

Міністерство освіти і науки, молоді і спорту України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра теоретичної радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Перший проректор

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Аналітичні та чисельні методи моделювання розповсюдження електромагнітних  
хвиль у складних середовищах

(шифр і назва навчальної дисципліни)

напряму підготовки 6.040204 – Прикладна фізика

(шифр і назва напряму підготовки)

для спеціальності \_\_\_\_\_ -

(шифр і назва спеціальності (тей))

спеціалізації \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

факультету радіофізичного

\_\_\_\_\_ (назва факультету)

Кредитно-модульна система  
організації навчального процесу

Харків – 2012

Робоча програма навчальної дисципліни

Аналітичні та чисельні методи моделювання розповсюдження електромагнітних хвиль у складних середовищах

(назва навчальної дисципліни)

для студентів за напрямом підготовки 6.040204 – Прикладна фізика.

„25” квітня 2012.- 22 с.

Розробник: Батраков Дмитро Олегович, доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри теоретичної радіофізики радіофізичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної радіофізики радіофізичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Протокол № 5 від “25” квітня 2012 р.

Завідувач кафедрою теоретичної радіофізики

\_\_\_\_\_ (Колчигін М. М.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2012 р.

Схвалено методичною комісією

Протокол № \_\_\_\_ від. “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2012 р.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2012 р. Голова \_\_\_\_\_ ( Чорногор Л. Ф.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Декан радіофізичного факультету

\_\_\_\_\_ ( Шульга С. М. )  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## 1. Опис навчальної дисципліни (Частина 1)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 1.5	Галузь знань <u>0402 Фізико-математичні науки</u> (шифр і назва)	Нормативна	—
	Напрямок підготовки <u>6.040204 – Прикладна фізика</u> (шифр і назва)		
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування):	<b>Рік підготовки:</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання –  (назва)		3-й	—
Загальна кількість годин - 54		<b>Семестр</b>	
		5-й	—
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 (1 семестр);  самостійної роботи студента – 1 (1 семестр);	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	18 год.	—
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		18 год.	—
		<b>Лабораторні</b>	
		0 год.	—
		<b>Самостійна робота</b>	
		18 год.	—
		<b>ІНДЗ: -</b>	
	Вид контролю: залік		

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 2:1 (1 семестр);

для заочної форми навчання - –

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

Метою вивчення цього курсу є ознайомлення з передовими розробками в галузі електродинамічних солверів та систем автоматизованого проектування НВЧ пристроїв, а також розвиток знань та практичних вмінь по створенню пакетів програм для розробки та оптимізації електродинамічних приладів та алгоритмів аналізу розповсюдження . електромагнітних хвиль.

Після вивчення дисципліни студенти мають:

### **знати:**

основи й загальні особливості сучасних пакетів прикладного програмного забезпечення (електродинамічних солверів) та систем автоматизованого проектування НВЧ пристроїв.

### **уміти:**

використовувати пакети програм для розробки та оптимізації електродинамічних приладів та алгоритми аналізу розповсюдження електромагнітних хвиль.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

**Модуль 1. Математичне програмування та моделювання в сучасній радіофізиці.**

**Тема 1. Предмет і задачі курсу. Програмування та моделювання в сучасній радіофізиці. Базові визначення.**

**Тема 2. Класифікація основних ідей і принципів створення сучасних електродинамічних солверів та систем автоматизованого проектування НВЧ пристроїв. Короткий огляд результатів, що є.**

**Тема 3. Пакет програмного забезпечення Microwave Office для розробки та оптимізації елементів НВЧ пристроїв.**

3.1 Загальна характеристика пакету та опис програм, які входять до його складу.

3.2. Базові принципи побудови систем автоматизованого проектування на прикладі пакету Microwave Office.

3.3. Можливості та обмеження існуючого програмного забезпечення.

3.4. Можливі шляхи подальшого розвитку систем комп'ютерного моделювання та проектування в НВЧ техніці.

**Тема 4. Огляд інших електродинамічних солверів. Порівняльний аналіз їх можливостей та обмежень.**

**Тема 5. Огляд застосування електродинамічного програмного забезпечення в суміжних галузях фізики та інших наук.**

5.1. Задачі обчислювальної діагностики в медицині.

5.2. Синтез оптичних елементів.

5.3. Математичне забезпечення для синтезу оптичних тонкошарових систем.

