

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Прикладная электродинамика
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Фундаментальная радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.23 прикладная электродинамика относится к обязательной части ООП направления подготовки 03.03.03 Радиофизика.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики.	Знать: фундаментальные понятия, принципы и положения электродинамики, основные законы теории поля	Собеседование, тест
	ОПК-1.2. Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач.	Уметь: анализировать полученные знания и возможности их использования в профессиональной деятельности	
	ОПК-1.3. Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности.	Владеть: навыками решения профессиональных задач в области электродинамики	
ОПК-2. Способен проводить экспериментальные и теоретические научные	ОПК-2.1 Использует методы радиофизических измерений и методы обработки	Знать: закономерности распространения электромагнитных волн в неоднородном пространстве, а также	Собеседование, контрольная работа

исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	результатов.	методы расчета полей электромагнитных волн и колебаний в линиях передачи и резонаторах	
	ОПК-2.2 Формулирует задачи экспериментального и теоретического исследования в области радиофизики, использует радиофизическое измерительное оборудование и применяет теоретические методы.	Уметь: самостоятельно приобретать новые знания в области прикладной электродинамики, используя современные образовательные и информационные технологии	
	ОПК-3.3 Применяет практические навыки радиофизических исследований и представления результатов.	Владеть: опытом самостоятельного приобретения новых знаний в области электродинамики с использованием современных образовательных и информационных технологий	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	33
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Введение	4	2	2		4	
Электромагнитные волны, в направляющих системах (линиях передачи)	39	14	14		28	11
Описание волн в линиях передачи в терминах тока и напряжения	21	6	6		12	9
Собственные колебания в полых резонаторах	14	4	4		8	6
Возбуждение волноводов и резонаторов заданными источниками	11	4	4		8	3
Элементы теории дифракции электромагнитных волн на металлических и диэлектрических телах	8	2	2		4	4
В т. ч. текущий контроль	2		2		2	
Промежуточная аттестация – экзамен		45				

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение.

1.1. Общая характеристика и практическое значение теории электромагнитных волновых процессов в сплошных средах. Краевые задачи электродинамики при наличии проводников и

диэлектриков. Общий план построения курса.

Раздел 2. Электромагнитные волны в направляющих системах (линиях передачи).

2.1. Общее решение уравнений Максвелла для монохроматических направляемых волн. Выражение векторов поля нормальных волн в линии передачи через скалярные функции поперечных координат. Классификация направляемых волн и линий передачи; волны типов ТЕ, ТМ и ТЕМ; гибридные волны; быстрые и медленные волны; открытые и закрытые линии передачи. Двумерное уравнение Гельмгольца. Поперечное и продольное волновые числа.

2.2. Общие свойства волн в линиях передачи с идеально проводящими границами. Граничные условия для поперечных волновых функций. Формулировка и общая характеристика решений краевых задач для волн различных типов. Действительность спектра поперечных волновых чисел. Дисперсионные уравнения. Режимы распространения и запираания. Критические частоты. Длина волны, фазовая и групповая скорости. Характеристический импеданс. Мощность, переносимая волной. Соотношения ортогональности и аддитивность потоков энергии парциальных волн. Условия существования главных (ТЕМ) волн.

2.3. Линии передачи конкретного вида; прямоугольный и круглый волноводы, коаксиальный кабель, двухпроводная и полосковая линии. Спектры поперечных волновых чисел; критические частоты и длины волн. Структура поля волн низших типов. Представление полей волновых мод в виде суперпозиции плоских волн в свободном пространстве (концепция Бриллюэна).

2.4. Затухание волн в неидеальной линии передачи. Потери энергии в среде, заполняющей волновод. Потери энергии в стенках волновода; скин-эффект; граничное условие Леонтовича; поверхностный импеданс стенки.

