

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

**ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Перший проректор

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 р.

Програма навчальної дисципліни

**НЕЛІНІЙНА ОПТИКА**

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність (напрямок) 105 Прикладна фізика та наноматеріали

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2016 / 2017 навчальний рік

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

Протокол від “ 21 ” червня 2016 року № 6

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

Білошенко Костянтин Сергійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 21 ” червня 2016 року № 8

Завідувач кафедри квантової радіофізики

\_\_\_\_\_ проф. Маслов В.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Протокол від “ 16 ” червня 2016 року № 6

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

\_\_\_\_\_ (проф. Черногор Л. Ф.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Нелінійна оптика” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалавр (назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напрямку) 105 Прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації  
квантова радіофізика та фотоніка

### 1. Опис навчальної дисципліни

- 1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надати майбутнім спеціалістам з лазерної фізики необхідного мінімуму попередніх відомостей з особливостей впливу випромінювання лазерів на речовини у різних мікро- та макроскопічних станах
- 1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами параметрів лазерного випромінювання і речовин, що обумовлюють їх взаємодію.
- 1.3. Кількість кредитів – 5
- 1.4. Загальна кількість годин – 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
5-й
Семестр
9-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
10 год.
Лабораторні заняття
22
Самостійна робота
86 год.
Індивідуальні завдання

### 1.6. Заплановані результати навчання

**знати:** параметри лазерного випромінювання і речовини, обумовлюють їх взаємодію, стан атомів молекул у сильному світловому полі, нелінійні сприйнятливості прозорих середовищ, нелінійні оптичні явища за трьох та чотирьох хвильовою взаємодією, ефекти лазерного створення плазми  
**вміти:** вимірювати та аналізувати параметри лазерів, розраховувати характеристики їх випромінювання та характеристики перетворювачів їх частоти, проводити підготовку засобів лазерної техніки та лазерних мішеней до відповідних експериментів.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### Розділ 1. Характеристики лазерного випромінювання.

**Тема 1** Характеристики лазерного випромінювання та речовин у мікро- та макро-станах.

Монохроматичність, когерентність – просторова й часова, розбіжність пучків, тривалість імпульсів, інтенсивність. Дворівневі системи.

**Тема 2.** Поляризація та сприйнятливість прозорої речовини. Анізотропія та тензори сприйнятливостей.

Теорія Лоренца. Анггармонічний осцилятор. Поляризація під бігармонічному впливі випромінювання. Генерація комбінаційних частот.

**Тема 3.** Взаємодія хвиль у нелінійному середовищі. Метод вкорочення хвильового нелінійного рівняння.

Оптичні явища, що обумовлені квадратичною нелінійною сприйнятливістю. Правило Клейнмана, симетрія тензору.

### Розділ 2. Нелінійна сприйнятливість.

**Тема 1.** Зв'язок трьох хвиль у квадратичному середовищі, Фазовий синхронізм.

Дослід Франкена. Елементи оптики анізотропних кристалів, еліпсоїд показників заломлення, типи критслаів. Напрямки синхронізму.

**Тема 2.** Збудження другої та вищих гармонік. Практичні схеми.

Ефективність ГДГ, ГДГ в умовах виснаження накачки. Схеми з циліндричними лінзами. Внутрішньо резонаторна ГДГ.

**Тема 3.** Параметричні процеси. Нелінійно-оптичні матеріали. Лазерне руйнування діелектриків.

Параметричне підсилення та генерація. Сигнальна та холоста хвилі. Одно та дворезонаторні генератори. Схема параметричних генераторів з перестроюванням частоти шляхом зміни кутів синхронізму або температури кристалів. Нелінійно-оптичні матеріали для параметричних генераторів світла.

**Тема 4.** Чотирьох хвильова взаємодія. Процеси вимушеного розсіювання. Обернення хвильового фронту.

Процеси, що обумовлені кубічною нелінійною сприйнятливістю. Самофокусування світла. Вимушене комбінаційне розсіювання. Розсіювання на квазічастинках ( фононах, магнонах, плазмонах), закони збереження. Голографічні схеми обернення хвильового фону, схеми з використанням ВРМБ, практичні застосування.

