

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Модели и методы волновой электродинамики Б1.В.ДВ.25

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Плещинский Н.Б.

Рецензент(ы):

Бахтиева Л.У.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Плещинский Н. Б.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 9101119

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Плещинский Н.Б.
Кафедра прикладной математики отделение прикладной математики и информатики ,
Nikolai.Pleshchinskii@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Цель курса - изучить основные принципы построения математических моделей процессов распространения и дифракции электромагнитных волн, методы исследования и алгоритмы численного решения граничных задач и интегральных уравнений математических моделей электродинамики.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.25 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.04 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина Б3.В.3 "Модели и методы волноводной электродинамики" относится к профессиональному циклу дисциплин, изучается на третьем курсе (6 семестр).

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные принципы построения и исследования математических моделей процессов электрической и магнитной природы;

2. должен уметь:

ориентироваться в современных методах решения граничных задач и интегральных уравнений математических моделей электродинамики;

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о подходах к моделированию физических процессов и анализе математических моделей;

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

навыки решения основных задач теории распространения и дифракции электромагнитных волн, включая разработку численных алгоритмов и их программную реализацию.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны	5	1-2	0	5	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Элементарные волны	5	3-4	0	5	0	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками	5	5-6	0	5	0	Письменная работа
4.	Тема 4. Распределения и преобразование Фурье	5	7-8	0	5	0	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости	5	9-10	0	5	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах	5	11-12	0	5	0	
7.	Тема 7. Дифракция на периодической решетке	5	13-14	0	6	0	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Перегородка в плоском волноводе	5	15-16	0	6	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Разветвление плоского волновода	5	17	0	6	0	Письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Планарный диэлектрический волновод	5	18	0	6	0	Письменная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			0	54	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны

практическое занятие (5 часа(ов)):

Система уравнений Максвелла. Элементы векторного анализа. Энергия электромагнитного поля. Условия сопряжения и граничные условия. Гармоническое поле. Метод комплексных амплитуд.

Тема 2. Элементарные волны

практическое занятие (5 часа(ов)):

Плоские волны. Отражение и преломление волн. Цилиндрические волны. Рассеяние плоской волны на цилиндре из диэлектрика. Сферические волны.

Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками

практическое занятие (5 часа(ов)):

Плоский волновод. Прямоугольный волновод. Цилиндрический волновод. Прямоугольный резонатор.

Тема 4. Распределения и преобразование Фурье

практическое занятие (5 часа(ов)):

Распределения (обобщенные функции). Преобразование Фурье: S'-теория. Преобразование Фурье: L2-теория.

Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости

практическое занятие (5 часа(ов)):

Переопределенная задача Коши в полуплоскости. Условия на бесконечности. Сопряжение двух полуплоскостей.

Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах

практическое занятие (5 часа(ов)):

Метод интегральных тождеств: параллельная поляризация. Метод интегральных тождеств: перпендикулярная поляризация. Метод задачи о скачке. Приближенное решение интегральных уравнений. Метод Галеркина. Задача Зоммерфельда.

Тема 7. Дифракция на периодической решетке

практическое занятие (6 часа(ов)):

Парное сумматорное уравнение. Интегральные уравнения с периодическими ядрами. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений. Условия разрешимости переопределенной граничной задачи. Интегральные уравнения второго рода.

Тема 8. Перегородка в плоском волноводе

практическое занятие (6 часа(ов)):

Переопределенные граничные задачи для уравнения Гельмгольца в полуполосе. Дифракция на вертикальной перегородке.

Тема 9. Разветвление плоского волновода

практическое занятие (6 часа(ов)):

Парные сумматорные уравнения. Метод прямого обращения и метод вычетов. Метод интегрально-сумматорных тождеств.

Тема 10. Планарный диэлектрический волновод

практическое занятие (6 часа(ов)):

Моды дискретного спектра. Моды непрерывного спектра. Обратная задача. Восстановление параметров волновода.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны	5	1-2	подготовка домашнего задания	5	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Элементарные волны	5	3-4	подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками	5	5-6	подготовка к письменной работе	4	Письменная работа
4.	Тема 4. Распределения и преобразование Фурье	5	7-8	подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	6	домашнее задание

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости	5	9-10			
6.	Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах	5	11-12	подготовка к контрольной точке	6	контрольная точка
7.	Тема 7. Дифракция на периодической решетке	5	13-14	подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
8.	Тема 8. Перегородка в плоском волноводе	5	15-16	подготовка домашнего задания	2	Письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	6	домашнее задание

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Разветвление плоского волновода	5	17	подготовка домашнего задания	2	Письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
10.	Тема 10. Планарный диэлектрический волновод	5	18	подготовка к письменной работе	2	Письменная работа
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Система уравнений Максвелла. Элементы векторного анализа. Материальные уравнения. Энергия электромагнитного поля. Условия сопряжения и граничные условия. Условия на бесконечности (условия излучения). Упрощающие предположения. Гармоническое электромагнитное поле. Метод комплексных амплитуд. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд.