5.4. Комп'ютерне моделювання електродинамічних процесів, які використовуються в сучасній геофізиці.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
Тема 1.	4	2	-	-	-	2						
Тема 2.	10	4	4	-	-	2						
Тема 3.	14	4	4	-	-	6						
Тема 4.	12	4	4	-	-	4						
Тема 5	14	4	6	-	-	4						
Разом за модулем 1	54	18	18	-	-	18						
<b>Усього годин</b>	54	18	18	-	-	18						

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Математичні аспекти розробки програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання електродинамічних систем та пристроїв.	4
2.	Лінійне програмування. Основні визначення та результати.	4
3.	Одномірна оптимізація. Методи, що використовують похідну	4
4.	Нелінійна оптимізація без обмежень. Умови оптимальності. Обчислювальні методи для оптимізації функцій що всюди мають похідну.	2
5.	Нелінійна оптимізація з обмеженнями. Прямі методи (методи рішення вихідної задачі). Необхідні умови оптимальності. Достатні умови оптимальності.	4
	Разом	18

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомитися з основами динамічного програмування та його використанням для розв'язку електродинамічних задач.	4
2	Виконати пошук в інтернеті інформації щодо можливостей застосування сучасних солверів для проектування антен.	4
3	Виконати пошук в інтернеті інформації щодо можливостей застосування сучасних солверів для проектування елементів НВЧ пристроїв.	4
4	Виконати порівняльний аналіз можливостей сучасних солверів для проектування елементів НВЧ пристроїв та антен	6
	Разом	18

## 9. Індивідуальне навчально - дослідне завдання

### 10. Методи навчання

Лекції, практичні заняття, самостійна робота студентів.

### 11. Методи контролю

Модульний контроль, залік.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

### Залік

Поточне тестування та самостійна робота					Залік	Сума
Модуль 1						
T1	T2	T3	T4	T5	40	100
12	12	12	12	12		

Модуль 1 складається із завдань по 5 темах, кожне з яких оцінюється у 12 балів.

Мінімальна кількість балів, яку повинен набрати студент для зарахування модуля, складає 50% від можливої.

Умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю – зарахування модульних робіт.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80-89	<b>B</b>	добре	
70-79	<b>C</b>		
60-69	<b>D</b>	задовільно	
50-59	<b>E</b>		
1-49	<b>FX</b>	незадовільно	не зараховано

### 13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій.
2. Модульні завдання.
3. Залікові завдання.

### 14. Рекомендована література

#### 5.1 Основна література

#### Література:

1. М. Мину. Математическое программирование. М.: Наука, 1990, с.488.
2. Фриск В. В. Методические указания по использованию пакета Microwave Office. ([frisk.virtualave.net](http://frisk.virtualave.net))
3. Некорректные задачи естествознания. Под ред. А.Н. Тихонова, А.В. Гончарского. Изд-во МГУ, 1987, 299с.
4. Фелсен Л., Маркувиц Н. Излучение и рассеяние волн. Пре с англ. М.: Мир, 1978, т. 1 –546с, т. 2 =550с.
5. А.Ф. Чаплин. Анализ и синтез антенных решеток. Львов: Изд-во при Львовском университете, 1987, 180с.
6. А.Н. Тихонов, А.В. Гончарский, В.В. Степанов, А.Г. Ягола. Численные методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1990, 230с.
7. <http://www.appwave.com/>



8. Е.В.Захаров, И.В.Ильин Метод расчета электромагнитных полей в плоско-параллельной слоистой среде с локальными неоднородностями \ \ Вычислительные методы и программирование.- М.: Изд-во МГУ, 1971 - Вып.16. - С.83-108.

**Допоміжна**

9. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн.- М.: Высш.шк., 1992. – 416 с.
10. Канарейкин Д.Б., Павлов Н.Ф., Потехин В.А.. Поляризация радиолокационных сигналов. - М.: Сов. Радио, 1966. – 440 с.
11. Семенов А.А. Теория электромагнитных волн. - М.: Изд-во МГУ, 1968. –318 с.

