застосування перетворень Фур'є до функції Дірака, функції Хевісайда й функції Гауса.

Тема 4. Властивості перетворення Фур'є.

Властивості перетворення Фур'є: лінійність, дворазове перетворення, парність-непарність, комплексно-комплексно-сполучених функцій. Теорема масштабів. Теорема зсуву. Пряме перетворення Фур'є спектральної щільності сигналів. Формула Релея. Функції кореляції. Згортка функцій. Добуток двох функцій. Двовимірне перетворення Фур'є в прямокутній системі координат. Двовимірне перетворення Фур'є в циліндричній системі координат. Перетворення Френеля.

Тема 5. Дифракція слабкорозбіжних пучків.

Наближення Френеля в теорії дифракції. Умови застосовності наближення Френеля. Дифракція Френеля на круглomu отворі.

Тема 6. Дифракція в далекій зоні.

Стилка картина дифракції в далекій зоні. Дифракція Фраунгофера як просторове перетворення Фур'є. Дифракція Фраунгофера на одновимірних і двовимірних структурах. Лінзи як елементи, що виконують перетворення Фур'є. Дифракційні решітки як елементи, що виконують перетворення Фур'є.

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. Електромагнітна теорія світла. Інтерференція світла.						
Тема 1. Світлові хвилі у вакуумі.	8	3	2			3
Тема 2. Поляризація світла.	8	3	2			3
Тема 3 Енергія	8	3	2			3

світла.						
Тема 4. Інтерференція світла.	6	3				3
Разом за розділом 1	30	12	6			12
Розділ 2. Дифракція світла. Фур'є-аналіз радіооптичних систем.						
Тема 1. Дифракція світла.	8	2	2			4
Тема 2. Теорія дифракції Кірхгофа.	4	2				2
Тема 3. Перетворення Фур'є.	12	4	2			6
Тема 4. Властивості перетворення Фур'є.	12	4	2			6
Тема 5. Дифракція слабкорозбіжних пучків.	12	4	2			6
Тема 6. Дифракція в далекій зоні.	12	4	2			6
Разом за розділом 2	60	20	10			30
Усього годин	90	32	16			42

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розділ 1. Тема 1. Світлові хвилі у вакуумі.	2
2	Розділ 1. Тема 2. Поляризація світла.	2
3	Розділ 1. Тема 3. Концентрація енергії в часі і просторі.	2
4	Розділ 2. Тема 1. Дифракція світла.	2
5	Розділ 2. Тема 3. Перетворення Фур'є.	2
6	Розділ 2. Тема 4. Властивості перетворення Фур'є.	2
7	Розділ 2. Тема 5. Дифракція Френеля на отворах квадратної і круглої форми.	2
8	Розділ 2. Тема 6. Дифракція Фраунгофера на отворах прямокутної і круглої форми.	2
	Разом	16

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до лекційних занять	Кількість годин
1	Розділ 1. Тема 1. Перетворення Ханкеля функцій із круговою симетрією.	3
2	Розділ 1. Тема 2. Рішення хвильового рівняння методом Фур'є.	3
3	Розділ 1. Тема 3. Оптична левітація.	3
4	Розділ 1. Тема 4. Інтерференція випадкової світлової хвилі.	3

5	Розділ 2. Тема 1. Кутовий спектр плоских хвиль.	4
6	Розділ 2. Тема 2. Співвідношення Френеля-Фур'є. Сандвіч Френеля.	2
7	Розділ 2. Тема 3. Дифракція Фраунгофера на періодичних структурах.	6
8	Розділ 2. Тема 4. Фокусування гаусова пучка.	6
9	Розділ 2. Тема 5. Частотний аналіз оптичних систем.	6
10	Розділ 2. Тема 6. Просторова фільтрація й оптична обробка інформації.	6
	Разом	42

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

7. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, що складаються з трьох частин: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) перевірка домашнього завдання; 3) розв'язання типових задач за темою, що вивчається. Питання для теоретичного опитування, приклади розв'язання типових завдань, завдання для самостійної роботи студентів наведені в методичних вказівках з даного курсу. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій та практик.

8. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на лекційних заняттях і самостійну роботу (30 балів), виконання домашніх завдань (10 балів).

Після вивчення розділа курсу проводиться письмова контрольна робота, яка оцінюється в відповідних балах.

Підсумковий контроль – екзамен (40 балів).

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота										Екзамен	Сума			
Розділ 1				КР	Розділ 2						КР	Разом		
T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4	T5	T6				
2	2	3	3		1	1	2	2	2	2				
10				20	10						20	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 заліку

шляхом виправлення нульових оцінок з окремих видів занять і контрольних завдань. Термін і порядок ліквідації заборгованостей встановлюється викладачем.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

1. Виконання кожного завдання екзаменаційного білета 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 недоброчесність	
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	10-24	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 формулі 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 екзамена 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.

10. Рекомендована література

Основна література

1. Загальний курс фізики : Т. 3. Оптика. Квантова фізика / у 3-х т. : навч. посіб. для студ. вищ. техніч. і пед. закл. освіти. І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук ; за ред І. М. Кучерука. - Київ : Техніка, 1999. - 520 с.

2. Курс загальної фізики : підруч. для студ. вищ. навч. закл. : у 6 т. / за заг. ред. В. А. Сминтина. Т. 4 : Оптика / В. А. Сминтина, Ю. Ф. Ваксман. Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, Одес. нац. мор. акад. - О. : Астропринт. - 2012. - 275 с.
3. Г. Л. Конончук, В. М. Прокопець, В. В. Стукаленко. Вступ до фур'є-оптики: навчальний посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2009. – 320 с.
4. Ольшевський С. В. Цифрове оброблення сигналів. Конспект лекцій за курсом. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ 2014. – 178 с.
5. Сайко В. Г., Оксіюк О. Г., Дікарев О. В. Основи цифрового оброблення сигналів в системах цифрового радіозв'язку. Частина 1. Навчальний посібник. – К.: ДУТ, 2016. – 107 с.

Допоміжна література

1. Goodman J.W. Introduction to Fourier optics. - McGraw-hill Book Company. 2017 – \ 564 p.
2. Papoulis A. Systems and transforms with applications in optics. McGraw-Hill Book Company. 1981 – 474 p.
3. Wolf E. Introduction to the theory of coherence and polarization of light. – 2007. – Cambridge University Press. – 222 p.
4. Mandel L., Wolf E. Optical coherence and quantum optics. – 2004. – Cambridge University Press.–1160 p.

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

1. Енциклопедія лазерної техніки і технології
<http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
2. Бібліотека книг з лазерів
<http://gen.lib.rus.ec/>