

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

**ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Перший проректор

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 р.

Програма навчальної дисципліни

**ЛАЗЕРНІ РЕЗОНАТОРИ**

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали  
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_ квантова радіофізика та фотоніка  
(шифр, назва спеціалізації)

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)

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

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 “**Лазерні резонатори**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

магістр  
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації  
квантова радіофізика та фотоніка

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є забезпечення відповідним сучасним вимогам знань студентів про процеси формування когерентного випромінювання в лазерних резонаторах і методи їхнього аналізу; вивчення факторів, що визначають просторову структуру лазерного випромінювання.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є дати рекомендації що до вибору типу і параметрів резонаторів; розглянуті різні методи впливу на характеристики випромінювання шляхом видозміни резонаторів і внесення в них додаткових елементів.

1.3. Кількість кредитів – 6

1.4. Загальна кількість годин – 180

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

1.6. Заплановані результати навчання  
: знати: типи, характеристики і методи розрахунку основних видів лазерних резонаторів;

вміти: здійснювати вибір, розрахунки параметрів і характеристик лазерних резонаторів.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ПОЛЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ В ВІДКРИТИХ РЕЗОНАТОРАХ

#### Тема 1. Відкриті резонатори. Початок теорії.

Спонтанне і змушене випромінювання, поглинання. Принцип роботи лазера. Умова забезпечення генерації в лазері. Резонансні частоти відкритого резонатора. Неможливість використання об'ємних резонаторів в оптичному діапазоні. Перехід від об'ємного резонатора до відкритого. Основні відмінності відкритого резонатора від об'ємного. Частоти плоскопараллельного відкритого резонатора. Поперечні й поздовжні моди відкритих резонаторів, їхня графіка. Добротність і види втрат відкритого резонатора. Дифракційні втрати. Число Френеля. Основні параметри і види відкритих резонаторів.

#### Тема 2. Геометрооптичний підхід до вивчення відкритих резонаторів.

Умова стійкості для лінзового хвилеводу. Стійкі і нестійкі відкриті резонатори; діаграма стійкості. Матриця передачі луча у вільному просторі. Закон ABCD. Матриці перетворення луча в лінзі, на ділянці вільне простір - лінза. Матриця перетворення луча при відбитті від дзеркала. Матриця передачі луча для подвійного проходу резонатора.

#### Тема 3. Хвильовий підхід до вивчення відкритих резонаторів.

Дифракційний інтеграл Гюйгенса-Френеля. Інтегральне рівняння Фокса-Ли. Власні моди і власні значення. Відкритий резонатор зі сферичними дзеркалами. Частотний спектр резонатора. Конфокальний резонатор. Частотний спектр резонатора. Еквівалентні резонатори. Відкритий резонатор, еквівалентний резонатору із внутрішньою лінзою. Відкритий резонатор з діафрагмою.

### РОЗДІЛ 2. ГАУСОВИ ПУЧКИ. НЕСТІЙКИ І ХВИЛЕВІДНИ РЕЗОНАТОРИ

#### Тема 1. Гаусови пучки у вільному просторі і у резонаторі.

Просторова форма гаусова пучка. Поширення гаусова пучка у вільному просторі. Радіус кривизни поверхні постійної фази гаусова пучка. Основні співвідношення для параметрів гаусових пучків, комплексні параметри гаусова пучка. Гаусов пучок як рішення параболічного рівняння. Узагальнення параболічного рівняння на моди високих порядків. Перетворення гаусова пучка у вільному просторі. Лінза як фазовий коректор. Перетворення гаусова пучка в лінзі. Перетворення гаусова пучка в лінзовій системі. Закон ABCD для світлових променів і гаусових пучків. Самовідтворення гаусова пучка при відбитті від сферичного дзеркала. Гаусов пучок у резонаторі (більші апертури дзеркал). Симетричний резонатор. Гаусов пучок у резонаторі (більші апертури дзеркал). Несиметричний резонатор. Гаусов пучок у резонаторі (кінцева апертура дзеркал). Область існування "гаусових" резонаторів.

#### Тема 2. Нестійки резонатори.

Гомоцентричність пучка, виведеного з нестійкого резонатора. Втрати в нестійкому резонаторі по геометрооптичній теорії. Застосування закону ABCD до нестійких резонаторів. Переваги нестійких резонаторів.

