

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної
роботи

« _____ » _____ 2017 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**МІКРОХВИЛЬОВА ТА ЛАЗЕРНА СПЕКТРОСКОПІЯ ВИСОКОЇ ТА
НАДВИСОКОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ**

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність _____ 8.04020402 Радіофізика і електроніка _____

спеціалізація _____ квантова радіофізика та фотоніка _____

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 № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Ілюшин Вадим Вадимович, д.ф.-м.н., професор

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 “ 16 ” червня 2017 року № 6

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

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

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Мікрохвильова та лазерна спектроскопія високої та надвисокої роздільної здатності” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

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

спеціальності 8.04020402 Радіофізика і електроніка

спеціалізації квантова радіофізика та фотоніка

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Дати студентам уявлення про сучасний стан та напрямки розвитку оптичної та мікрохвильової спектроскопії високої та надвисокої роздільної здатності.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Вивчення принципів різноманітних технік спектроскопії високої роздільної здатності.

1.3. Кількість кредитів

9

1.4. Загальна кількість годин

180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
<u>Нормативна</u> / за вибором
<u>Денна форма навчання</u> Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
3-й
Лекції
40 год.
Практичні, семінарські заняття
28 год.
Лабораторні заняття
28 год.
Самостійна робота
84 год.
Індивідуальні завдання
- год.

1.6. Заплановані результати навчання

Після опанування даного курсу студенти повинні :

Знати:

- методи мікрохвильової радіоспектроскопії /принцип дії /;

- граничні можливості по чутливості та роздільній здатності ;
- будову абсорбційних, автодинних та Фур'є - радіоспектрометрів;
- будову радіоспектрометрів з непрямим детектуванням резонансного поглинання;
- методи радіоспектроскопії підвищеної роздільної здатності;
- методи ЕПР та ЯМР – спектроскопії;
- методи оптичної спектроскопії / абсорбційної, флуоресцентної, оптико - гальванічної та оптико - акустичної/;
- методи спектроскопії подвійного резонансу;
- методи лазерної спектроскопії комбінаційного розсіювання;
- методи КАРС- спектроскопії.

Уміти:

- виконувати записи спектрів поглинання;
- ідентифікувати резонанси;
- оволодіти методикою вирішення прямої та зворотної задач спектроскопії;
- працювати з науковою літературою.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Молекулярна радіоспектроскопія.

Тема 1. Задачі молекулярної спектроскопії.

Основні параметри радіоспектрометра /діапазон робочих частот, чутливість, роздільна здатність, точність вимірювання резонансних частот/. Класифікація радіоспектрометрів /абсорбційні спектрометри, автодинні спектрометри, спектрометри з непрямим детектуванням поглинання, імпульсні спектрометри, Фур'є - спектрометри та КСІ-спектрометри/.

Тема 2. Обертальні спектри молекул.

Класифікація обертальних спектрів молекул. Інтенсивність обертальних переходів. Ефект Штарка. Ефект Зеемана.

Тема 3. Абсорбційні спектрометри.

Побудова типового приладу, відеоспектрометри, спектрометри з частотною модуляцією генератора, спектрометр зі штарківською модуляцією поглинання, вибір частоти модуляції, межа чутливості абсорбційного радіоспектрометра.

Тема 4. Спектрометри з непрямим детектуванням сигналу поглинання.

Спектрометр типу РАД. Спектрометр на базі оротрону. Спектроскопія з резонаторними поглинальними комірками.

Тема 5. Фур'є - радіоспектрометри.

Особливості конструкції Фур'є - радіоспектрометрів. Мікрохвильова Фур'є спектроскопія з внутрішньо імпульсною лінійною частотною модуляцією.

Тема 6. Методи радіоспектроскопії підвищеної роздільної здатності.

Фактори, що зумовлюють розширення спектральних ліній / природне розширення; розширення внаслідок зіткнення, ефект Допплера, пролітне розширення, ефект насичення/. Провал Лемба. Радіоспектроскопія молекулярних пучків /будова типового спектрометра, детектори молекулярних пучків.

Тема 7. Радіоспектроскопія ЕПР.

Принцип дії ЕПР спектроскопії. Типи ЕПР- спектрометрів.