2.5. Описание главных (ТЕМ) волн в линии передачи в терминах тока и напряжения. Эквивалентные погонные параметры и волновое сопротивление линии. Телеграфные уравнения. Отражение волны от нагрузки; преобразование импедансов; согласование линии с нагрузкой.

2.6. Линии передачи, направляющие медленные (поверхностные) волны. Классификация замедляющих систем. Волны в диэлектрическом слое и в круглом диэлектрическом стержне; волоконный световод. Поверхностная волна над ребристой металлической структурой.

2.7. Поля, создаваемые в линиях передачи сторонними монохроматическими токами. Расчет амплитуд возбуждаемых волн с помощью леммы Лоренца. Поля внутри и вне области источников. Способы возбуждения волноводов.

Раздел 3. Электромагнитные колебания в полых резонаторах.

3.1. Общая постановка задачи о собственных колебаниях в резонаторах с идеально проводящими стенками. Основные свойства полей нормальных (собственных) колебаний; действительность спектра собственных частот; равенство средних значений электрической и магнитной энергии; соотношения ортогональности.

3.2. Резонаторы, представляющие собой отрезки линий передачи. Структура поля и спектры собственных частот колебаний в прямоугольном, цилиндрическом и коаксиальном резонаторах. Квазистационарные резонаторы. Поля и собственные частоты тороидального и магнетронного резонаторов.

3.3. Затухание собственных колебаний в резонаторах. Расчет декрементов затухания, обусловленного потерями энергии в заполняющей среде и в стенках резонатора. Добротность колебаний.

Раздел 4. Возбуждение волноводов и резонаторов заданными источниками.

4.1. Лемма Лоренца и теорема взаимности для монохроматического электромагнитного поля, создаваемого произвольными системами электрических и магнитных токов.

4.2. Поля, создаваемые в линиях передачи сторонними монохроматическими токами. Представлений полей в виде суперпозиции собственных мод. Расчет амплитуд возбуждаемых волн с помощью леммы Лоренца. Поля внутри и вне области источников. Способы возбуждения волноводов.

4.3. Вынужденные электромагнитные колебания, возбуждаемые сторонними монохроматическими токами в полых резонаторах. Вихревые и потенциальные поля. Разложение вихревых полей по собственным модам резонатора. Резонансные спектры идеального и неидеального резонаторов. Способы возбуждения резонаторов.

Раздел 5. Элементы теории дифракции электромагнитных волн.

5.1. Общая постановка задачи дифракции. Классификация и краткий обзор точных и приближенных методов решения дифракционных задач. Длинноволновые и коротковолновые приближения. Понятия полного и дифференциального сечения рассеяния.

5.2. Приближение геометрической оптики. Понятие о лучах и лучевых трубках. Расчет амплитуды и фазы рассеянных волн на основании лучевых представлений. Ограничения метода геометрической оптики.

5.3. Принцип Гюйгенса-Френеля и основанные на нем приближенные методы решения дифракционных задач. Представление скалярного волнового поля в виде интеграла по поверхности (формула Кирхгофа). Приближение Кирхгофа в скалярных задачах дифракции.

5.4. Обобщение принципа Гюйгенса-Френеля на случай векторных полей. Поверхностные электрические и магнитные токи, эквивалентные тангенциальным компонентам полей на поверхности. Теорема единственности для монохроматических полей. Приближение Кирхгофа для векторного электромагнитного поля. Дифракция плоской волны на отверстии в экране и на дополнительном экране. Метод физической оптики (метод зеркальных токов) в задачах дифракции на проводящих телах больших размеров.

Лабораторный практикум, проводимый в рамках занятий дисциплины Б1.Б34
«Радиофизический практикум»:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы
1.	2	Измерение импедансов нагрузок при помощи измерительной линии
2.	2	Ферритовые устройства СВЧ диапазона
3.	2,3	Измерение параметров шестиполюсников
4.	3,4	Исследование отражательного клистрона
5.	5	Замедляющие системы типа гребенки

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

1. Виды самостоятельной работы:

- еженедельно к каждому практическому занятию студентам предлагается выполнить

домашнее задание в виде практических задач.