Тема 2. Элементарные волны

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Декартова система координат. Плоские электромагнитные волны. Параллельная и перпендикулярная поляризация. Отражение и преломление плоской волны на плоской границе раздела сред. Уравнения Максвелла в цилиндрических и в сферических координатах. Цилиндрические электромагнитные волны. Рассеяние плоской волны на цилиндре из диэлектрика. Сферические электромагнитные волны.

Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками

Письменная работа , примерные вопросы:

Плоский волновод. Собственные волны плоского волновода ТЕ- и ТМ-поляризации. Волноводные и затухающие моды. Прямоугольный волновод с металлическими стенками. Собственные волны прямоугольного волновода. Цилиндрический волновод. Прямоугольный резонатор с металлическими стенками. Собственные частоты прямоугольного резонатора.

Тема 4. Распределения и преобразование Фурье

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Распределения (обобщенные функции). Преобразование Фурье: S'-теория. Преобразование Фурье: L2-теория.

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Преобразование Фурье: L2-теория. Примеры. Распределения Шварца (обобщенные функции). Операции над распределениями: алгебраические операции, дифференцирование, умножение на бесконечно дифференцируемые функции. Различие между классической и обобщенной производной. Преобразование Фурье: S'-теория. Преобразование Фурье производных распределения. Примеры. Теорема Винера-Пэли.

Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости

Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах

контрольная точка , примерные вопросы:

Проверка знаний по темам: Метод интегральных тождеств: параллельная поляризация. Метод интегральных тождеств: перпендикулярная поляризация. Метод задачи о скачке.

Приближенное решение интегральных уравнений. Метод Галеркина. Задача Зоммерфельда.

Тема 7. Дифракция на периодической решетке

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Парное сумматорное уравнение.

Интегральные уравнения с периодическими ядрами. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений. Условия разрешимости переопределенной граничной задачи. Интегральные уравнения второго рода.

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Переопределенная задача Коши для уравнения Гельмгольца в полуплоскости. Метод интегрального преобразования Фурье. Условия на бесконечности. Необходимые и достаточные условия разрешимости переопределенной задачи. Задача сопряжения решений уравнений Гельмгольца в двух полуплоскостях. Явное решение задачи о скачке. Вторая задача о скачке для уравнения Гельмгольца.

Тема 8. Перегородка в плоском волноводе

домашнее задание , примерные вопросы:

Постановка задачи дифракции. Метод интегральных тождеств в случае параллельной поляризации электромагнитного поля. Метод интегральных тождеств в случае перпендикулярной поляризации. Метод задачи о скачке, сведение задачи дифракции к интегральным уравнениям. Приближенное решение интегральных уравнений. Метод Галеркина. Задача Зоммерфельда.

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Парное сумматорное уравнение задачи дифракции электромагнитной волны на бесконечной периодической решетке из проводящих тонких лент. Интегральные уравнения с периодическими ядрами в теории дифракции. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений. Условия разрешимости переопределенной граничной задачи. Интегральные уравнения первого рода и второго рода.

Тема 9. Разветвление плоского волновода

домашнее задание , примерные вопросы:

Переопределенные граничные задачи для уравнения Гельмгольца в полуполосе при различной поляризации электромагнитного поля. Постановка задачи дифракции на поперечной тонкой проводящей перегородке в плоском волноводе. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений. Интегральные уравнения задачи дифракции волны на поперечной перегородке

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Постановка задачи дифракции электромагнитной волны на разветвлении плоского волновода. Метод шивания: решение бесконечной системы линейных алгебраических уравнений методом прямого обращения и методом вычетов. Парные сумматорные уравнения и их регуляризация методом интегрально-сумматорных тождеств. Вычислительный эксперимент: проверка достоверности результатов счета

Тема 10. Планарный диэлектрический волновод

Письменная работа , примерные вопросы:

Постановка задачи о собственных волнах (модах) планарного диэлектрического волновода. Моды дискретного спектра и их количество. Численные методы решения характеристического (дисперсионного) уравнения. Моды непрерывного спектра: излучательные моды и моды подложки. Обратная задача о собственных волнах планарного волновода. Восстановление параметров волновода по эффективным показателям преломления мод.