### Розділ 3.Проектування оптичних приладів.

**Тема 1.** Основні засади проектування оптичних приладів.

Етапи проектування оптичних систем, позначення оптичних вузлів в кресленнях, оптична передаточна функція.

**Тема 2. . Рефрактометрія та аналіз речовин.**

Показник заломлення та рефракція, структура молекул, аналіз рідини, аналіз оптичних показників кристаллів

**Тема 3. Застосування поляризаційної оптики.**

Штучна анізотропія. Ефекти Поккельса, Керра, Фарадея. Хвильові пластинки. Поляризатори – Призмові, відбиваючі, пропускні, ґратчасті, плівкові. Модулятори, затвори, дефлектори. Рідкокристалічні екрани

**Розділ 3. Лазерні технології у виробництві****Тема 1. Лазерний факел над поверхнею металу.**

Нагрів поверхні металу без зміни фазового стану, плавлення та випаровування, іонізація пари. Лазерна емісія, методи дослідження, металографія, мас-спектроскопія, фотографування, зондова методика, інтерферометрія.

**Тема 2. Основи технології лазерного зварювання та різьби металів Термозміцнення сплавів.**

Зварювання пружин, термопар, у мікроелектроніці, прецизійне. Різьба із застосуванням допоміжних газів. Узагальнена функціональна схема лазерної технологічної установки. Технологічні лазери.

**Тема 3. Методи поверхневої лазерної обробки. Лазерна обробка неметалевих матеріалів.**

Свердлення та різьба неметалів: кераміка, каміння, алмази, текстиль, азбест, скло, резина, деревина та ін. Скрайбірування напівпровідників. Гравірування. Поверхневе очищення.

**Тема 4. Методи контролю просторово-енергетичних та часових характеристик лазерного випромінювання.**

Вимірювачі – теплові (калориметри), фотоелектричні, пондеромоторні. Спектральні вимірювання – інтерференційні та гетеродинні методи. Часові вимірювання – вивчення форми та тривалості імпульсів за допомогою фотоприймачів, швидкісних осцилографів, електронно-оптичних перетворювачів.

**Розділ 4.Взаємодія лазерного випромінювання з речовиною.****Тема 1. Дворівнева система у сильному резонансному полі.**

Багато фотонне збудження. Зсув атомних рівнів.

**Тема 2. Селективний вплив світла на атоми та молекули.**

Рідбергівські стани, багато фотонна іонізація, нестационарні ефекти.

**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. . Інтерференції та дифракції світла..</b>						
Тема1.Характеристики лазерного випромінювання та речовин у мікро- та макро- станах.	11	2	1	2		6
Тема 2. Поляризація та сприйнятливність прозорі	13	2	1	2		8

речовини.						
Тема 3. Взаємодія хвиль у нелінійному середовищі.	14	2	2	2		8
Разом за розділом 1	<b>38</b>	6	4	<b>6</b>		22
<b>Розділ 2 Основи технології лазерного зварювання та різьби металів Термозміцнення сплавів.</b>						
Тема 1. Зв'язок трьох хвиль у квадратичному середовищі.	10	2	1	2		5
Тема 2. Збудження другої та вищих гармонік.	17	4	1	2		10
Тема 3. Параметричні процеси.	13	4		2		7
Тема 4. Чотирьоххвильова взаємодія.	12	4		2		6
Разом за розділом 2	52	14	2	<b>8</b>		28
<b>Розділ 3. Проектування оптичних приладів.</b>						
Тема 1. Лазерний факел над поверхнею металу.	10	2		1		7
Тема 2. Основи технології лазерного зварювання та різьби металів.	10	2	2	2		4
Тема 3. Методи поверхневої лазерної обробки.	11	2		2		7
Тема 4. Методи контролю просторово-енергетичних та часових характеристик лазерного випромінювання	13	2	1	2		8
Разом за розділом 3	44	8	3	7		26
<b>Розділ 4. Методи контролю просторово-енергетичних та часових характеристик лазерного випромінювання.</b>						
Тема 1. Дворівнева система у сильному резонансному полі.	3	2	1			<b>5</b>
Тема 2. Селективний вплив світла на атоми та молекули.	3	2		1		<b>5</b>
Разом за розділом 4	6	4	1	1		<b>10</b>
<b>Усього годин</b>	<b>140</b>	32	10	1		<b>86</b>