- еженедельно текст каждой прочитанной лекции предлагается студентам для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы.

2. Порядок контроля выполнения самостоятельной работы:

- контроль выполнения домашнего задания проводится в рамках каждого практического занятия.

- в рамках каждого аудиторного занятия проводится контроль посещаемости.

- список вопросов для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Гармонические волны в линиях передачи. Выражение для векторного потенциала. Дифференциальное уравнение для поперечной волновой функции $\psi(\vec{r}_\perp)$. Понятия продольного и поперечного волнового числа. Выражения для полей ТЕ, ТМ и ТЕМ волн. Импедансная связь между поперечными компонентами электрического и магнитного полей и понятие поперечного волнового сопротивления в бегущей волне.
2. Граничные условия для поперечных волновых функций волн ТЕ, ТМ и ТЕМ типов в идеальной линии передачи. Математическая формулировка задачи описания волн ТЕ, ТМ и ТЕМ типов.
3. Дисперсионное уравнение для волн в идеальной линии передачи. Критические частоты и длины волн. Зависимости длины волны, фазовой и групповой скорости от частоты. Распространяющиеся и нераспространяющиеся волны.
4. Медленные волны, направляемые плоским диэлектрическим слоем. Дифференциальное уравнение для поперечной волновой функции и его решения для областей внутри и вне слоя. Выражения для полей, граничные условия и дисперсионные (характеристические) уравнения для симметричных и несимметричных волн типа ТМ.
5. Волны в прямоугольном металлическом волноводе. Спектр собственных функций и поперечных волновых чисел волн ТЕ и ТМ типов. Структура поля низших типов волн.
6. Волны в круглом металлическом волноводе. Спектр собственных функций и поперечных волновых чисел волн ТЕ и ТМ типов.
7. Главные (ТЕМ) волны в линиях передачи. Условие существования ТЕМ волны. ТЕМ волна в коаксиальной линии (картина силовых линий, зависимость полей от координат).
8. Телеграфные уравнения для идеальной линии. Погонные параметры линии. Волновое уравнение, общий вид его решения. Понятие волнового сопротивления линии в терминах тока и напряжения.
9. Отражение волны от нагрузки на конце линии передачи (в терминах тока и напряжения). Формула пересчета импеданса. Понятие согласования линии с нагрузкой.
10. Решение дисперсионного уравнения для симметричных и несимметричных волн, направляемых плоским диэлектрическим слоем, графическим методом; критические частоты; область существования единственной (низшей) моды.
11. Затухание волн в линии передачи, обусловленное потерями энергии в заполняющей среде.
12. Затухание волн в линии передачи, обусловленное потерями энергии в металлической стенке.
13. Собственные колебания в полном резонаторе, представляющем собой закороченный на концах отрезок линий передачи. Спектр собственных частот и низшая мода для полости прямоугольной формы.
14. Общая постановка задачи о собственных электромагнитных колебаниях в полых резонаторах с идеально проводящими стенками. Действительность собственных частот идеального резонатора.
15. Затухание собственных колебаний в полном металлическом резонаторе, обусловленное

