

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

“ _____ ” _____ 20__ р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Фізика лазерів

(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

2017 / 2018 навчальний рік

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

Протокол від “ 21 ” червня 2017 року № 8

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

Погребняк М. Л., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової радіофізики.

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 21 ” червня 2017 року № 10

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 “ ” червня 2017 року №

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

_____ (проф. Черногор Л. Ф.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ Фізика лазерів ” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

магістрів

(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. Мета викладання навчальної дисципліни: надання можливості майбутнім радіофізикам, що збираються працювати в галузі досліджень і застосувань лазерів чи лазерного випромінювання, отримати знання про принципи дії, особливості конструкцій, потенційні можливості та застосування лазерів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни: Знати: теоретичні основи фізики лазерів, фізичні принципи роботи лазерів, ознайомитись з застосуваннями лазерів.

1.3. Кількість кредитів - 5

1.4. Загальна кількість годин – 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна / за вибором нормативна
Денна форма навчання Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
2017-й
Семестр
1-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
16 год.
Лабораторні заняття
16 год.
Самостійна робота
86 год.
Індивідуальні завдання
–

1.6. Заплановані результати навчання

Уміти розрахувати вихідні параметри лазерів, використовуючи швидкісні рівняння; виконувати юстировку резонаторів різних типів лазерів; працювати з науковою літературою.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Фізичні принципи роботи лазерів.

Тема 1. Вступ.

Світоглядіві та гносеологічні аспекти курсу. Визначення квантової електроніки. Історія розвитку лазерів. Принципи роботи лазера. Властивості лазерного випромінювання. Коефіцієнти Ейнштейна.

Тема 2. Відкриті резонатори.

Призначення резонатора. Резонатор Фабрі-Перо. Наближена теорія відкритих резонаторів. Хвильова теорія відкритих резонаторів. Добротність резонатора. Резонатори з плоскими дзеркалами. Конфокальні резонатори. Неконфокальні резонатори. Резонатори з довільними дзеркалами. Стійкість резонаторів. Селекція коливань в резонаторах.

Тема 3. Процеси накачування.

Оптичне накачування. Електричне накачування. Види передачі енергії збудження при зіткненнях. Хімічне накачування.

Тема 4. Режими роботи лазерів.

Швидкісні рівняння. Трьохрівневий лазер. Чотирьохрівневий лазер. Лазер безперервного режиму роботи. Оптимальний зв'язок на виході лазера. Нестационарний режим. Нерегулярний характер спектра генерації. Одномодовий і багатомодовий режими генерації.

Розділ 2. Лазери. Виконання, керування, застосування.

Тема 5. Твердотільні лазери на іонних кристалах та склі.

Рубіновий та неодимовий лазери. Рівні енергії іона хрому в корунді. Рівні енергії іона неодиму. Лазерне скло. Порівняльна характеристика лазерів на іонних кристалах та склі. Вимоги до активного середовища лазерів на іонних кристалах та склі.

Тема 6. Напівпровідникові лазери.

Енергетичні стани в напівпровідниках. Накачування напівпровідникових лазерів. Лазер на гомопереході. Лазер на подвійному гетеропереході.

Тема 7. Лазери на барвниках.

Фотофізичні властивості органічних барвників. Умови генерації лазерів на барвниках. Параметри лазерів на барвниках. Перестроювання частоти.

Тема 8. Газові лазери на нейтральних атомах.

He-Ne лазер. Схема енергетичних рівнів. Особливості конструкції. Оптимізація параметрів розряду.

Тема 9. Іонні лазери.

Аргоновий лазер. Лазери на парах металів. Гелій-кадмієвий лазер. Гелій-селеновий лазер.

Тема 10. Молекулярні лазери.

CO₂-лазери. Коливальні спектри молекул. Механізм інверсії. Роль азоту та гелію. Відпаяні лазери. Лазери з уздовжним накачуванням. Лазери з поперечним збудженням. Азотний лазер. Водневий лазер.

Тема 11. Газодинамічні лазери.

Спосіб створення інверсії. Принцип дії. Вихідні характеристики газодинамічного CO₂-лазера.

Тема 12. Застосування лазерів в науці та техніці і тенденції їх розвитку.

Тенденції розвитку. Нові довжини хвиль. Методи нелінійної оптики, генерація гармонік. Лазери для отримання коротких імпульсів, методи стискання лазерних імпульсів. Застосування в науці, техніці, медицині.