#### 4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Числові показники параметрів лазерного випромінювання.	1
2	Рівняння руху гармонічного та ангармонічного осциляторів.	2
3	Тензор квадратичної сприйнятливості – симетризація.	1
4	Типи синхронізмів – розрахунки кутів.	1
5	Ефективність генерації другої гармоніки – кількісні рішення. Внутрішньо-резонаторна ГАГ.	1
6	Перетворення частоти параметричного генератора світла.	1
7	Практичні схеми лазерного технологічного устаткування.	1
8	Конструкції теплових, фотоелектричних та пондеромоторних вимірників.	1
9	Тиск світла на атом у резонансному полі. Прискорення атомів та молекул	1
	Разом	<b>10</b>

#### 5. Завдання для самостійної роботи

1	Вивчення конспекту лекцій.	9
2	Підготовка до практичних занять.	10
3	Виконання ІНДЗ.	10
4	Підготовка до лабораторних занять. Вивчення додаткових тем за літературними джерелами.	11
5	Становлення лазерної фізики. Оптична анізотропія. Нелінійно-оптичні середовища.	9
6	Коллективні рухи у середовищі, що викликані завдяки кубічній нелінійній сприйнятливості	11
7	Лазерні методи обробки металевих та інших матеріалів.	10
8	Речовина у надпотужному лазерному полі.	16
Усього годин		86

## 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання складаються з 10 домашніх завдань, які містять задачі для глибшого засвоєння лекційного матеріалу.

## 7. Методи контролю

Засвоєння матеріалу по дисципліні забезпечується циклом лекцій, розв'язанням задач на практичних заняттях, а також самостійною роботою.

## 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота												Екз.	сума
Розділ 1				Розділ 2				Розділ 3					
T1	T2	T3	К Р	T1	T 2	T 3	К Р	T1	T2	T 3	К Р		
4	4	4	8	4	4	4	8	4	4	4	8		
												40	100

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Штыков В.В. Квантовая радиофизика: учебн. Пос. – М.: «Академия», 2009.-336 с.
2. В.І. Григору, П.А. Коротков, А.І. Хижняк Лазерна фізика. К.: «МП Леся», 1999. – 528 с.
3. Звело О. Принципы лазеров. СПб.:»Лань», 2008. – 720 с. – уч. пос.
4. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: - М.: Наука, 1989. – 280 с.
5. Ярив А. Квантовая электроника. М.: Высш. Шк., 1983. – 398 с.
6. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.: Наука, 1989. – 560 с.
7. Рэди Дж. Действие мощного лазерного излучения. – М.: Мир, 1974.- 470 с.

### Допоміжна література

8. Айхлер Ю., Айхлер Г.И. Лазеры, исполнение, управление, применение. – М.: Техносфера, 2008. – 440 с.
9. Малишев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники: Уч. пос. – М.: Высш. Шк., 2005. – 543 с.
10. Дудки В.И., Пахомов Л.Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение: Уч. пос. – М.: Техносфера, 2006. – 432 с.
11. Лютер – Дэвис Б. и др.. Вещество в сверхсильном лазерном поле. Квант. Электр., 1992, т. 19, №4, С.317-360.
12. Кокрктеев Н.И., Шумай И.Л. Фізика мощного лазерного излучения. – М.:Наука, 1991. -312 с.



13. Зельдович Б.Я., Пилинецкий Н.Ф., Шкунов В.В. Обращение волнового фронта. – М.: Наука 1985. – 240 с.
14. Сущинский М.М. Вынужденное рассеяние света. – М.: Наука, 1985. – 176 с.
15. Жевандоров Н.Д. Анизотропия и оптика. – М.: Наука, 1974. – 168 с.
16. Лазерная техника технология: В 7 кн./Под ред.. А.Г. Григорьянца. – М.: Высш. шк., 1987. – 1500 с.

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

1,Edx.org

2,Courser.org