

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра \_\_\_\_\_

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Проректор з науково-педагогічної  
роботи

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Сучасна радіоспектроскопія**

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність (напрямок) \_\_\_\_\_ 6.040204 прикладна фізика \_\_\_\_\_

спеціалізація \_\_\_\_\_ 105 прикладна фізика та наноматеріали \_\_\_\_\_

факультет \_\_\_\_\_ радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем \_\_\_\_\_

2017 / 2018 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету (інституту, центру)

Протокол від “ 21 ” червня 2017 року № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
Алексеев Євгеній Анатолійович, д.ф.-м.н., професор, старший науковий співробітник

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)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасна радіоспектроскопія» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

другого (магістерського) рівню вищої освіти  
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напрямку) 6.040204 прикладна фізика

спеціалізації

105 прикладна фізика та наноматеріали

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Вивчення методів та засобів сучасної експериментальної радіоспектроскопії, методів вимірювання частот ліній обертальних спектрів молекул, методів дослідження форми спектральних ліній. Вивчення методів спектрального аналізу міжзоряного середовища. Вивчення методів обробки експериментальних реалізацій.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Вивчення методів та засобів сучасної експериментальної радіоспектроскопії

#### 1.3. Кількість кредитів 5

#### 1.4. Загальна кількість годин 150 (32л+16л+102с)

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

## 1.6. Заплановані результати навчання

Студенти повинні **знати** :

основні різновиди сучасних радіоспектрометрів, їх переваги та призначення; методи спектрального аналізу міжзоряного середовища, методи обробки експериментальних реалізацій.

Студенти повинні **вміти** :

проводити експериментальне вимірювання обертальних спектрів молекул, проводити обробку експериментальних записів обертальних спектрів молекул.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Експериментальні методи сучасної радіоспектроскопії*

#### *Тема 1. Класифікація радіоспектрометрів*

Застосування радіоспектроскопії. Міжзоряні молекули. Гіпотеза “Світу РНК”. Класифікація спектрометрів. Закон Ламберта-Бугера-Бера.

#### *Тема 2. Методи вимірювання частоти у мікрохвильовому діапазоні*

Методи вимірювання частоти в мікрохвильовому діапазоні. Радіоспектрометри з вимірюванням частоти за опорним спектром. Радіоспектрометр РАД. Радіоспектрометр FASSST. Радіоспектрометри з вимірюванням частоти за допомогою частотної мітки.

#### *Тема 3. Методи синтезу частоти*

Перетворення частоти з використанням нелінійних елементів. Множення частоти з використанням нелінійних елементів. Синтез частоти. Різновиди синтезаторів частоти. Некогерентний синтез частоти. Когерентний синтез частоти. Прямий аналоговий синтез частоти. Прямий цифровий синтез частоти. Непрямий синтез частоти. Синтезатори частоти з ФАПЧ. Синтезатор частоти з ФАПЧ з малим частотним кроком. Комбінований синтез частоти.

#### *Тема 2. Радіоспектрометри на основі синтезаторів частоти*

Радіоспектрометри з синтезом частоти. Методи покращення якості вихідного спектру синтезаторів прямого цифрового синтезу частоти. Радіоспектрометр РІНАНУ. Частотне модулювання та синхронне детектування в радіоспектрометрах. Інші радіоспектрометри на основі синтезаторів частоти.

### *Розділ 2. Методи обробки експериментальних записів спектрів*

#### *Тема 5. Лінійний метод найменших квадратів*

Математична обробка експериментальних реалізацій. Метод найменших квадратів. Метод максимальної правдоподібності як основа метода найменших квадратів. Поліноміальна апроксимація методом найменших квадратів. Особливості застосування метода найменших квадратів при обробці експериментальних реалізацій.