- конечной проводимостью стенок.
16. Затухание собственных колебаний в полном резонаторе, обусловленное потерями энергии в заполняющей среде.
 17. Лемма Лоренца и теорема взаимности для двух систем монохроматических источников.
 18. Вывод соотношений ортогональности для волновых мод в линии передачи с помощью леммы Лоренца.
 19. Представление полей в волноводе, созданных сторонними переменными токами, в виде разложений по собственным модам. Формулы для коэффициентов возбуждения.
 20. Метод решения задачи о возбуждении идеального полого резонатора сторонними переменными токами. Потенциальные и вихревые поля. Ортогональность полей собственных мод.
 21. Представление полей, создаваемых в резонаторе сторонними переменными токами в виде разложения по собственным модам резонатора. Формулы для коэффициентов возбуждения. Резонансные свойства.
 22. Возбуждение резонатора с помощью штыря и петли.
 23. Теорема об эквивалентности задания на границе области тангенциальных компонент полей E_τ , H_τ и поверхностных токов $\vec{J}_{нов}^{(e)}$, $\vec{J}_{нов}^{(m)}$.
 24. Понятия дифференциального и полного сечений рассеяния тела.
 25. Кирхгофовское приближение (метод физической оптики) в задачах дифракции на идеально проводящих телах.
 26. Метод геометрической оптики в задачах дифракции волн на рассеивающих объектах.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знание фундаментальных понятий, принципов и положений электродинамики, основных законов теории поля	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	ответа						
Умение анализировать полученные знания и возможности и их использования в профессиональной деятельности	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки решения профессиональных задач в области электродинамики	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных задач. Студент безупречно решил задачу, дал полный и развернутый ответ на

	<p>теоретический вопрос билета, правильно ответил на дополнительные вопросы, а также решил одно из заданий повышенной сложности, продемонстрировав способность к самостоятельной выработке умений и навыков решения нестандартных задач.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
Отлично	<p>Высокий уровень подготовки. Студент безупречно решил задачу, а также дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент решил задачу, дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с небольшими ошибками или недочетами. Студент решил задачу, дал ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний.</p> <p>Студент решил задачу, дал неполный ответ на теоретический вопрос билета, затруднялся с ответом на дополнительные вопросы. Студент посещал практические занятия.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент не решил задачу или испытывал значительные трудности при ее решении. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, не умеет решать задачи. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Гармонические волны в линиях передачи. Выражение для векторного потенциала. Дифференциальное уравнение для поперечной волновой функции $\psi(\vec{r}_\perp)$. Понятия продольного и поперечного волнового числа. Выражения для полей ТЕ, ТМ и ТЕМ волн. Импедансная связь между поперечными компонентами электрического и магнитного полей и понятие поперечного волнового сопротивления в бегущей волне.	ОПК-1
2. Граничные условия для поперечных волновых функций волн ТЕ, ТМ и ТЕМ типов в идеальной линии передачи. Математическая формулировка задачи описания волн ТЕ, ТМ и ТЕМ типов.	ОПК-1
3. Дисперсионное уравнение для волн в идеальной линии передачи. Критические частоты и длины волн. Зависимости длины волны, фазовой и групповой скорости от частоты. Распространяющиеся и нераспространяющиеся волны.	ОПК-1
4. Медленные волны, направляемые плоским диэлектрическим слоем. Дифференциальное уравнение для поперечной волновой функции и его решения для областей внутри и вне слоя. Выражения для полей, граничные условия и дисперсионные (характеристические) уравнения для симметричных и несимметричных волн типа ТМ.	ОПК-2
5. Волны в прямоугольном металлическом волноводе. Спектр собственных функций и поперечных волновых чисел волн ТЕ и ТМ типов. Структура поля низших типов волн.	ОПК-1
6. Волны в круглом металлическом волноводе. Спектр собственных функций и поперечных волновых чисел волн ТЕ и ТМ типов.	ОПК-2
7. Главные (ТЕМ) волны в линиях передачи. Условие существования ТЕМ волны. ТЕМ волна в коаксиальной линии (картина силовых линий, зависимость полей от координат).	ОПК-1
8. Телеграфные уравнения для идеальной линии. Погонные параметры линии. Волновое уравнение, общий вид его решения. Понятие волнового сопротивления линии в терминах тока и напряжения.	ОПК-1
9. Отражение волны от нагрузки на конце линии передачи (в терминах тока и напряжения). Формула пересчета импеданса. Понятие согласования линии с нагрузкой.	ОПК-1
10. Решение дисперсионного уравнения для симметричных и несимметричных волн, направляемых плоским диэлектрическим слоем, графическим методом; критические частоты; область существования единственной (низшей) моды.	ОПК-2
11. Затухание волн в линии передачи, обусловленное потерями энергии в заполняющей среде.	ОПК-2
12. Затухание волн в линии передачи, обусловленное потерями энергии в металлической стенке.	ОПК-2
13. Собственные колебания в полном резонаторе, представляющем собой закороченный на концах отрезок линий передачи. Спектр собственных частот и низшая мода для полости прямоугольной формы.	ОПК-1
14. Общая постановка задачи о собственных электромагнитных колебаниях в полых резонаторах с идеально проводящими стенками. Действительность собственных частот идеального резонатора.	ОПК-1