## Опис навчальної дисципліни (Частина 2)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 1.5	Галузь знань <u>01.04.03 Радіофізика</u> (шифр і назва)	Нормативна	—
	Напрямок підготовки <u>0402, 0702 – Прикладна фізика</u> (шифр і назва)		
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): <u>6.070201 Радіофізика і електроніка</u>	<b>Рік підготовки:</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання –  (назва)		3-й	—
Загальна кількість годин - 54		<b>Семестр</b>	
		6-й	—
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 (2 семестр);  самостійної роботи студента – 1 (2семестр);	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	34 год.	—
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		-	—
		<b>Лабораторні</b>	
		-	—
		<b>Самостійна робота</b>	
		20 год.	—
		<b>ІНДЗ: -</b>	
		Вид контролю: залік	

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 2:1 (2 семестр);

для заочної форми навчання - —

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

Метою вивчення цього курсу є ознайомлення з основними ідеями та принципами створення сучасних електродинамічних солверів та систем аналізу розповсюдження векторних хвиль, можливостями та обмеженнями існуючого програмного забезпечення, а також системами комп'ютерного моделювання в сучасній радіолокації та дистанційному зондуванні.

Після вивчення дисципліни студенти мають:

### **знати:**

наявний доробок в галузі моделювання розповсюдження електромагнітних хвиль в складних електродинамічних системах та середовищах, особливості сучасних систем комп'ютерного моделювання процесів розповсюдження електромагнітних хвиль.

### **уміти:**

створювати та використовувати пакети програм для моделювання розповсюдження електромагнітних хвиль в складних з електродинамічної точки зору середовищах.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1. Методи та засоби комп'ютерного моделювання в сучасній радіолокації та дистанційному зондуванні**

**Тема 1.** Основне завдання та власне предмет комп'ютерного моделювання процесів розповсюдження електромагнітних хвиль у середовищах. Базові визначення.

**Тема 2.** Наявний доробок в галузі моделювання розповсюдження електромагнітних хвиль в складних електродинамічних системах та середовищах.

**Тема 3.** Основні ідеї та принципи створення сучасних електродинамічних солверів та систем аналізу розповсюдження векторних хвиль.

**Тема 4.** Можливості та обмеження існуючого програмного забезпечення.

**Тема 5.** Можливі шляхи подальшого розвитку систем комп'ютерного моделювання в радіофізиці.

**Тема 6.** Системи комп'ютерного моделювання в сучасній радіолокації та дистанційному зондуванні.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
Тема 1.	6	4	-	-	-	2						
Тема 2.	10	6	-	-	-	4						
Тема 3.	10	6	-	-	-	4						
Тема 4.	10	6	-	-	-	4						
Тема 5.	10	6	-	-	-	4						
Тема 6.	8	6	-	-	-	2						
Разом за модулем 1	54	34	-	-	-	20						
<b>Усього годин</b>	54	34	-	-	-	20						

#### 6. Теми практичних занять

#### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення із системами комп'ютерного моделювання в сучасній радіолокації та дистанційному зондуванні природних середовищ.	4
2	Аналіз можливостей комп'ютерного забезпечення для розрахунків розповсюдження електромагнітних хвиль різних джерел в складних електродинамічних системах на прикладі плоскошаруватих систем із циліндричними неоднорідними вкрапленнями довільного поперечного перетину.	4
3	Ознайомлення з математичними аспектами розробки програмного забезпечення для комп'ютерного аналізу та оптимізації електродинамічних систем та пристроїв..	4
4	Огляд застосування програмного забезпечення побудованого на основі радіофізичних моделей в суміжних галузях фізики та інших наук.	2
5.	Комп'ютерне моделювання електродинамічних процесів, які використовуються в сучасній геофізиці.	6
	Разом	20

## 9. Індивідуальне навчально - дослідне завдання

### 10. Методи навчання

Лекції, самостійна робота студентів.

### 11. Методи контролю

Модульний контроль, залік.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Залік							Залік	Сума
Поточне тестування та самостійна робота								
Модуль 1						40	100	
T1	T2	T3	T4	T5	T6			
10	10	10	10	10	10			

Модуль 1 складається із завдань по 6 темах, кожне з яких оцінюється у 10 балів.

Мінімальна кількість балів, яку повинен набрати студент для зарахування модуля, складає 50% від можливої.

Умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю – зарахування модульних робіт.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
1-49	FX	незадовільно	не зараховано

### **13. Методичне забезпечення**

1. Конспект лекцій.
2. Модульні завдання.
3. Залікові завдання.