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. Фізичні принципи роботи лазерів.						
Тема 1. Вступ. Світоглядів та гносеологічні аспекти курсу. Визначення квантової електроніки. Історія розвитку лазерів. Принципи роботи лазера. Властивості лазерного випромінювання. Коефіцієнти Ейнштейна.	4	2				2
Тема 2. Відкриті резонатори. Призначення резонатора. Резонатор Фабрі-Перо. Наближена теорія відкритих резонаторів. Хвильова теорія відкритих резонаторів. Добротність резонатора. Резонатори з плоскими дзеркалами. Конфокальні резонатори. Неконфокальні резонатори. Резонатори з довільними дзеркалами. Стійкість резонаторів. Селекція коливань в резонаторах.	15	4		4		7
Тема 3. Процеси накачування. Оптичне накачування. Електричне накачування. Види передачі енергії збудження при зіткненнях. Хімічне накачування.	7	2				5
Тема 4. Режими роботи лазерів. Швидкісні рівняння. Трьохрівневий лазер. Чотирьохрівневий лазер. Лазер безперервного режиму роботи. Оптимальний зв'язок на виході лазера. Нестационарний режим. Нерегулярний характер спектра генерації. Одномодовий і багатомодовий режими генерації.	14	4				10
<i>Разом за розділом 1</i>	40	12		4		24
Розділ 2. Лазери. Виконання, керування, застосування.						
Тема 5. Твердотільні лазери на іонних кристалах та склі. Рубіновий та неодимовий лазери. Рівні енергії іона хрому в корунді. Рівні енергії іона неодиму. Лазерне скло. Порівняльна характеристика лазерів на іонних кристалах та склі. Вимоги до активного середовища лазерів на іонних кристалах та склі.	14	2	4			8
Тема 6. Напівпровідникові лазери. Енергетичні стани в напівпровідниках. Накачування напівпровідникових лазерів. Лазер на гомопереході. Лазер на подвійному гетеропереході.	12	2	2			8
Тема 7. Лазери на барвниках. Фотофізичні властивості органічних барвників. Умови генерації лазерів на барвниках. Параметри лазерів на барвниках. Перестроювання частоти.	14	2		4		8

Тема 8. Газові лазери на нейтральних атомах. He-Ne лазер. Схема енергетичних рівнів. Особливості конструкції. Оптимізація параметрів розряду.	8	2				6
Тема 9. Іонні лазери. Аргоновий лазер. Лазери на парах металів. Гелій-кадмієвий лазер. Гелій-селеновий лазер.	14	2		4		8
Тема 10. Молекулярні лазери. CO ₂ -лазери. Коливальні спектри молекул. Механізм інверсії. Роль азоту та гелію. Відпаяні лазери. Лазери з повздовжнім накачуванням. Лазери з поперечним збудженням. Азотний лазер. Водневий лазер.	22	4	4	4		10
Тема 11. Газодинамічні лазери. Спосіб створення інверсії. Принцип дії. Вихідні характеристики газодинамічного CO ₂ -лазера.	10	2	4			4
Тема 12. Застосування лазерів в науці та техніці і тенденції їх розвитку. Тенденції розвитку. Нові довжини хвиль. Методи нелінійної оптики, генерація гармонік. Лазери для отримання коротких імпульсів, методи стискання лазерних імпульсів. Застосування в науці, техніці, медицині.	16	4	2			10
<i>Разом за розділом 2</i>	110	20	16	12		62
Всього	150	32	16	16		86

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Методи модуляції добротності резонатора, синхронізації повздовжніх мод.	2
2.	ККД, потужність, діапазон довжин хвиль, перестройка та застосування напівпровідникових лазерів.	1
3.	Особливості конструкції CO ₂ - лазера Перестройка CO ₂ -лазера по частоті.	1
4.	Характеристики й області застосування ексимерних лазерів.	1
5.	Конструкція газодинамічного лазера.	1
6.	Застосування лазерів в медицині, науці, техніці. Тенденції розвитку.	2
7.	Розрахунок параметрів лазерів на рубіні і неодимі.	1
8.	Особливості конструкції азотного лазера. Можливості перебудови по частоті	1
9.	Особливості лазерів на розчинах фарбників	1
10.	Волоконні лазери.	1
11.	Лазери на вільних електронах. Рентгенівський лазер.	1
12.	Стабілізація частоти генерації лазерів	1
13.	Ефекти затягування частот, «вигоряння дірок»	1
14.	Вимірювання робочих параметрів лазерів.	1
	Разом	16

