

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Проректор з науково-педагогічної  
роботи  
«20» серпня 2020 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 і електроніка та біофізика  
(шифр і назва)  
спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
вид дисципліни За вибором  
(обов'язкова / за вибором)  
факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2020 / 2021 навчальний рік



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

Протокол від “ 17 ” червня 2020 року № 7


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 “ 16 ” червня 2020 року № 9

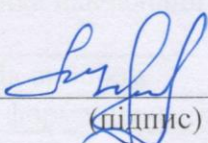
Завідувач кафедри квантової радіофізики

  
(підпис) (проф. Вячеслав МАСЛОВ)  
(прізвище та ініціали)

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

Протокол від “ 17 ” червня 2020 року № 7

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

  
(підпис) (проф. Леонід ЧОРНОГОР)  
(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 і електроніка та біофізика

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.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
	За вибором
	Денна форма навчання
	Рік підготовки
	3-й
	Семестр
	6-й
	Лекції
	24 год.
	Практичні, семінарські заняття
	–
	Лабораторні заняття
	–
	Самостійна робота
	96 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

## 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. ВекторДжонса.

#### 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 Ньютонна. 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 Хевисайда 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 круглому отворі.

#### Тема 6. Дифракція в далекій зоні.

Стійка 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
<b>Розділ 1. Електромагнітна теорія світла. Інтерференція світла.</b>						
Тема 1. Світлові хвилі у вакуумі.	16	3				10
Тема 2. Поляризація світла.	16	3				10
Тема 3 Енергія світла.	16	3				10
Тема 4. Інтерференція світла.	16	3				10
Разом за розділом 1	<b>64</b>	<b>12</b>				<b>40</b>
<b>Розділ 2. Дифракція світла. Фур'є-аналіз радіооптичних систем.</b>						
Тема 1. Дифракція світла.	15	2				10
Тема 2. Теорія дифракції Кірхгофа.	9	2				8
Тема 3. Перетворення Фур'є.	12	2				10
Тема 4. Властивості перетворення Фур'є.	12	2				8
Тема 5. Дифракція слабкорозбіжних пучків.	16	2				10
Тема 6. Дифракція в далекій зоні.	16	2				10
Разом за розділом 2	<b>80</b>	<b>12</b>				<b>56</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>24</b>				<b>96</b>

### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Семінарських, практичних, лабораторних занять не заплановано.

## 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.	10
2	Розділ 1. Тема 2. Рішення хвильового рівняння методом Фур'є.	10
3	Розділ 1. Тема 3. Оптична левітація.	10
4	Розділ 1. Тема 4. Інтерференція випадкової світлової хвилі.	10
5	Розділ 2. Тема 1. Кутовий спектр плоских хвиль.	10
6	Розділ 2. Тема 2. Співвідношення Френеля-Фур'є. Сандвіч Френеля.	8
7	Розділ 2. Тема 3. Дифракція Фраунгофера на періодичних структурах.	10
8	Розділ 2. Тема 4. Фокусування гаусова пучка.	8
9	Розділ 2. Тема 5. Частотний аналіз оптичних систем.	10
10	Розділ 2. Тема 6. Просторова фільтрація й оптична обробка інформації.	10
	Разом	<b>96</b>

## 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

## 7. Методи контролю

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.

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 (60 балів).

## 8. 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				
4	4	4	4		4	4	4	4	4	4				
10				10	10						10	40	60	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 установлюється викладачом.

### 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 недобросовісність	
2	1-10	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	11-19	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв'язання задачі
4	20-30	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі допущено грубі помилки
5	31-40	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі не доведено до кінця
6	41-50	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	51-60	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка екзамена за 60-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.

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Литвиненко О.Н. Основы радиооптики. – Техника, 1974. – 208 с.
2. Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. – М.: Мир, 1970. – 364 с.
3. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 656 с.
4. Локшин Г.Р. Основы радиооптики. 2014, Москва, Интеллект, 344 с.

### Допоміжна література

1. Борн М., Вольф В. Основы оптики. – М.: Наука, 1973. – 719 с.
2. Стюард И.Г. Введение в фурье-оптику. – М.: Мир, 1985. – 182 с.
3. Зверев В.А. Радиооптика. – М.: Сов.радио, 1975. – 304 с.
4. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике. – М.: Мир, 1971. – 495 с.
5. Сороко Л.М. Основы голографии и когерентной оптики. – Физматлит, 1971. – 616 с.
6. Воронцов М.А., Корябин А.В., Шмальгаузен В.И. Управляемые оптические системы. – М.: Наука, 1988. – 272 с.

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

1. Энциклопедия лазерной техники и технологии  
<http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
2. Библиотека книг по лазерам <http://gen.lib.rus.ec/>