#### Тема 3. Хвильовідні резонатори.

Порожнистий плоский діелектричний шар (геометрооптичний підхід). Порожнистий діелектричний хвильовід круглого поперечного переріза (строгий хвильовий підхід Стреттона). Наближення Маркатили-Шмельтцера. Типи коливань порожнистого діелектричного хвилеводу. Види порожніх круглих і прямокутних хвилеводів. Порожнистий металодіелектричний хвильовід прямокутного поперечного переріза. Класи мод хвильовідного резонатора. Ітераційний і матричний підходи до розрахунку характеристик хвильовідного резонатора. Втрати на узгодження хвилеводу із дзеркалом у хвильовідному резонаторі.

#### Тема 4. Принципи кутової і частотної селекції мод.

Різні типи кутової і частотної селекції. Застосування ширококугових поглинаючих фільтрів і дисперсійних елементів. Загальні зауваження про селекцію подовжніх мод. Резонатори з анізотропними елементами. Нелінійно-оптичний метод частотної селекції.

#### 4. 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. Формування поля випромінювання в відкритих резонаторах.</b>						
Тема 1. Відкриті резонатори. Початок теорії..	15	4	4			10
Тема 2. Геометрооптический підхід до вивчення відкритих резонаторів.	20	6	4			14
Тема 3. Хвильовий підхід до вивчення відкритих резонаторів.	20	6	4			14
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>55</b>	<b>16</b>	<b>12</b>			<b>38</b>
<b>Розділ 2. Гаусови пучки. Нестійки і хвилевідні резонатори.</b>						
Тема 1. Гаусови пучки у вільному просторі і у резонаторі.	30	4	6			20
Тема 2. Нестійки резонатори.	17	4	4			14
Тема 3. Хвилевідні резонатори.	29	4	6			20
Тема 4. Принципи кутової і частотної селекції мод.	19	4	4			14
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>95</b>	<b>16</b>	<b>20</b>			<b>68</b>
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			<b>116</b>

#### 5. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Геометрична оптика лазерних резонаторів у параксіальному наближенні.	2
2	Методи рішення інтегрального рівняння в теорії резонаторів.	2
3	Електричне і магнітне поле гаусова пучка	2
4	Перетворення гаусова пучка в квадратичному середовищі.	2
5	Матричний метод розрахунку лазерних резонаторів	2
6	Лазер з нестійким резонатором телескопічного типу. Облік дифракції на краї дзеркала.	2
7	Порожнистий металодіелектричний хвилевід прямокутного	2

	поперечного переріза.	
8	Інтерференційні методи селекції.	2
	Разом	<b>32</b>

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Випромінювання в резонаторе.	12
2	Побудова хвильового поля по променевій картині.	10
3	Чисельні методи в задачах дифракційної оптики лазерів.	16
4	Гаусови пучки – рішення рівнянь Максвелла	14
5	Гаусов пучок із двома системами головних осей	10
6	Стан поляризації мод лазерного резонатора. Метод Джонса	12
7	Нестійки резонатори с гаусовими дзеркалами.	10
8	Деякі застосування хвилевідних лазерів.	16
9	Задачі керування параметрами лазерного випромінювання.	16
	Разом	<b>116</b>

### 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

### 8. Методи контролю

По кожному розділу проводиться письмова контрольна робота, яка оцінюється в відповідних балах.

### 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота								Разом	Екз.	Сума	
Розділ 1			Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Розділ 2				Контрольна робота, передбачена навчальним планом	60	40	100
T1	T2	T3		T1	T2	T3	T4				
5	5	10		10	10	10	10				
5			15	10				30			

### 9. Рекомендована література

#### Основна література

1. Тарасов Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. – М.: Радио и связь, 1981. – 440 с.

2. Ананьев Ю.А.. Оптические резонаторы и лазерные пучки. – М.: Наука. Физ-матлит, 1990. – 264 с.
3. Быков В.П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. – М.: Физматлит, 2003. –320 с.
4. Очкин В.Н. Волноводные газовые лазеры. – М: Знание, 1988. – 64 с.

### **Допоміжна література**

1. Ищенко Е.Ф. Открытые оптические резонаторы: Некоторые вопросы теории и расчета. – М.: Радио и связь, 1980. – 208 с.
2. Ю.А.Ананьев. Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения. – М.: Наука. Физматлит, 1979. – 328 с.
3. Балашин Ю.А., Крылов К.И., Шарлай С.Ф. Применение ЭВМ при разработке лазеров. – Л.: Машиностроение, 1989. – 236 с.
4. Мэйтлэнд А., Данн М. Введение в физику лазеров. – М.:Наука, 1978. – 408 с.
5. Хакен Г. Лазерная светодинамика. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
6. Елкин Н.Н., Напартович А.П. Прикладная оптика лазеров. – М.: ЦНИИатоминформ, 1989. – 183 с.
7. 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/>