

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан РТФ

УТВЕРЖДАЮ /А.Н. Дедов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

01.03.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.1.28 Электромагнитные поля и волны

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Квалификация выпускника

Бакалавр

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Направленность

Интеллектуальные телекоммуникационные системы и  
сети

Курс 3  
Семестр 5, 6

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	4	часов
Лабораторные работы	8	часов
Практические занятия	-	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	12	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	96	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	6	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	РТиС	СОГЛАСОВАНО	В.В. Павлов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра радиотехники и связи

		(наименование кафедры)	
06.02.2023	протокол №	21	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).  
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Н.В. Рябова
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.Н. Дедов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Пашукова Светлана Геннадьевна, Директор филиала в РМЭ ПАО "Ростелеком"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 06.03.2023 г.  
Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации	<b>знания:</b> Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	ИД ОПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера <b>навыки:</b>
	ИД ОПК-1.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Математика (ОПК-1), Физика (ОПК-1), Химия (ОПК-1), Физические основы электроники (ОПК-1), Теоретические основы электротехники (ОПК-1); практик: Учебная практика (ознакомительная) (ОПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-1)

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Уравнения Максвелла</b>	<b>36</b>	ОПК-1
Лекция. Основные уравнения электромагнетизма. Плоские волны. Параметры плоской волны.	4	
Лабораторная работа. Изучение электромагнитного поля волны основного типа в прямоугольном волноводе	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Плоские однородные волны в однородной изотропной среде. Полное преломление и отражение на поверхности раздела двух сред. Распространение электромагнитных волн в анизотропных и гиротропных средах. Распространение плоской волны в плазме. Параметры волн в направляющей системе. Прямоугольный волновод. Двухплоскостной волновод. Круглый волновод.	28	
Иная контактная работа:	0	

### 6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Электромагнитные волны</b>	<b>72</b>	ОПК-1
Лабораторная работа. Изучение электромагнитного поля в круглом и коаксиальном волноводах	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение РГР Электромагнитное поле в направляющих системах с волнами Т-типа. Электромагнитные волны в открытых направляющих системах. Волоконный световод.  Выполнение расчетно-графического задания: 1). расчет размеров волновода и поля в нем; расчет потерь в линии передачи на базе прямоугольного волновода; 2). расчет параметров цилиндрического резонатора; анализ структуры поля в резонаторе и выбор положения щелей для возбуждения и для нагрузки.	68	
Иная контактная работа:	0	

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Электромагнитные поля и волны" рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине "Электромагнитные поля и волны", концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к занятиям семинарского типа включает ознакомление с планом практического (лабораторного) занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины "Электромагнитные поля и волны".

Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины "Электромагнитные поля и волны", оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает выполнение расчётно-графической работы, лабораторной работы.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины "Электромагнитные поля и волны".

Формой итоговой аттестации по дисциплине является зачет.

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющихся в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Электронный ресурс] : учебник / Григорьев А. Д. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 704 с. ISBN 978-5-8114-0706-4.	<a href="https://e.lanbook.com/book/210095">https://e.lanbook.com/book/210095</a>
2.	Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : [учеб. для студентов вузов по направлению подгот. 210300 "Радиотехника" специальности 210302 "Радиотехника" и др.] / В. А. Неганов [и др.] ; под ред. В. А. Неганова, С. Б. Раевского. Изд. 4-е, стер. М.: Радиотехника, 2009. - 743 с. ISBN 978-5-88070-154-4.	5
3.	Фальковский, Олег Исаакович. Техническая электродинамика [Текст] : учебник / О. И. Фальковский. Изд. 2-е, стер. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009. - 429,	11

	[1] с. ISBN 978-5-8114-0980-8. Экземпляры: всего 11.	
4.	Бабенко, Александр Николаевич. Электромагнитные поля и волны [Текст] : лаб. практикум / А. Н. Бабенко, В. В. Павлов. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. - 67 с. Экземпляры: всего 104.	104
5.	Бабенко, А. Н. Расчет электрических и магнитных полей [Текст] : [лаб. практикум по дисциплине "Электромагнит. поля и волны" для студентов направлений 210700 "Инфокоммуникац. технологии и системы связи", 201400 "Радиотехника" и др. специальностей]. Ч. 1, 2012. - 119 с. ISBN 978-5-8158-0986-4. Экземпляры: всего 94.	94 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Babenko_Raschet_elektricheskix_i_magnitnyx_polej.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Babenko_Raschet_elektricheskix_i_magnitnyx_polej.pdf</a>
6.	Бабенко, Александр Николаевич. Электромагнитные поля и волны [Текст] : учебное пособие : [для студентов вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров 210700 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", 210400 "Радиотехника"] / А. Н. Бабенко; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Поволж. гос. технол. ун-т". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. - 443 с. ISBN 978-5-8158-1061-7. Экземпляры: всего 62.	62