### **14. Рекомендована література**

#### **5.1 Основна література**

1. V. Madhok and D. Landgrebe. A process Model for Remote Sensing Data Analysis. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.40, No 3, March 2002, PP. 680-686.
2. I. L. Morrow and P. Van Genderen. Effective Imaging of Buried Objects. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.40, No 4, April 2002, PP. 943-949.
3. <http://www.appwave.com/>
4. Некорректные задачи естествознания. Под ред. А.Н. Тихонова, А.В. Гончарского. Изд-во МГУ, 1987, 299с.
5. Фелсен Л., Маркувиц Н. Излучение и рассеяние волн. Пре с англ. М.: Мир, 1978, т. 1 –546с, т. 2 =550с.
6. А.Ф. Чаплин. Анализ и синтез антенных решеток. Львов: Изд-во при Львовском университете, 1987, 180с.
7. А.Н. Тихонов, А.В. Гончарский, В.В. Степанов, А.Г. Ягола. Численные методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1990, 230с.
8. Е.В.Захаров, И.В.Ильин Метод расчета электромагнитных полей в плоско-параллельной слоистой среде с локальными неоднородностями \ \ Вычислительные методы и программирование.- М.: Изд-во МГУ, 1971 - Вып.16. - С.83-108.
9. Н.А.Хижняк. Интегральные уравнения макроскопической электродинамики- Киев: Наук. думка, 1986-280с.

10. В.И.Дмитриев Дифракция электромагнитного поля на цилиндрических телах, расположенных в слоистой среде. Сб. работ ВЦ МГУ.- 1965.-№ 3.- С.307-316.

#### Допоміжна

4. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн.- М.: Высш.шк., 1992. – 416 с.
5. Канарейкин Д.Б., Павлов Н.Ф., Потехин В.А.. Поляризация радиолокационных сигналов. - М.: Сов. Радио, 1966. – 440 с.
6. Семенов А.А. Теория электромагнитных волн. - М.: Изд-во МГУ, 1968. –318 с.



### 1. Опис навчальної дисципліни (Частина 3)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 1.5	Галузь знань <u>01.04.03 Радіофізика</u> (шифр і назва)	Нормативна	—
	Напрямок підготовки <u>0402, 0702 – Прикладна фізика</u> (шифр і назва)		
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): <u>6.070201 Радіофізика і електроніка</u>	<b>Рік підготовки:</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання –  (назва)		4-й	—
Загальна кількість годин - 54		<b>Семестр</b>	
		2-й	—
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 (2 семестр);  самостійної роботи студента – 1.5 (2 семестр);	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	16 год.	—
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		16 год.	—
		<b>Лабораторні</b>	
		0 год.	—
		<b>Самостійна робота</b>	
		22 год.	—
		<b>ІНДЗ: -</b>	
	Вид контролю: залік		

#### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 2:1 (2 семестр);

для заочної форми навчання - —

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

Метою вивчення цього курсу є вивчення основних моделей сучасної теорії дифракції та чисельних методів розв'язку задач розсіяння електромагнітних хвиль. Для досягнення поставленої мети передбачається виклад на лекціях теоретичних основ і загальних підходів до вирішення задач дифракції електромагнітних хвиль на неоднорідних тілах складної форми. Також передбачається оволодіння на практичних заняттях відповідними чисельними методами та алгоритмами програмування крайових задач математичної фізики.

Після вивчення дисципліни студенти мають:

### **знати:**

основи й загальні поняття теорії дифракції електромагнітних хвиль на складних тілах, в тому числі на тілах, що розташовані в плоскошаруватих оточуючих середовищах.

### **уміти:**

використовувати отриманні знання при розв'язуванні задач дифракції та розсіяння електромагнітних хвиль, що виникають в практичній та науковій діяльності.

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1. Чисельні та аналітичні методи теорії дифракції.**

**Тема 1. Предмет і задачі курсу. Класифікація основних методів і короткий огляд наявних результатів.**

**Тема 2. Метод розділення змінних. Основна ідея методу. Приклади використання методу для деяких задач дифракції.**

**Тема 3. Метод моментів, його ідея і різні варіанти. Приклади використання і рішення задач.**

**Тема 4. Функція Гріна і виведення інтегральних рівнянь. Інтегральні рівняння для поля в діелектрику і струму на металі. Задачі про збудження тіл.**

**Тема 5. Поширення хвиль в неоднорідних середовищах.**

#### **4. Структура навчальної дисципліни**

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
Тема 1.	4	2	-	-	-	4						
Тема 2.	10	2	4	-	-	4						
Тема 3.	12	4	4	-	-	5						
Тема 4.	25	4	4	-	-	4						
Тема 5	21	4	4	-	-	5						
Разом за модулем 1	54	16	16	-	-	22						
<b>Усього годин</b>	54	16	16	-	-	22						

