

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна
Кафедра фізики надвисоких частот

«Затверджую»

Проректор з навчальної роботи
Проф. Александров В.В..
« _____ » _____ 2012 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА
з навчальної дисципліни
«ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА НВЧ»
для спеціальності 7.070201 РАДІОФІЗИКА І ЕЛЕКТРОНІКА
напряму 0702 – прикладна фізика

укладач професор Шматько О.О..

Затверджено на засіданні кафедри
протокол № _____ від _____ 2012р.

2012

1. Розподіл навчального часу за темами

Теми	Кількість годин для очної форми навчання				Форма контролю
	У тому числі				
	Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота	
1. Вступ		1			
2. Основні явища в електроніці НВЧ		1			
3. Основи теорії електронних приладів		4		4	
4. Прилади з дискретною взаємодією. Клістриони.		4	8	6	залік
5. Лінії передачі та сповільнюючі періодичні системи		6	12	6	залік
6. Прилади з тривалою взаємодією		2			
7. Лампа біжучої хвилі (ЛБХ)		3	4	4	залік
8. Лампа зворотної хвилі (ЛЗХ)		3	4	4	залік
9. Генератор дифракційного випромінювання (ГДВ)		2	4	4	залік
10. Прилади з схрещеними статичними електричним та магнітним полями		2		4	
11. Рух електронів в зустрічних статичних електричних та магнітних полях		2			
12. Магетрон.		4	4	4	залік
13. Релятивістська електроніка. ЛСЕ МЦР та інші сучасні прилади.		2			
ВСЬОГО:	108	36	36	36	екзам ен

2. Зміст лекцій, практичних, семінарських, лабораторних занять.

Тема по програмі навчальної дисципліни	Тема та план лекції	Кількість годин	Тема практичного, семінарського або лабораторного заняття	Кількість годин
1. Вступ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Загальні відомості про діапазони частот. 2. Історія розвитку електронних приладів. 3. Ефект черенковського випромінювання, перехідне та дифракційне випромінювання. 	1		
2. Основні явища в електроніці НВЧ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Інерція електронів. Модуляція та групівка електронів у згустки. Статичне та динамічне керування електронним потоком. Часовий та просторовий синхронізм. 2. Просторово-часова діаграма. 3. Закон збереження заряду. 	1		
3. Основи теорії електронних приладів	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рівняння Максвела, рівняння руху, рівняння неперервності. Самоузгоджена система нелінійних рівнянь взаємодії. 2. Концепція крапкових електронів. Гідродинамічне наближення. Кінетичне описання електронно-хвильової взаємодії. 3. Метод заданого струму. Метод заданого поля. Слабкосигнальне наближення. 4. Вихрові та потенціальні поля. Просторовий заряд. 5. Отримання рівняння для високочастотного 	4		

	струму електронів. 6. Рівняння збудження хвиль.			
4. Прилади з дискретною взаємодією. Пролітний клістрон, помножуючий клістрон, відбиваючий клістрон	<ol style="list-style-type: none"> 1. Клістроны. Історія розвитку. Генерація та підсилення НЧВ коливань. 2. Принципи дії прольотного, відбиваючого та помножувального клістронов. 3. Кут прольоту електронів, групівка електронів в прольотному та відбиваючому клістролах. 4. Основні типи резонаторів та види коливань. 5. Модуляція швидкостей електронів, які рухаються в НВЧ полі. 6. Конвекційний струм прольотного та відбиваючого клістронов. 7. Часові гармоніки струму та їх амплітуди. Функції Бесея. 8. Самозбудження коливань .Зони генерації у відбиваючому клістроноі. 9. Потужність, ККД, частота генерації, електронна перебудова частоти та її крутість. 	4	<p>Лабораторні роботи:</p> <p>1.Відбиваючий клістрон. Знаходження вихідних характеристик. Зони генерації та частотні характеристики</p> <p>2.Навантажувальні характеристики відбиваючого клістроноу.</p>	8
5. Лінії передачі та сповільнюючі періодичні системи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Лінії передачі хвиль. Прямокутній та циліндричний хвилеводи. Основні типи хвиль та одержання основних виразів для полів та власніх чисел. 2. Рівняння Гельмгольца та його рішення на власні числа та власні функції для хвилеводів, які застосовуються в електроніці НВЧ. 	6	<p>Лабораторні роботи:</p> <p>1.Прямокутний хвилевод та прямокутний резонатор.</p> <p>2.Власні та наванжені добротності неоднорідностей</p>	12