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	538 (III)	ИЗМЕРИТЕЛЬ КСВН P261 (1), ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ P1-7 (1), МФУ Canon i-SENSYS MF232W (1), Осциллограф GDS -7 (1), Принтер Canon LBP 1120 (1), СЕЛЕКТ.НАНОВОЛЬТМЕТР (1), Системный блок RAY P360 3 ,клав,мышь оптич, коврик+монитор 19" ViewSonic VA916 (1), Комплект учебной мебели (1)	Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий	Зачтено

### 7.1. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

1. Выберите правильно продолжение предложения «Векторными, называют величины .....»

- а) которые задаются в каждой точке пространства тремя числами
- б) которые описываются одним числом, которое не изменяются при любых преобразованиях систем координат
- в) которые задаются в каждой точке пространства двумя числами
- г) которые описываются одним числом.

2. Градиентом скалярного поля называют ...

- а) вектор, направленный по нормали к поверхности равного уровня в сторону возрастания функции и численно равный скорости изменения функции по этому направлению.
- б) циркуляцию этого вектора по замкнутому контуру, поделенную на величину площади  $S$ , охваченной этим контуром при стремлении  $S$  к нулю.
- в) скаляр, описывающий источники поля.
- г) удельный поток этого вектора из объема  $V$  через поверхность  $S$ , ограничивающую этот объем, при  $V \rightarrow 0$ , стремящемся к нулю.

3. В каких формах записывается уравнение Максвелла?

- а) Интегральной и дифференциальной
- б) Интегральной и векторной

в) Векторной и дифференциальной

г) Скалярной и интегральной

4. В чем состоит принцип электродинамического подобия?

а) если созданы условия, при которых коэффициенты  $C$  двух задач одинаковы при то электродинамические задачи подобны, т. е. описываются одними и теми же безразмерными уравнениями Максвелла.

б) каждый элемент сферической поверхности фронта, который имеет в данный момент волна, является вторичным источником элементарных сферических волн, а огибающая этих волн будет сферическим фронтом волны в более поздний момент.

в) каждый элемент сферической поверхности фронта, который имеет в данный момент волна, является первичным источником элементарных сферических волн, а огибающая этих волн будет сферическим фронтом волны в более поздний момент.

г) если созданы условия, при которых коэффициенты  $C$  двух задач различны при то электродинамические задачи подобны, т. е. описываются разными безразмерными уравнениями Максвелла.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Сформулируйте закон сохранения заряда, интегральную и дифференциальную формы уравнения непрерывности.

2. Сформулируйте первое уравнение Максвелла, закон Гаусса.

3. Сформулируйте интегральную и дифференциальную формы второго уравнение Максвелла, уравнение непрерывности магнитных силовых линий.

4. Сформулируйте третье уравнение Максвелла, закон полного тока.

5. Приведите соотношение для расчета волнового сопротивления среды. Каковы его особенности?

6. Приведите соотношение для комплексной постоянной распространения.

7. Дайте определение фазы электрического поля плоской волны.

8. Приведите соотношения для расчета длины волны.

9. Дайте определение цилиндрической волны, функций Ханкеля и Бесселя.

10. Каковы граничные условия для нормальных составляющих векторов поля? Каковы граничные условия для тангенциальных составляющих векторов поля?



11. Опишите механизм распространения плоской волны вблизи границы раздела двух сред.
12. Приведите картину механизма распространения плоских волн с вертикальной поляризацией вблизи границы раздела двух сред.
13. Расскажите об особенностях преломленной и отраженной волн для плоских волн с вертикальной поляризацией вблизи границы раздела двух сред.
14. Приведите соотношения для коэффициентов отражения и преломления на поверхности раздела для плоских волн с вертикальной поляризацией вблизи границы раздела двух сред.
15. Приведите соотношения для коэффициентов отражения и преломления на поверхности раздела для плоских волн с горизонтальной поляризацией вблизи границы раздела двух сред.
16. Опишите условия полного преломления от поверхности раздела. Опишите условия полного отражения от поверхности раздела.
17. Дайте понятие определения медленных волн. Приведите картину линий равного уровня для модуля электрического поля у границы раздела диэлектрика и металла, опишите ее особенности.
18. Дайте понятие определения неоднородной плоской волны. Дайте определения продольного и поперечного волновых чисел.
19. Какие волны называются волнами  $E$ -типа или  $TM$ -типа? Приведите картину линий равного уровня для модуля магнитного поля у границы раздела диэлектрика и металла в случае волн с горизонтальной поляризацией.
20. Какие волны называются волнами  $H$ -типа или  $TE$ -типа? Приведите соотношения для потерь мощности на отражающей металлической поверхности для волн  $E$ - и  $H$ -типа. Опишите их особенности.
21. Опишите особенности поляризации волн  $E$ - и  $H$ -типа. Дайте определение тензора электрической восприимчивости.
22. Опишите особенности распространения электромагнитного поля в анизотропных средах. Дайте понятие явления двух лучепреломления.
23. Опишите воздействие электрического поля на анизотропный кристалл. Каковы особенности плоской волны в анизотропном кристалле, помещенном в электрическое поле.
24. Опишите особенности изменения тензора диэлектрической проницаемости ионизированного газа в магнитном поле. Дайте понятие частоты гиромагнитного резонанса.
25. Опишите особенности изменения тензора магнитной проницаемости феррита в магнитном поле. Дайте понятие частоты ферромагнитного резонанса.
26. Опишите особенности распространения плоской волны в плазме вдоль направления внешнего постоянного магнитного поля.
27. Расскажите об особенностях распространения электромагнитных волн на различных частотах: область до гиромагнитного резонанса, область продольного гиромагнитного резонанса, область в районе плазменной частоты.