15. Затухание собственных колебаний в полном металлическом резонаторе, обусловленное конечной проводимостью стенок.	ОПК-2
16. Затухание собственных колебаний в полном резонаторе, обусловленное потерями энергии в заполняющей среде.	ОПК-2
17. Лемма Лоренца и теорема взаимности для двух систем монохроматических источников.	ОПК-1
18. Вывод соотношений ортогональности для волновых мод в линии передачи с помощью леммы Лоренца.	ОПК-1
19. Представление полей в волноводе, созданных сторонними переменными токами, в виде разложений по собственным модам. Формулы для коэффициентов возбуждения.	ОПК-1
20. Метод решения задачи о возбуждении идеального полого резонатора сторонними переменными токами. Потенциальные и вихревые поля. Ортогональность полей собственных мод.	ОПК-1
21. Представление полей, создаваемых в резонаторе сторонними переменными токами в виде разложения по собственным модам резонатора. Формулы для коэффициентов возбуждения. Резонансные свойства.	ОПК-1
22. Возбуждение резонатора с помощью штыря и петли.	ОПК-1
23. Теорема об эквивалентности задания на границе области тангенциальных компонент полей E_τ , H_τ и поверхностных токов $\vec{j}_{нов}^{(e)}$, $\vec{j}_{нов}^{(m)}$.	ОПК-2
24. Понятия дифференциального и полного сечений рассеяния тела.	ОПК-1
25. Кирхгофское приближение (метод физической оптики) в задачах дифракции на идеально проводящих телах.	ОПК-2
26. Метод геометрической оптики в задачах дифракции волн на рассеивающих объектах.	ОПК-2

5.2.2. Типовая контрольная работа для оценки компетенции ОПК-2

<p>1. Дисперсионное уравнение для низшей моды в пустом ($\varepsilon = \mu = 1$) прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения a и b ($a > b$) можно записать в виде</p> <p>1) $\lambda_g = \frac{2\pi}{\sqrt{(\omega/c)^2 - (\pi/a)^2}}$</p> <p>2) $h = \sqrt{(\omega/c)^2 - (\pi/b)^2}$</p> <p>3) $\lambda_g = 2\pi/h$</p> <p>4) $k = \omega/c$</p> <p>Обозначения: λ_g – длина волны в волноводе, h – продольное волновое число, k – волновое число плоской волны в вакууме</p>	<p>2. Что верно для главной (ТЕМ) волны в идеальной линии передачи без заполнения ($\varepsilon = \mu = 1$) ?</p> <p>1) Длина волны не зависит от частоты</p> <p>2) Продольное волновое число равно нулю</p> <p>3) Электрическое поле всюду параллельно магнитному</p> <p>4) Критическая частота равна нулю</p>
--	--