#### **5. Теми практичних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Розробка алгоритму вирішення задачі дифракції плоскої електромагнітної хвилі на циліндрі у вільному просторі	4
2.	Створення розрахункових формул для обчислення відбиття циліндричної хвилі від плоско – шаруватої діелектричної структури	4
3.	Знаходження виразів для параметрів поляризації електромагнітної хвилі, що розсіяна циліндричним вкрапленням в плоскошаруватому середовищі.	2
4.	Розробка алгоритму розв'язку інтегрального рівняння, що отримано із задачі дифракції на циліндричному вкрапленні в напівпросторі	6
	Разом	16

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомитися з основними рівняннями та додатковими умовами. Як вони використовуються при розв'язанні задач дифракції електромагнітних хвиль.	3
2	Розібрати доказ теореми взаємності	4
3	Отримати граничні умови для нормальних та тангенціальних складових векторів електричного та магнітного полів і довести, що в простіших випадках частина умов є зайвою. .	3
4	Розібрати доказ теореми єдності для різних часткових випадків та для загального випадку.	4
5	Частотні (спектральні) розкладання електромагнітного поля.	4
6	Дифракція і розповсюдження імпульсних сигналів.	4
	Разом	22

## 9. Індивідуальне навчально - дослідне завдання

### 10. Методи навчання

Лекції, самостійна робота студентів.

### 11. Методи контролю

Модульний контроль, залік.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

### Залік

Поточне тестування та самостійна робота						Залік	Сума
Модуль 1							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	40	100
10	10	10	10	10	10		

Модуль 1 складається із завдань по 6 темах і модуль 2 – по 3 темах, кожне з яких оцінюється у 10 балів.

Мінімальна кількість балів, яку повинен набрати студент для зарахування модуля, складає 50% від можливої.

Умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю – зарахування модульних робіт.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
1-49	FX	незадовільно	не зараховано

### 13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій.
2. Модульні завдання.
3. Залікові завдання.

### 14. Рекомендована література

#### 5.1 Основна література

4. Ваганов Р. Б., Каценеленбаум Б.З. Основы теории дифракции. М. Наука. - 1982., 272с.
5. Марков Г.Т., Чаплин А.Ф. Возбуждение электромагнитных волн. М.:Энергия, 1967.- 376с.
6. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. - М.: Наука, 1979. – 384 с.
7. Миттра Р., Ли. С. Аналитические методы теории волноводов. М.: Мир, 1974, - 328с.
8. Каценеленбаум Б.З. Высокочастотная электродинамика- М.:Наука, 1966,- 240с.
9. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. - М.: Наука, 1973. – 343 с.
10. Фелсен Л., Маркувиц Н. Излучение и рассеяние волн. Пре с англ. М.: Мир, 1978, т. 1 –546с, т. 2 =550с.

11. Хенл Х., Мауэ А., Вестпфаль К. Теория дифракции. М.: Мир, 1964г., - 428с.
12. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1973. – 720 с.
13. В.П.Шестопалов, "Метод задачи Римана-Гильберта в теории дифракции и распространения электромагнитных волн", Изд. ХГУ, Харьков 1971
- 14.Никольский В.Б., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. –М.: Наука, 1989.-544 с.
- 15.Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. - М.: Высш. шк., 1970. - Т.1. –440 с.
- 16.Больман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика. – М.: Связь, 1971. – 487 с.
- 17.Семенов Н.А. Техническая электродинамика. - М.: Связь, 1973. – 480 с.
- 18.Альтман Дж. Устройства СВЧ. – М.: Мир, 1968. – 487 с.
- 19.Гольдштейн Л.Д., Зернов Н.В. Электромагнитные поля и волны. - М.:Сов. Радио, 1971.-664 с.

#### **Допоміжна**

- 20.Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. - Л.: Госэнергоиздат, 1960.- 463 с.
- 21.Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн.- М.: Высш.шк., 1992. – 416 с.
- 22.Канарейкин Д.Б., Павлов Н.Ф., Потехин В.А.. Поляризация радиолокационных сигналов. - М.: Сов. Радио, 1966. – 440 с.
- 23.Семенов А.А. Теория электромагнитных волн. - М.: Изд-во МГУ, 1968. –318 с.