Итоговая форма контроля

зачет (в 5 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

1. Система уравнений Максвелла.
2. Энергетические характеристики электромагнитного поля.
3. Граничные условия и условия сопряжения.
4. Метод комплексных амплитуд.
5. Плоские электромагнитные волны.
6. Отражение и преломление плоских волн от плоской границы раздела сред.
7. Цилиндрические волны.
8. Рассеяние плоской волны на цилиндре из диэлектрика.
9. Сферические волны.
10. Плоский волновод с металлическими стенками.
11. Прямоугольный волновод.
12. Цилиндрический волновод.
13. Прямоугольный резонатор.
14. Преобразование Фурье: L2-теория.
15. Распределения (обобщенные функции).
16. Преобразование Фурье: S'-теория.
17. Переопределенная задача Коши для уравнения Гельмгольца в полуплоскости.
18. Условия на бесконечности для уравнения Гельмгольца в полуплоскости.
19. Сопряжения двух полуплоскостей. Задача о скачке.
20. Дифракция на металлических лентах. Метод интегральных тождеств.
21. Метод задачи о скачке.
22. Приближенное решение интегральных уравнений методом Галеркина.
23. Полиномы Чебышева и их свойства.
24. Дифракция электромагнитной волны на периодической решетке.
25. Интегральные уравнения с периодическими ядрами.
26. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений.
27. Условия разрешимости переопределенной периодической задачи.
28. Интегральные уравнения задачи дифракции на периодической решетке.
29. Переопределенные граничные задачи для уравнения Гельмгольца в полуполосе.
30. Дифракция электромагнитной волны на перегородке в волноводе.
31. Задача о разветвлении плоского волновода: парное сумматорное уравнение.

32. Задача о разветвлении плоского волновода: метод прямого обращения.
33. Задача о разветвлении плоского волновода: метод вычетов.
34. Метод интегрально-сумматорных тождеств.
35. Моды дискретного спектра планарного волновода.
36. Моды непрерывного спектра планарного волновода.
37. Задача о восстановлении параметров планарного волновода.

7.1. Основная литература:

1. Астапенко В.А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы: [учебное пособие] / В. А. Астапенко. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 583 с.
2. Астапенко В. А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы: Учебное пособие / В.А. Астапенко. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 584 с. ISBN 978-5-91559-111-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/365083>
3. Кураев А. А. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / А.А. Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Сеницын. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 424 с. Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=367972>
4. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика / А. Н. Васильев. Краткий курс лекций: учеб. пособие. - 2-е изд., стереотипное. - СПб.: БХВ-Петербург, 2010. - 288 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350602>
5. Будагян И. Ф. Электродинамика: Учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с. Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=391337>

7.2. Дополнительная литература:

1. Плещинский Н.Б. Модели и методы волноводной электродинамики [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Б. Плещинский ; Казан. гос. ун-т .- Электронные данные (1 файл: 0,7 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2013). - Загл. с экрана . - Для 6-го семестра . - Документ является электронной копией оригинала: Модели и методы волноводной электродинамики: учебное пособие / Н. Б. Плещинский. -- Казань: [Казан. гос. ун-т], 2008. - 103 с. Режим доступа: http://libweb.kpfu.ru/ebooks/09_64_ds012.pdf
2. Брушлинский К.В. Математические основы вычислительной механики жидкости, газа и плазмы: Учебное пособие / Брушлинский К.В. - Долгопрудный: Интеллект, 2017. - 272 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=858951>

7.3. Интернет-ресурсы:

Классическая электродинамика - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350602>

Сайт ПНБ - <http://www.abcpnb.ru>

Электродинамика -

http://www.dissland.com/catalog/elektrodinamicheskie_modeli_slozhnih_elektrofizicheskikh_ob_ektov_i_eff

Электродинамика и распространение радиоволн - <http://znanium.com/go.php?id=367972>

Электродинамика: учебное пособие - <http://znanium.com/go.php?id=391337>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Модели и методы волновой электродинамики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Лекции и лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом (маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки Математическое моделирование .

Автор(ы):

Плещинский Н.Б. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Бахтиева Л.У. _____

"__" _____ 201__ г.