#### *Тема 6. Нелінійний метод найменших квадратів*

Види розширення спектральних ліній. Ефект Допплера. Червоне та синє зміщення. Реальна форма спектральних ліній. Нелінійний метод найменших квадратів як основа математичної обробки експериментальних реалізацій. Критерій найменших квадратів для нерівноточних вимірювань.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Експериментальні методи сучасної радіоспектроскопії</b>												
Тема 1. Класифікація радіоспектротрометрів	14	4		-		8						
Тема 2. Методи вимірювання частоти у мікрохвильовому діапазоні	22	6		-		14						
Тема 3. Методи синтезу частоти	30	6		4		20						
Тема 4. Радіоспектротрометри на основі синтезаторів частоти	28	4		6		20						
Разом за розділом 1	94	20		10		62						
<b>Розділ 2. Методи обробки експериментальних записів спектрів</b>												
Тема 5. Лінійний метод найменших квадратів	32	6		6		20						
Тема 6. Нелінійний метод найменших квадратів	24	6		-		20						
Разом за розділом 2	56	12		6		40						
<b>Усього годин</b>	150	32		16		102						

### 4. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Разом	

### Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Радіоспектрометр РІНАНУ	4
2	Експериментальне вимірювання молекулярного спектра за допомогою радіоспектрометра РІНАНУ	6
3	Обробка експериментальних записів спектрів	6
	Разом	16

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Класифікація радіоспектрометрів	8
2	Методи вимірювання частоти у мікрохвильовому діапазоні	14
3	Методи синтезу частоти	20
4	Радіоспектрометри на основі синтезаторів частоти	20
5	Лінійний метод найменших квадратів	20
6	Нелінійний метод найменших квадратів	20
	Разом	102

### 6. Індивідуальні завдання

Засвоєння матеріалу по дисципліні забезпечується циклом лекцій, проведенням практичних занять та лабораторних робіт.

### 7. Методи контролю

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

### 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання								Екзамен	Сума
Розділ 1				Розділ 2		Лабораторні роботи	Разом		
T1	T2	T3	T4	T5	T6				
7	8	8	7	8	7	15	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. Таунс Ч., Шавлов А. Радиоспектроскопия. – М.: Иностранная литература, 1959. – 736 с.
2. Бенуэлл К. Основы молекулярной спектроскопии. – М.: Мир, 1985. – 384 с.
3. Алексеев Е.А., Захаренко В.В. Синтезатор прямого цифрового синтеза в микроволновой спектроскопии // Радиофизика и радиоастрономия. – 2007. – т.12. - №2. – с. 205-213.
4. Алексеев Е.А., Мотиенко Р.А., Маргулес Л. Спектрометры миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов на основе синтезаторов прямого цифрового синтеза// Радиофизика и радиоастрономия. – 2011. – т.16. - №3. – с. 313-327.
5. Белов С. П., Демкин В. М., Пученкин В. И., Третьяков М. Ю. Субмиллиметровый газовый спектрометр РАД третьего поколения // Препр. / АН СССР. Ин-т прикладной физики; №201. – Горький: 1988. – 24с.
6. Манассевич В. Синтезаторы частот. Теория и проектирование. – М: Связь, 1979. – 382 с.
7. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н., Радиотелескопы и радиометры. – М.: Наука, 1973. – 415с.

### Допоміжна література

8. Макаренко В., Синтезаторы частоты прямого цифрового синтеза // Электронные компоненты и системы. – 2004. – №1. – с.3 – 7.
9. Макаренко В., Синтезаторы частоты прямого цифрового синтеза // Электронные компоненты и системы. – 2004. – №2. – с.13 – 18.
10. Клэппер Дж., Фрэнкл Дж.. Системы фазовой и частотной автоподстройки частоты. Пер. с англ. – М.: Энергия, 1977. – 440с.

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

11. Руководство по синтезаторам прямого цифрового синтеза  
<http://www.ieee.li/pdf/essay/dds.pdf>
12. Руководство по ФАПЧ <http://www.onsemi.com/pub/Collateral/AND8040-D.PDF>  
[http://www.freescale.com/files/rf\\_if/doc/app\\_note/AN535.pdf](http://www.freescale.com/files/rf_if/doc/app_note/AN535.pdf)