

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Модели и методы волноводной электродинамики Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

**Автор(ы):** Плещинский Н.Б.

**Рецензент(ы):** Бахтиева Л.У.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Плещинский Н. Б.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

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. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Готовность к самостоятельной работе
ПК-1	Способность использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на ЭВМ, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение
ПК-2	Способность и готовность настраивать и тестировать и осуществлять проверку вычислительной техники
ПК-3	Способность и готовность демонстрировать знания современных языков программирования, операционных систем, офисных приложений, Интернета, способов и механизмов управления данными; принципов организации, состава и схемы работы операционных систем

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

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

Должен уметь:

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

Должен владеть:

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

Должен демонстрировать способность и готовность:

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

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Математическое моделирование)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3 курсе в 5, 6 семестрах.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 72 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 90 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 18 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: отсутствует в 5 семестре; экзамен в 6 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны	5	0	0	7	14
2.	Тема 2. Элементарные волны	5	0	0	7	14
3.	Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками	5	0	0	7	14
4.	Тема 4. Распределения и преобразование Фурье	5	0	0	7	14
5.	Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости	5	0	0	8	16
6.	Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах	6	0	0	7	5
7.	Тема 7. Дифракция на периодической решетке	6	0	0	7	3
8.	Тема 8. Перегородка в плоском волноводе	6	0	0	7	3
9.	Тема 9. Разветвление плоского волновода	6	0	0	7	3
10.	Тема 10. Планарный диэлектрический волновод	6	0	0	8	4
	Итого		0	0	72	90

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны

Электромагнитное поле. Электромагнитные волны.

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

Элементарные волны. Отражение и преломление.

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

Волноводы и резонаторы с металлическими стенками.

Плоский волновод. Собственные волны плоского волновода TE- и TM-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

Распределения и преобразование Фурье.

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**

Уравнение Гельмгольца в полуплоскости.

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 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах**

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

Задача Зоммерфельда.

#### **Тема 7. Дифракция на периодической решетке**

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 8. Перегородка в плоском волноводе**

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.

#### **Тема 9. Разветвление плоского волновода**

Постановка задачи дифракции электромагнитной волны на разветвлении плоского волновода. Метод сшивания: 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**

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.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 5</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменная работа	ОПК-1	3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками
2	Письменная работа	ПК-1	5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости
3	Письменная работа	ПК-2	4. Распределения и преобразование Фурье
<b>Семестр 6</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменная работа	ПК-2	6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах
2	Письменная работа	ПК-3	8. Перегородка в плоском волноводе
3	Письменная работа	ПК-1	10. Планарный диэлектрический волновод
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 5</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продemonстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продemonстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продemonстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продemonстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
					2
					3
<b>Семестр 6</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продemonстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продemonстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продemonстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продemonстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
					2
					3
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	1
					2
					3

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **Семестр 5**

##### **Текущий контроль**

##### **1. Письменная работа**

###### **Тема 3**

На письменной работе предлагается ответить на три или четыре (в зависимости от их сложности) вопроса из прилагаемого ниже списка. Работа считается выполненной успешно, если дан исчерпывающий правильный ответ хотя бы на два вопроса.

- 1) Что такое плоский волновод?
- 2) Какие волны называют собственными?
- 3) Чем отличаются волны плоского волновода ТЕ- и ТМ-поляризации?
- 4) Какие волны являются затухающими?
- 5) Как устроен прямоугольный волновод?
- 6) Как найти собственные волны прямоугольного волновода?
- 7) Какие волны являются распространяющимися?
- 8) Как найти собственные волны цилиндрического волновода?
- 9) Собственные волны прямоугольного резонатора.
- 10) Собственные частоты прямоугольного резонатора.

##### **2. Письменная работа**

###### **Тема 5**

На письменной работе предлагается ответить на три или четыре (в зависимости от их сложности) вопроса из прилагаемого ниже списка. Работа считается выполненной успешно, если дан исчерпывающий правильный ответ хотя бы на два вопроса.

- 1) Переопределенная задача Коши для уравнения Гельмгольца.
- 2) Метод интегрального преобразования Фурье.
- 3) Условия на бесконечности.
- 4) Необходимые условия разрешимости переопределенной задачи.
- 5) Достаточные условия разрешимости переопределенной задачи.
- 6) Задача сопряжения решений уравнений Гельмгольца в двух полуплоскостях.
- 7) Вторая задача сопряжения решений уравнений Гельмгольца.
- 8) Явное решение задачи о скачке.
- 9) Вторая задача о скачке для уравнения Гельмгольца.
- 10) Интегральное уравнение задачи дифракции.

##### **3. Письменная работа**

###### **Тема 4**

На письменной работе предлагается ответить на три или четыре (в зависимости от их сложности) вопроса из прилагаемого ниже списка. Работа считается выполненной успешно, если дан исчерпывающий правильный ответ хотя бы на два вопроса.

- 1) Задача о собственных волнах планарного диэлектрического волновода.
- 2) Моды дискретного спектра и их количество.
- 3) Численные методы решения характеристического уравнения.
- 4) Моды непрерывного спектра: излучательные моды.
- 5) Моды непрерывного спектра: моды подложки.
- 6) Обратная задача о собственных волнах планарного волновода.
- 7) Восстановление параметров волновода, первый вариант.
- 8) Восстановление параметров волновода, второй вариант.
- 9) Измерение эффективных показателей преломления мод.
- 10) Аналогия с оптическим волокном.