4.2. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи юстировки відкритих резонаторів лазерів.	4
2	Генераційні властивості барвників при накачуванні N ₂ -лазером.	4
3	Дослідження стаціонарного аргонного лазера.	4
4	Дослідження імпульсно-періодичного CO ₂ -лазера.	4
	Разом	16

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Когерентність індукованого випромінювання.	2
2	Відкриті резонатори. Розбіжність. Стійкість резонаторів. Синхронізація мод. Провал Лемба.	7
3	Процеси накачування. Іонізація Пеннінга. Іонізація з перезарядженням. Резонансна передача енергії.	5
4	Режими роботи лазерів. Одержання і вимірювання параметрів надкоротких лазерних імпульсів	10
5	Твердотільні лазери на іонних кристалах та склі. Nd ³⁺ :YAG-лазер. Властивості іона неодиму. Просторові, часові і спектральні характеристики випромінювання. Порівняння характеристик лазерів на склі та гранаті з неодимом.	8
6	Напівпровідникові лазери. Конструкції лазерів, можливість перестроювання частоти, тенденції розвитку, застосування. Застосування для накачування лазерів на твердому тілі, волоконних лазерів.	8
7	Цикл оптичного накачування. Перестройка частоти випромінювання. Волоконні лазери, їх застосування.	8
8	Газові лазери на нейтральних атомах. Розрахунок параметрів He-Ne лазера.	6
9	Іонні лазери. Двоступінчасте збудження. Катафорез. Особливості конструкції розрядної трубки. Роль магнітного поля.	8

10	Молекулярні лазери. Молекулярні лазери субміліметрового діапазону	10
11	Газодинамічні лазери. Робоче середовище лазера.	4
12	Застосування лазерів в науці, техніці та тенденції їх розвитку. Лазерна спектроскопія, нелінійна лазерна спектроскопія. Лазерне розділення ізотопів. Застосування в медицині	10
Разом		86

6. Індивідуальні завдання

7. Методи контролю

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота													Екзамен	Сума		
Розділ 1				Розділ 2								Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Лабораторні роботи	Разом		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12					
4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	10	10	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

- Звелто О. Фізика лазерів/Пер. под науч. ред. Т.А. Шмаонова. 4-е изд.-СПб.: Издательство «Лань», 2008. - 720 с: ил. - (Учебные пособия для вузов. Специальная литература).
- Григорук В.І., Коротков П.А., Хижняк А.І. Лазерна фізика. 2-е вид. К.: «МП Леся», 1999.- 528с.

3. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. 2-е изд. - М.: Наука. 1988.-336с.

Допоміжна література

1. Звелто О. Принципы лазеров.- М.: Мир-1990.-560с.
2. Ю. Айхлер, Г.-И. Айхлер. Лазеры. Исполнение, управление, применение. Москва: Техносфера, 2008.-440с.
3. Звелто О. Физика лазеров: Пер. с англ./Под ред. Т.А. Шмаонова. М.: Мир, 1979.-374с.
4. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. Учебное пособие. М.: Наука, 1983.-320с.
5. Дудкин В. И., Пахомов Л. Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение: Учеб. пособие. Москва: Техносфера, 2006.- 432с.
6. А.Ярив. Квантовая электроника: Пер.с англ./ Под ред. Я.И.Ханина. -М.:Сов.радио, 1980. - 388с.
7. Довгий Я.О. Оптические квантовые генераторы. - Специальный практикум. - Киев: Вища школа, 1977. - 230с.
8. Б.А.Майтленд, М.Данн. Введение в физику лазеров: Пер. с англ./ Под ред. С.И.Анисимова. - М. : Наука, 1978.
9. Кондиленко И. И., Коротков П.А. Хижняк А.И. Физика лазеров - Киев: Вища школа, 1984.-232с.
10. Ю.Страховский Г.М., Успенский А.В. Основы квантовой электроники: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1979. - 303с.
11. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. Пер. с польск./ Под ред. М.Ф. Бухенского. - М.: Мир, 1980. - 540с.
12. Григоруку В.І., Коротков П.А., Хижняк А.І. Лазерна фізика. - К.: «МП Леся», 1997.-480с.
13. Рябов С.Г. и др. Приборы квантовой электроники. Под ред. М.Ф. Стельмаха. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1985. - 280с.
14. Лосев С.А. Газодинамические лазеры. - М.: Наука, 1977. - 336с.
15. Газовые лазеры: Пер с англ./ Под ред. И. Мак-Даниеля и У. Нигэна. - М.:Мир, 1986.-552с.
16. Виттеман В. СО₂-лазер: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. - 360с.

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/>