Тема 8. ЯМР- спектроскопія.

Принцип дії ЯМР спектроскопії. Хімічний зсув. Типи ЯМР- спектрометрів.

Розділ 2. Лазерна спектроскопія

Тема 9. Лазер, як джерело випромінювання для цілей спектроскопії.

Лазери з перестройкою частоти для цілей спектроскопії. Переваги використання лазерного випромінювання для цілей спектроскопії. Методи стабілізації вихідної потужності лазерів

з перестроюванням частоти. Вимірювання частоти в оптичному діапазоні. Лазерні частотні гребінки.

Тема 10. Коливальні спектри молекул.

Класифікація коливальних спектрів молекул. Інтенсивності коливально-обертальних переходів. Поляризованість. ІЧ Фур'є спектроскопія.

Тема 11. Лазерна абсорбційна спектроскопія.

Принципи дії та структура побудови спектрометрів. Лазерна Штарк - спектроскопія. Лазерна Зеєман спектроскопія. Лазерна спектроскопія атомів в рідбергівських станах. Радіоспектроскопія атомів в рідбергівських станах.

Тема 12. Лазерна флуоресцентна спектроскопія.

Флуоресценція. Принципи лазерної флуоресцентної спектроскопії.

Тема 13. Лазерна опто-акустична та лазерна опто – гальванічна спектроскопії.

Принцип дії лазерної опто-акустичної спектроскопії. Принцип дії лазерної опто-гальванічної спектроскопії. Структури спектрометрів побудованих на цих принципах.

Тема 14. Спектроскопія подвійного резонансу.

Вірогідність поглинання двох квантів світла. Правила відбору при подвійному резонансі. Переваги спектроскопії подвійного резонансу.

Тема 15. Принципи нелінійної лазерної спектроскопії.

Лазерна спектроскопія вільна від доплерівського розширення ліній. Насичення переходів, дірки Беннета, провал Лемба. Ефект віддачі.

Тема 16. Лазерна спектроскопія комбінаційного розсіювання.

Раманівська спектроскопія комбінаційного розсіювання, спектроскопія когерентного антистоксового розсіювання світла (КАРС).

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. Молекулярна радіоспектроскопія.						
Тема 1. Задачі молекулярної спектроскопії.	13	2		11		
Тема 2. Обертальні спектри молекул.	38	3	7	13		15
Тема 3. Абсорбційні спектрометри.	17	3	3	4		7
Тема 4. Спектрометри з непрямим детектуванням сигналу поглинання.	5	2	3			
Тема 5. Фур'є - радіоспектрометри	12	3	2			7
Тема 6. Методи радіоспектроскопії підвищеної роздільної здатності.	8	3				5
Тема 7. Радіоспектроскопія ЕПР.	9	2				7
Тема 8. ЯМР- спектроскопія.	11	2	2			7
Разом за розділом 1	113	20	17	28		48
Розділ 2. Лазерна спектроскопія						
Тема 9. Лазер, як джерело випромінювання для цілей спектроскопії.	11	2	3			6
Тема 10. Коливальні спектри	11	3	2			6

молекул.					
Тема 11. Лазерна абсорбційна спектроскопія.	6	2			4
Тема 12. Лазерна флуоресцентна спектроскопія.	6	2			4
Тема 13. Лазерна опто-акустична та лазерна опто – гальванічна спектроскопії.	5	2			3
Тема 14. Спектроскопія подвійного резонансу.	9	3	3		3
Тема 15. Принципи нелінійної лазерної спектроскопії.	10	3	3		4
Тема 16. Лазерна спектроскопія комбінаційного розсіювання.	9	3			6
Разом за розділом2	67	20	11	0	36
<i>Усього годин</i>	180	40	28	28	84

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розширення обертальних спектральних ліній внаслідок різних механізмів.	2
2	Ефект Штарка.	2
3	Принципи ідентифікації обертальних спектрів.	6
4	Гранична чутливість абсорбційних радіоспектрометрів. Оптимальна довжина поглинальної комірки.	3
5	Резонаторна спектроскопія.	3
6	Резонатори Фабрі – Перо.	3
7	Фур'є спектрометри.	2
8	Ридбергівські стани атомів.	3
9	Ефект віддачі.	2
10	ЯМР-спектроскопія.	2
	Разом	28

