


Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ИФФВТ
от 16 июня 2020 г. протокол № 11/02-19-10
Председатель _____ (Хусаинов А.Ш.)
(подпись, расшифровка подписи)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Электродинамика СВЧ
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра радиофизики и электроники (РФЭ)
Курс	3

Направление (специальность) **03.03.03 Радиофизика**
код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация) _____
Твердотельная электроника и наноэлектроника
полное наименование

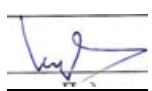
Форма обучения _____ **очная** _____
очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)


Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 01 » _____ сентября _____ 2020 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 _____ г.
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 _____ г.
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 _____ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Афанасьев С.А.	Радиофизики и электроники	Доцент кафедры РФЭ, к.ф.-м.н., доцент

СОГЛАСОВАНО		
Заведующий выпускающей кафедрой		
 _____ / Гурин Н.Т./ <i>Подпись</i> <i>ФИО</i>		
« <u>09</u> »	<u>06</u>	2020 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины: формирование у студентов углубленных знаний о физических явлениях и процессах, имеющих электромагнитную природу и происходящих в различных средах, антеннах и устройствах СВЧ.

Задачи освоения дисциплины:

- формирование у студентов углубленных знаний о переменных электромагнитных полях диапазона СВЧ;
- изучение математического аппарата, применяемого для описания физических процессов распространения и излучения электромагнитных волн;
- изучение процессов в линиях передачи электромагнитной энергии и в антеннах СВЧ.


2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электродинамика СВЧ» (Б1.Б.13) является обязательной и относится к базовой части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению 03.03.03 «Радиофизика».

Дисциплина "Электродинамика СВЧ" преподается после завершения общего курса физики и предусматривает углубленное изучение разделов, по которым студенты уже получили общее представление. Этими разделами, имеющими особое значение для преподавания радиофизики, являются теория электромагнитного поля и физические явления при передаче и излучении электромагнитных волн. Кроме того, к этому времени студенты должны завершить изучение таких специальных курсов, как "Теория колебаний" и "Распространение электромагнитных волн в однородных, периодических и наноструктурах", которые формируют необходимую базу для преподавания данных разделов на более высоком теоретическом уровне. Изучение дисциплины «Электродинамика СВЧ» сопровождается выполнением соответствующего цикла работ лабораторного практикума.

Дисциплина «Электродинамика СВЧ» преподается студентам в 6-ом семестре 3-ого курса очной формы обучения и базируется на отдельных компонентах компетенций, сформированных у обучающихся в ходе изучения предшествующих учебных дисциплин учебного плана:

- «Механика»;
- «Молекулярная физика»
- «Электричество и магнетизм»;
- «Колебания и волны, оптика»;
- «Атомная и ядерная физика»
- «Математический анализ»;
- «Аналитическая геометрия»;
- «Линейная алгебра»;
- «Теория вероятностей и математическая статистика»;
- «Дифференциальные уравнения»;
- «Информатика. Программирование»;
- «Методы математической физики»;
- «Теоретическая механика»;
- «Электродинамика»;
- «Теория колебаний»;
- «Распространение электромагнитных волн в однородных, периодических и наноструктурах»;
- «Физика полупроводников»;

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

- «Математический анализ функций многих переменных»;
- «Векторный и тензорный анализ»;
- «Интегральные уравнения и вариационное исчисление»;
- «Теоретические основы электротехники»;
- «Физическая электроника»;
- «Полупроводниковая электроника»;
- «Научные основы школьного курса физики»;
- «Методика преподавания физики»;
- «Методы анализа, контроля и диагностики полупроводниковых устройств»;
- «Материалы электронной техники»;
- «Численные методы и математическое моделирование»;
- «Основы радиоизмерений»;
- «Физика конденсированных сред»;
- «Физические основы технологии ИМС»;
- «Моделирование гуманитарных процессов»;
- «Физика активных элементов»;
- «Численные методы в квантовой оптике»;
- «Микропроцессорные системы»;
- «Основы электро- и радиоизмерений»;
- «Схемотехника»;


а также при выполнении проектной деятельности и прохождении учебной практики.

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:

- знать основные законы электродинамики, описывающие физические явления при передаче и излучении электромагнитных волн;
- владеть математическим аппаратом, необходимым для описания колебательных и волновых процессов;
- иметь способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;
- иметь способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- «Термодинамика и статистическая физика»
- «Радиоэлектроника»
- «Квантовая электроника»
- «Микро- и наносхемотехника»
- «Интегральная и волоконная оптика»
- «Практикум по квантовой электронике»
- «Практикум по интегральной и волоконной оптике»;
- «Практикум по квантовой электронике»
- «Практикум по электронике»
- «Микро- и наноэлектроника»
- «Автоматизация эксперимента»
- «Оптоэлектронные устройства»
- «Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС»
- «Статистическая радиофизика и нанооптика»;


Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

- «Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок», а также при прохождении производственной и преддипломной практик, выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и сдачи государственного экзамена, подготовке и защите выпускной квалификационной работы.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 Способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	Знать: основные уравнения электромагнетизма, волновые уравнения и их решения для основных случаев распространения и излучения электромагнитных волн диапазона СВЧ. Уметь: практически применять теоретические знания для решения простейших расчетных задач прикладной направленности. Владеть: математическим аппаратом, применяемым для описания переменных электромагнитных полей диапазона СВЧ.
ОПК-2 Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	Знать: основные тенденции и проблемы развития теории переменных электромагнитных полей и техники диапазона СВЧ. Уметь: самостоятельно приобретать новые знания в области теории электромагнитных колебаний и волн и ее технических приложений, пользуясь специальной литературой и современными образовательными и информационными технологиями. Владеть: понятийным аппаратом электродинамики и техники СВЧ, навыками поиска справочной информации по данному направлению радиофизики и радиотехники.
ПК-1 Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	Знать: физические процессы, лежащие в основе устройств, обеспечивающих распространение и преобразование электромагнитного излучения диапазона СВЧ. Уметь: оценивать и сравнивать параметры и эксплуатационные характеристики основных групп оборудования лабораторий СВЧ. Владеть: навыками работы с оборудованием, используемым в лабораториях СВЧ.
ПК-2 Способность использовать основные методы радиофизических измерений	Знать: простейшие методы оценки параметров и расчета основных характеристик процесса распространения СВЧ излучения в различных средах и направляющих структурах. Уметь: пользоваться простейшими приборами и устройствами для определения характеристик процесса распространения СВЧ излучения.

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

	Владеть: навыками проведения эксперимента с использованием измерительных устройств диапазона СВЧ, методиками обработки результатов измерений.
ПК-3 Владение компьютером на уровне опытного пользователя, применение информационных технологий	Знать: основные приемы и методы обработки результатов физического эксперимента с помощью компьютера. Уметь: применять компьютерные методики при проведении радиофизических измерений и для обработки их результатов. Владеть: навыками работы с программным обеспечением, предназначенным для обработки результатов физического эксперимента.

Приложение 1


4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 6 ЗЕТ.

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – очная)			
	Всего по плану	в т.ч. по семестрам		
		6	4	5
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	96/96	96/96	-	-
Аудиторные занятия:	96/96	96/96		
• лекции	16/16	16/16	-	-
• семинары и практические занятия	48/48	48/48	-	-
• лабораторные работы, практикумы	32/32	32/32	-	-
Самостоятельная работа	120/120 (из них 36 – контроль)	120/120 (из них 36 – контроль)	-	-
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	устный опрос, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам	устный опрос, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам		
Курсовая работа	-	-	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен	экзамен	-	-
Всего часов по дисциплине	216/216	216/216	-	-

- В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество


Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения


4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения – очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Плоские электромагнитные волны							
1. Основные уравнения классической электродинамики. Волновые уравнения и их решения в виде плоских волн	32	2	6	8	1	16	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
2. Энергетические соотношения для электромагнитных колебаний в средах различного типа	15	1	6	-	-	8	устный опрос, экзамен
3. Плоские электромагнитные волны на границе раздела сред	32	2	4	8	2	18	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

							по лабораторным работам
4. Электромагнитные волны в хорошо проводящих средах	13	1	4	-	-	8	устный опрос, экзамен
Раздел 2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах							
5. Общие свойства электромагнитного поля в линиях передачи	20	2	6	-	-	12	устный опрос, экзамен
6. Полые металлические волноводы	35	3	6	8	2	18	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
7. Объёмные резонаторы	11	1	2	-	-	8	устный опрос, экзамен
Раздел 3. Излучение электромагнитных волн							
8. Элементарные излучатели	18	2	6	-	-	10	устный опрос, экзамен
9. Антенны СВЧ	30	2	4	8	1	16	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

							лабораторным работам
Раздел 4. Электромагнитные волны в гиротропных средах							
10. Ферритовые устройства СВЧ	10		4			6	устный опрос
ИТОГО:	216	16	48	32	6	120	-

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Раздел 1. Плоские электромагнитные волны.

Тема 1. Основные уравнения классической электродинамики. Волновые уравнения и их решения в виде плоских волн.

Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в среде. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Волновое уравнение в однородном изотропном диэлектрике и его решение в виде плоских волн. Уравнения Максвелла для монохроматических колебаний; метод комплексных амплитуд. Уравнения Гельмгольца и их решение в виде плоских монохроматических волн в однородной изотропной среде без источников поля. Поляризация электромагнитных волн.

Тема 2. Энергетические соотношения для электромагнитных колебаний в средах различного типа.

Закон сохранения и изменения энергии электромагнитного поля. Энергия и поток энергии бегущей монохроматической волны. Стоячие электромагнитные волны. Энергетические соотношения для монохроматических колебаний в среде с комплексным показателем преломления.

Тема 3. Плоские электромагнитные волны на границе раздела сред.

Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух диэлектриков. Закон Снеллиуса, формулы Френеля для основных типов поляризации волн. Прохождение электромагнитных волн через плоскопараллельный диэлектрический слой. Полное внутреннее отражение. Нарушенное полное внутреннее отражение (туннелирование электромагнитных волн).