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Сповільнюючі системи. Теорема Флоке та її слідство. 4. Просторові гармоніки поля. Основні параметри просторових гармонік. Поняття фазової та групової швидкостей. 5. Поняття дисперсії. Формула Релея. Класифікація дисперсії. 6. Метод чотириполюсників для знаходження коефіцієнтів відбиття та проходження хвиль в лініях передачі. 7. Спіральна сповільнююча система. Розв'язок рівняння Гельмгольца. 8. Розв'язок рівняння Гельмгольца для хвилевода з ґраткою. Одномодове наближення. Аналітичний розв'язок системи алгебраїчних рівнянь. 9. Дисперсійне співвідношення. Полоси пропускання та запирання. Аналіз дисперсійного рівняння. 		<p>хвилеводах.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Типи коливань циліндричного резонатора. 4. Невзаємні пристрої НВЧ. 5. Дисперсійні властивості гребінчастої періодичної структури. 	
<p>6. Прилади з тривалою взаємодією О-типу</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основи роботи приладів з тривалою взаємодією. 2. Основні елементи вводу та виводу СВЧ енергії. 3. Генератори та підсилювачі НВЧ діапазону. Лампа біжучої хвилі. Лампа зворотної хвилі. Генератор дифракційного випромінювання-оротрон, ладертрон. 	<p>2</p>		
<p>7. Лампа біжучої хвилі (ЛБХ)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ЛБХ-підсилювач. Принцип дії. 2. Основні рівняння в лінійному наближенні. 	<p>3</p>	<p>Лабораторна робота:</p>	<p>4</p>

	<p>Коефіцієнт підсилення.</p> <p>3. Інтегральне рівняння для амплітуди хвилі, яка підсилюється.</p> <p>4. Потужність, ККД. Вихідні характеристики та їх аналіз. Електронна настройка частоти.</p>		<p>Лампа біжучої хвилі. Коефіцієнт підсилення та дисперсійні характеристики.</p>	
8. Лампа зворотної хвилі (ЛЗХ)	<p>1. ЛЗХ-генератор. Принцип дії.</p> <p>2. Основні рівняння взаємодії. Вираз для потужності коливань. Стартовий струм.</p> <p>3. Вихідні характеристики та їх аналіз.</p>	3	<p>Лабораторна робота:</p> <p>Вихідні характеристики лампи зворотної хвилі.</p>	4
9. Генератор дифракційного випромінювання	<p>1. Ефект Сміта-Парсела. Модель блимаючого диполя.</p> <p>2. Генератор дифракційного випромінювання. Принцип дії.</p> <p>3. Основні вихідні характеристики.</p>	2	<p>Лабораторні роботи:</p> <p>1. Ефект дифракційного випромінювання-холодне моделювання.</p> <p>2. Вимір амплітудного розподілу поля в ОР методом малого збуреного зонду.</p> <p>3. Експериментальне визначення спектральних характеристик ОР різних типів та теоретичний розрахунок резонансних частот різних типів коливань.</p>	4
10. Прилади з схрещеними статичними електричним та магнітним полями-прилади М-типу	<p>1. Історія розвитку приладів М-типу. Рух електронів у циліндричному діоді. Докритичний, критичний та закритичний режими роботи.</p>	2		
11. Рух електронів в срещених	<p>1. Рух електронів у схрещених магнітних та</p>	2		

статичних електричних та магнітних полях	<p>електричних статичних полях.</p> <p>2. Рівняння руху.</p> <p>3. Три види руху електронів.</p> <p>4. Парабола критичної напруги.</p>			
12.Магетрон	<p>1. Магнетрон. Принцип дії.</p> <p>2. Групування електронів.</p> <p>3. Вплив поздовжніх та поперечних електричних полів на рух електронів. Утворення спиць.</p> <p>4. Потенціал синхронізації, пороговий потенціал.</p> <p>5. Вихідні характеристики магнетрона.</p> <p>6. ЛБХ і ЛЗХ М-типу, другі генераторні та підсилювальні прилади М-типу.</p>	4	<p>Лабораторні роботи:</p> <p>1. Вихідні характеристики магнетрона.</p> <p>2. Комп'ютерне моделювання руху електронів у плоскому діоді в схрещених електричних і магнітних полях.</p>	4
13.Релятивістська електроніка. ЛСЕ МЦР та інші сучасні прилади	<p>1. Сучасні типи потужних приладів: МЦР, гіротрон, пеніотрон. Принципи їх дії.</p>	2		

3. Завдання для самостійної роботи .

Тема	Індивідуальні завдання	Кількість годин	Літературне джерело, №.
Основи теорії електронних приладів	Отримати систему нелінійних рівнянь для генераторів та підсилювачів НВЧ.	4	
Прилади з дискретною взаємодією. Клістри. Пролітний клістрон. Помножуючий клістрон. Відбиваючий клістрон	Знайти вираз для амплітуд гармонік конвекційного струму для відбивного клістри. Доказати утворення сгустків електронів графічно. Знайти стартовий струм генератора	8	
Лінії передачі та сповільнюючі періодичні системи	Отримати рівняння Гельмгольца для знаходження полів в прямокутному та циліндричному хвилеводах. Знайти власні числа рівнянь Гельмгольца для цих випадків. Знайти дисперсійне рівняння для відкритої гребінчастої структури.	16	
Генератор дифракційного випромінювання (ГДВ)	Отримати вираз для стартового струму ГДВ. Пояснити на прикладі діаграми Бріллюена режими поверхневих та об'ємних хвиль. Отримати розв'язок параболічного рівняння для конфокального резонатора. Рішення рівняння Гельмгольца для прямокутного резонатора.	4	
Рух електронів в зустрічних статичних електричних та магнітних полях	Розв'язати рівняння руху для однорідних електричних та магнітних полів.	4	
Лампа зворотної хвилі (ЛЗХ)	Знайти стартовий струм для однорідного по амплітуді височастотного поля ЛЗХ.	4	