28. В чем заключается особенность эффекта Фарадея в ионизированном газе.
29. Опишите особенности распространения плоской волны в ионизированном газе, поперек внешнего постоянного магнитного поля.
30. Опишите особенности распространения плоской волны в феррите помещенном во внешнее постоянное магнитное поле.
31. Приведите соотношения для расчета волновых чисел, критической длины волны, фазовой и групповой скорости.
32. Напишите формулы для расчета поперечных волновых чисел, критической длины волны и волнового сопротивления в случае волн электрического и магнитного типов.
33. Приведите формулы для вычисления потерь в волноводе для волн магнитного и электрического типов.
34. Расскажите об особенностях расчета параметров двухплоскостного металлического волновода
35. Какие три типа волн с минимальным значением индекса  $n$  могут распространяться в двухплоскостном волноводе, образованном ионосферой и поверхностью Земли на частоте 300 Гц. Считать, что высота ионосферы 60 км?
36. Какие волноводы называются круглыми? Приведите соотношения для расчета продольных составляющих электромагнитного поля в круглом волноводе.
37. Запишите соотношения для расчета выражений, определяющих поле в круглом волноводе в случае волн электрического типа.
38. Изобразите структуру поля в поперечном сечении с минимальным значением индексов в случае волн электрического типа.
39. Изобразите структуру коаксиального волновода, картину поля в поперечном сечении и приведите соотношения для расчета электрического и магнитного полей волны  $T$ -типа.
40. Опишите конструкции полосковых линий передач и изобразите конструкцию в поперечном сечении и распределение силовых линий электрического и магнитного полей. Как рассчитывается волновое сопротивление полосковых линий?
41. Приведите соотношения для описания электромагнитного поля в продольном направлении в двухплоскостном однородном диэлектрическом волноводе.
42. Приведите соотношение для расчета критической длины волны для волн магнитного типа.
43. Каковы условия полного внутреннего отражения в однородном диэлектрическом волноводе в приближении геометрической оптики? Приведите соотношение для расчета критической длины волны.
44. Каковы особенности распространения электромагнитных волн в градиентном диэлектрическом двухплоскостном волноводе?
45. Приведите соотношения для продольных составляющих электромагнитного поля в

волоконном световоде.

46. Расскажите об особенностях расчета параметров длинной линии, эквивалентной линии передачи.

47. Приведите соотношения для расчета напряжения и тока, рассчитанного по формальной модели в прямоугольном волноводе с основным типом колебания.

48. Приведите соотношение для расчета полного входного сопротивления линии передачи конечной длины.

49. Каковы особенности структуры поля в поперечном сечении в волноводе и резонаторе?

50. Как рассчитывается резонансная частота и добротность в резонаторе? Каковы условия существования волн заданного типа в резонаторе?

51. Приведите соотношения для расчета резонансной частоты и добротности прямоугольного резонатора с волнами магнитного и электрического типа?

52. Расскажите о способах возбуждения и включения объемных резонаторов.

53. Изобразите и опишите конструкцию элементарного электрического вибратора, приведите соотношение для расчета плотности потока мощности от вибратора.

54. Приведите соотношение для расчета сопротивления излучения элементарного электрического вибратора и изобразите форму диаграммы направленности для магнитного поля.

55. Изобразите и опишите конструкцию элементарного магнитного вибратора, приведите соотношение для расчета плотности потока мощности от вибратора и сопротивления излучения.

56. Опишите, что собой представляет элемент Гюйгенса. Приведите соотношения для расчета составляющих электрического и магнитного полей элемента Гюйгенса и изобразите его диаграмму направленности.