<p>3. Собственные колебания в прямоугольном резонаторе с внутренними размерами ребер a, b, d ($a > b > d$) могут происходить только на частотах</p> <p>1. $\omega_{mnp} = c\pi\sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2}$</p> <p>2. $\omega_{mnp} = c\pi\sqrt{(m/b)^2 + (n/d)^2}$</p> <p>3. $\omega_{mnp} = c\pi\sqrt{(m/a)^2 + (n/d)^2}$</p> <p>4. $\omega_{mnp} = c\pi\sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2 + (p/d)^2}$,</p> <p>Здесь m, n, p – целые числа, одно из которых может быть равно нулю</p>	<p>4. Силовые линии электрического поля низшей моды прямоугольного резонатора с внутренними размерами a, b, d при условии $a > b > d$ представляют собой</p> <p>1) прямые, параллельные ребру a,</p> <p>2) замкнутые кривые, лежащие в плоскостях, перпендикулярных ребру d</p> <p>3) прямые, параллельные ребру d</p> <p>4) замкнутые кривые, лежащие в плоскостях, перпендикулярных ребру a</p>
<p>5. Волновое сопротивление линии передачи в терминах тока и напряжения равно отношению амплитуды напряжения в падающей волне к амплитуде тока</p> <p>1) в отраженной волне</p> <p>2) в падающей волне</p> <p>3) на входе линии</p> <p>4) через нагрузку</p>	<p>6. Коэффициент отражения от нагрузки на конце линии равен нулю, если импеданс нагрузки равен</p> <p>1) нулю</p> <p>2) бесконечности</p> <p>3) волновому сопротивлению</p> <p>4) половине волнового сопротивления</p>

5.2.3. Типовой тест для оценки компетенции ОПК-1

Задание 1.

Инструкция: установите соответствие.

Вид линии передачи	Волны, направляемые этими линиями
1. Пустая металлическая труба (волновод)	А. Быстрые ТЕ волны
2. Два параллельных провода в вакууме	Б. Медленные ТЕ волны
3. Плоский диэлектрический волновод	В. Быстрые ТМ волны
	Г. Медленные ТМ волны
	Д. Волна типа ТЕМ

1) 1ВВ2АДЗГ

2) 1АВ2БГЗД

3) 1АВ2ДЗБГ

4) 1Д2АБЗВГ

Задание 2.

Инструкция: Расположите указанные ниже волновые моды квадратного металлического волновода в порядке возрастания их критической частоты.

А – волна TM_{11}

Б – волна TM_{12}

В – волна TE_{10}

Г – волна TE_{02}

1) ВАГБ

2) АБВГ

3) БАВГ

4) ВАБГ

Задание 3.

Инструкция: выберите все верные, по Вашему мнению, ответы.

В идеальном прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения $1 \times 2 \text{ см}^2$ при значении частоты $f = 2 \cdot 10^{10}$ Гц могут распространяться волны следующих типов

1) TE_{10} 2) TM_{10} 3) TE_{11} 4) TE_{20} 5) TE_{30} 6) TE_{01} 7) TM_{11}

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Никольский В. В., Никольская Т. И. - Электродинамика и распространение радиоволн: [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1989. - 543 с. – 155 экз.
2. Вайнштейн Л. А. - Электромагнитные волны. - М.: Радио и связь, 1988. – 440 с. – 225 экз.
3. Баскаков С. И. - Основы электродинамики: [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - М.: Советское радио, 1973. - 248 с. – 20 экз.
4. Гольдштейн Л. Д., Зернов Н. В. - Электромагнитные поля и волны. - М.: Советское радио, 1971. - 662 с. – 25 экз.
5. Гильденбург, В.Б. Сборник задач по электродинамике. [Электронный ресурс] / В.Б. Гильденбург, М.А. Миллер. — Электрон. дан. — М.: Физматлит, 2001. — <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101137.html>

б) дополнительная литература:

1. Джексон Д. - Классическая электродинамика. - М.: Мир, 1965. - 702 с. – 23 экз.

2. Батыгин, В.В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности. [Электронный ресурс] / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 480 с. — 40 экз.
3. Терлецкий Я. П., Рыбаков Ю. П. - Электродинамика: [учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов]. - М.: Высшая школа, 1980. – 335 с. – 13 экз.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор программы Гильденбург В.Б.

Рецензент Гавриленко В.Г.

Заведующий кафедрой, проф. Кудрин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.