Прилади з тривалою взаємодією О-типу	Отримати інтегральне рівняння для знаходження амплітуди високочастотного поля в приладах тривалої взаємодії та розв'язати його.	4	
Прилади М-типу	Рішення рівняння Гельмгольца в циліндричній системі координат, та знаходження дисперсійного рівняння для власних частот анодного блоку магнетрона секторіального типу.	4	

4.Список рекомендованої літератури

1. *Вайнштейн Л. А., Солнцев В. А.* Лекции по сверхвысокочастотной электронике. – М.: Сов. радио, 1973. – 399 с.
2. *Вальднер О. А., Милованов О. С., Собенин Н. П.* Техника сверхвысоких частот. Учебная лаборатория. – М.: Атом-издат, 1974. – 232 с.
3. *Гайдук В. И., Палатов К. И., Петров Д. И.* Физические основы электроники СВЧ. – М.: Сов. радио, 1971. – 600 с.
4. *Гвоздовер С. Д.* Теория электронных приборов сверхвысоких частот. – М.: Гостехиздат, 1956. – 527 с.
5. *Дулин В. Н.* Электронные и квантовые приборы СВЧ. – М.: Энергия, 1972. – 224 с.
6. *Коваленко В. Ф.* Введение в электронику сверхвысоких частот. – М.: Сов. радио, 1955. – 344 с.
7. *Лебедев И. В.* Техника и приборы СВЧ. – М.: Высш. шк., 1972. – Т. 1. – 389 с.; Т. 2. – 375 с.
8. *Левитский С. М., Кошечая С. В.* Вакуумная и твердотельная электроника СВЧ. – К.: Вища шк., 1986. – 272 с.
9. *Роу Дж.* Теория нелинейных явлений в приборах сверхвысоких частот. – М.: Сов. радио, 1969. – 616 с.
10. *Силин Р. А., Сазонов В. П.* Замедляющие системы. – М.: Сов. радио, 1966. – 632 с.
11. Специальный физический практикум, ч.3. / Под ред. А. А. Харламова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 382 с.
12. *Стальмахов В, С.* Основы электроники сверхвысокочастотных приборов со скрещеными полями. – М.: Сов. радио, 1963. – 366 с.
13. *Тараненко В. П.* Електронні та квантові прилади. – К.: Вища шк., 1974. – 248 с.

14. *Тараненко З. И., Трохименко Я. К.* Замедляющие системы. – К.: Техника, 1965. – 307 с.
15. *Трубецков Д. И.* Введение в СВЧ-электронику. История и начальные сведения. – В кн.3: 7-я зимняя школа-семинар инженеров: Лекции по электронике СВЧ и радиофизике. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1986. – 119 с.
16. *Федоров Н. Д.* Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы. – М.: Атомиздат, 1979. – 288 с.
17. *Цейтлин М. Б., Кац А. М.* Лампа с бегущей волной. – М.: Сов. радио, 1964. – 311 с.
18. *Шевчик В. Н.* Основы электроники сверхвысоких частот. – М.: Сов. радио, 1959. – 307 с.
19. *Шевчик В. Н., Трубецков Д. И.* Аналитические методы расчета в электронике СВЧ. – М.: Сов. радио, 1970. – 584 с.
20. *Шестопалов В. П.* Дифракционная электроника. – Х.: Вища шк., 1976. – 231 с.
21. *Шестопалов В. П., Вертий А. А., Ермак Г. И. и др.* Генераторы дифракционного излучения. – К.: Наук. думка, 1991. – 320 с.
22. Электроника ламп с обратной волной / Под ред. В. Н. Шевчика и Д. И. Трубецкова. – Изд-во Саратовского ун-та, 1975. – 195 с.
23. *R. R. Parker, R. N. Abrams, B. G. Danly et al.* Vacuum Electronics//IEEE Trans. on MTT. – 2002. – Vol.50. – №3. – P. 835–845.
24. *Шматько А.А., Одаренко Е.Н.* Под ред. А.А. Шматько. Электроника сверхвысоких частот. – Харьков: Факт, 2003. – 248 с.
25. *Шматько О.О.* Електронні прилади надвисоких частот. (Основи теорії та радіофізичний лабораторний практикум). – Харьков: Видав. ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2006. – 348 с.
26. *Шматько А.А.* Электронные приборы сверхвысоких частот. – Харьков: Видав. ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2006. – 348 с.
27. *Шматько А.А.* Электронно-волновые системы миллиметрового диапазона. Том.1. –Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2008. – 464 с. (монография)
28. *Шматько О.О.* Спеціальний радіофізичний лабораторний практикум. Навчальний посібник.–Х.:–ХНУ імені В.Н. Каразіна. –2010. -164 стор.