#### **Семестр 6**

##### **Текущий контроль**

##### **1. Письменная работа**

###### **Тема 6**

На письменной работе предлагается ответить на три или четыре (в зависимости от их сложности) вопроса из прилагаемого ниже списка. Работа считается выполненной успешно, если дан исчерпывающий правильный ответ хотя бы на два вопроса.

- 1) Как ставится задача дифракции на ленте?
- 2) В чем отличие случаев параллельной и перпендикулярной поляризации?
- 3) Метод интегральных тождеств.
- 4) Как выводится интегрально-сумматорное тождество?



- 5) Как ставится задача о скачке?
- 6) Как найти решение задачи о скачке?
- 7) Как получить интегральное уравнение задачи дифракции?
- 8) Как найти приближенное решение интегрального уравнения?
- 9) Метод Галеркина.
- 10) Как ставится задача Зоммерфельда?

## 2. Письменная работа

### Тема 8

На письменной работе предлагается ответить на три или четыре (в зависимости от их сложности) вопроса из прилагаемого ниже списка. Работа считается выполненной успешно, если дан исчерпывающий правильный ответ хотя бы на два вопроса.

- 1) Что такое переопределенная граничная задача?
- 2) Переопределенная задача для уравнения Гельмгольца в правой полуполосе.
- 3) Переопределенная задача для уравнения Гельмгольца в левой полуполосе.
- 4) Задача дифракции на перегородке в плоском волноводе, ТЕ-волны.
- 5) Задача дифракции на перегородке в плоском волноводе, ТМ-волны.
- 6) БСЛАУ задачи дифракции на перегородке, ТЕ-волны.
- 7) БСЛАУ задачи дифракции на перегородке, ТМ-волны.
- 8) Интегральные уравнения задачи дифракции, ТЕ-волны.
- 9) Интегральные уравнения задачи дифракции, ТМ-волны.
- 10) В чем состоит метод усечения БСЛАУ?

## 3. Письменная работа

### Тема 10

На письменной работе предлагается ответить на три или четыре (в зависимости от их сложности) вопроса из прилагаемого ниже списка. Работа считается выполненной успешно, если дан исчерпывающий правильный ответ хотя бы на два вопроса.

- 1) Задача о собственных волнах планарного диэлектрического волновода.
- 2) Моды дискретного спектра и их количество.
- 3) Численные методы решения характеристического уравнения.
- 4) Моды непрерывного спектра: излучательные моды.
- 5) Моды непрерывного спектра: моды подложки.
- 6) Обратная задача о собственных волнах планарного волновода.
- 7) Восстановление параметров волновода, первый вариант.
- 8) Восстановление параметров волновода, второй вариант.
- 9) Измерение эффективных показателей преломления мод.
- 10) Аналогия с оптическим волокном.

## Экзамен

Вопросы к экзамену:

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.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 5</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	10
		2	10
		3	5
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	10
		2	10
		3	5
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

##### 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](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>

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

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\\_effektivnie\\_metodi\\_rasch](http://www.dissland.com/catalog/elektrodinamicheskie_modeli_slozhnih_elektrofizicheskikh_ob_ektov_i_effektivnie_metodi_rasch)

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

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

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	При выполнении лабораторных работ необходимо использовать теоретический материал, делать ссылки на соответствующие теоремы, свойства, формулы и пр. Решение задач излагается подробно и содержит необходимые пояснительные ссылки. Текущие задания на лабораторные работы выдаются каждую неделю на практическом занятии. Индивидуальные домашние задания выдаются на практических занятиях в начале изучения соответствующих тем.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Изучение данного курса предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над теоретическим материалом, текстами рекомендованных учебников и учебных пособий; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Студентам следует стремиться к активизации знаний на занятиях по другим естественно-научным дисциплинам, связанным с данным курсом. Основной целью самостоятельных занятий по данному курсу является углубленное изучение основных принципов построения приближенных схем, которые используются при аппроксимации граничных задач для дифференциальных уравнений и интегральных уравнений. При подготовке к каждому занятию необходимо обратиться к учебному пособию. Необходимо также изучить литературу и интернет-источники по данной теме, чтобы уточнить определения, формулировки основных результатов, найти аналоги решаемым задачам и выполняемым упражнениям. При работе с примерами необходимо стремиться не только к узнаванию алгоритма решения каждой конкретной задачи, но и к пониманию цели его употребления в данном контексте, функциональной нагрузки, которой данный пример обладает. Самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу. Этапы выполнения самостоятельных работ: 1. Просмотр учебного пособия и рекомендуемой литературы по теме задания. 2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника или учебника. 3. Выполнение заданий по теме и их комментирование.
письменная работа	При подготовке к выполнению письменных работ обучающемуся рекомендуется повторить весь теоретический материал по соответствующим темам с выявлением ключевых теоретических аспектов и проблем, проработкой дополнительного материала по темам. Лучшему пониманию теоретического материала дисциплины будет способствовать разбор деталей определений, вывода и доказательств утверждений, выявление взаимосвязей между определениями, утверждениями и свойствами объектов, изучаемых в дисциплине. Важным аспектом по освоению дисциплины является планомерное выполнение всех основных и дополнительных заданий преподавателя.
экзамен	При подготовке к экзамену обучающемуся рекомендуется составить план процесса подготовки, включающей изучение, повторение, систематизацию, логическую обработку материала, анализ полученной информации с выявлением возможных следствий и неявных свойств объектов, составлением списка возможных дополнительных вопросов и заданий, подготовку к выполнению практических задач по темам дисциплины.

#### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Модели и методы волноводной электродинамики" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

#### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Модели и методы волноводной 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.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

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