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Абсорбційні спектрометри: будова типового приладу, відеоспектрометри, спектрометри з частотною модуляцією генератора.	2
2	Записи спектрів поглинання молекул CH_3CF_3 .	4
3	Ідентифікація переходів обертального спектра симетричної дзиги.	4
4	Обробка записів спектрів з метою знаходження резонансних частот.	4
5	Вирішення зворотної задачі спектроскопії.	7
6	Пряма задача спектроскопії. Індивідуальні розрахунки частот та інтенсивностей ліній поглинання.	7
	Разом	28

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Обертальні спектри молекул.	15
2	Абсорбційні спектрометри, будова типового приладу, відео спектрометри, спектрометри з частотною модуляцією генератора.	7
3	Фур'є - спектрометри. Особливості конструкції спектрометрів.	7
4	Методи радіоспектроскопії підвищеної роздільної здатності. Фактори, що зумовлюють розширення спектральних ліній /природне розширення; розширення внаслідок зіткнення; ефект Доплера; пролітне розширення; ефект насичення./.	5
5	Радіоспектроскопія ЕПР. Типи ЕПР- спектрометрів та їх чутливість. Методи підвищення чутливості ЕПР- спектрометрів.	7
6	ЯМР- спектроскопія. ЯМР- спектрометри безперервної та імпульсної дії. Можливості ЯМР-спектроскопії.	7
7	Колівальні спектри молекул.	6
8	Принципи роботи лазерів. Типи лазерів.	6
9	Лазерна флуоресцентна спектроскопія, оптико-акустична спектроскопія, оптико-гальванічна спектроскопія, абсорбційна спектроскопія.	11
10	Спектроскопія подвійного резонансу. Лазерна спектроскопія Ридбергівських станів атомів.	3
11	Принципи нелінійної лазерної спектроскопії /вільної від доплерівського розширення ліній/	4
12	Лазерна спектроскопія комбінаційного розсіювання./лінійна, нелінійна, КАРС- спектроскопія/	6
	Разом	84

6. Індивідуальні завдання

При виконанні лабораторних робіт студенти отримують завдання на індивідуальні розрахунки частот та інтенсивностей ліній поглинання.

7. Методи контролю

По кожному розділу проводиться контрольне опитування, яке оцінюється у відповідних балах. За лабораторною роботою подається письмовий звіт, який оцінюється у відповідних балах. При розв'язанні задач на практичних заняттях оцінюється робота студентів у дошки.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання								Звіт залаб. роб.	Разом	Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділ 1				Розділ 2							
T1	T2	T3	T4	T9	T10	T11	T12				
1	1	1	2	1	3	1	1				
T5	T6	T7	T8	T13	T14	T15	T16				

2	2	1	2	3	3	2	4	30	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

1. Ч.Таунс и А.Шавлов."Радиоспектроскопия", подред.Н.Ирисовой, ИИЛ, М.,1959г.
2. В Демтредер."Лазерная спектроскопия", М., Наука, 1985г
3. К.Бенуелл."Основы молекулярной спектроскопии", МИР, М.,1985г.
4. Gordy and Cook «Microwavemolecularspectra» JohnWiley&Sons, 1984
5. Hollas J.M. «Modern Spectroscopy» JohnWiley&Sons, 2004.

Допоміжна література

1. Ч.Пул. «Техника ЭПР-спектроскопии», М., МИР, 1981г.
2. «Лазерная спектроскопия атомов и молекул». Сб. статей под ред. В.С.Летохова. МИР., М., 1982г.
3. «Техника спектроскопии в дальней ИК, субмиллиметровой и миллиметровой областях спектра» Подред. Т.Лифшица, М.МИР., 1970г.
4. В.С.Летохов «Лазерная фото-ионизационная спектроскопия» .М.Наука, 1987г.
5. М.Стрендберг "Радиоспектроскопия". подред.Н.Ирисовой, ИИЛ,1955г.
6. Ф.Риле «Стандарты частоты, принципы и приложения», Физматлит 2009.
7. Long D.A. «The Raman effect» JohnWiley&Sons, 2002.