Тема 4. Электромагнитные волны в хорошо проводящих средах.

Распространение электромагнитных волн в неферромагнитном металле. Скин-эффект. Плоские волны на границе раздела диэлектрик – металл. Приближенные граничные условия Леонтовича.


Раздел 2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах.

Тема 5. Общие свойства электромагнитного поля в линиях передачи.

Классификация линий передачи. Классификация направляемых волн. Уравнение Гельмгольца для продольных составляющих поля и его решение; связь между продольными и поперечными составляющими поля направляемых волн. Типы волн в волноводах и условия их существования. Критическая длина волны. Дисперсия в линиях передачи, фазовая и групповая скорости. Основные режимы работы линий передачи. Понятие коэффициента стоячей волны.

Тема 6. Полые металлические волноводы.

Волны типа Е и типа Н в прямоугольном металлическом волноводе. Структура электромагнитного поля волны типа H_{10} в прямоугольном волноводе. Токи на стенках волновода. Излучающие и неизлучающие щели. Мощность, переносимая по прямоугольному волноводу (на примере волны типа H_{10}). Затухание волн в полых металлических волноводах; общие выражения для постоянной затухания. Расчет

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

постоянной затухания в прямоугольном металлическом волноводе для волны типа H_{10} . Линии передачи с ТЕМ-волнами. Коаксиальная линия передачи.

Тема 7. Объёмные резонаторы.

Собственные колебания полых металлических резонаторов. Прямоугольный металлический резонатор. Добротность объёмных резонаторов.

Раздел 3. Излучение электромагнитных волн.

Тема 8. Элементарные излучатели.

Неоднородные волновые уравнения для потенциалов электромагнитного поля и их решения для больших расстояний от системы движущихся зарядов. Электромагнитное поле, создаваемое элементарным электрическим излучателем. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности и мощность элементарного электрического излучателя. Электромагнитное поле, создаваемое элементарным магнитным излучателем.

Тема 9. Антенны СВЧ.

Основные типы антенн СВЧ. Основные параметры и характеристики антенн. Обзор методов экспериментального исследования антенных устройств. Элементарный линейный излучатель, режимы его излучения. Расчет диаграммы направленности линейного излучателя.

Раздел 4. Электромагнитные волны в гиротропных средах.

Тема 10. Ферритовые устройства СВЧ.

Эффекты Фарадея и Коттона – Мутона; устройство и принцип действия ферритовых приборов СВЧ на их основе: вентили, циркуляторы, фазовращатели.

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебной дисциплины и должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньших затратах времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Плоские электромагнитные волны.

Тема 1. Основные уравнения классической электродинамики. Волновые уравнения и их решения в виде плоских волн.

Семинар по теме 1 (2ч).

Практическое занятие по теме 1 (решение расчётных задач - 4ч).

Тема 2. Энергетические соотношения для электромагнитных колебаний в средах различного типа.

Семинар по теме 2 (2ч).

Практическое занятие по теме 2 (решение расчётных задач - 4ч).

Тема 3. Плоские электромагнитные волны на границе раздела сред.

Семинар по теме 3 (2ч).

Практическое занятие по теме 3 (решение расчётных задач - 2ч).

Тема 4. Электромагнитные волны в хорошо проводящих средах.


Семинар по теме 4 (2ч).

Практическое занятие по теме 4 (решение расчётных задач - 2ч).

Раздел 2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах.

Тема 5. Общие свойства электромагнитного поля в линиях передачи.

Семинар по теме 5 (4ч).

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

Практическое занятие по теме 5 (решение расчётных задач - 2ч).

Тема 6. Полюые металлические волноводы.

Семинар по теме 6 (4ч).

Практическое занятие по теме 6 (решение расчётных задач - 2ч).

Тема 7. Объёмные резонаторы.

Семинар по теме 7 (1ч).

Практическое занятие по теме 7 (решение расчётных задач - 1ч).

Раздел 3. Излучение электромагнитных волн.

Тема 8. Элементарные излучатели.

Семинар по теме 8 (4ч).

Практическое занятие по теме 8 (решение расчётных задач - 2ч).

Тема 9. Антенны СВЧ.

Семинар по теме 9 (2ч).

Практическое занятие по теме 9 (решение расчётных задач - 2ч).

Раздел 4. Электромагнитные волны в гиротропных средах

Тема 10. Ферритовые устройства СВЧ.

Семинар по теме 10 (заслушивание и обсуждение докладов - 4ч).

Практические (семинарские занятия) представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают основные разделы.

Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на практических занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение домашних заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Лабораторная работа № 1. Исследование электромагнитных полей с различной поляризацией.


Цель и содержание работы: изучение параметров, описывающих поляризацию монохроматических электромагнитных волн и методов их измерения; изучение способов преобразования поляризации электромагнитных волн.

Основные результаты: определение параметров поляризации электромагнитной волны методом поляризационной диаграммы.

Лабораторная работа № 2. Отражение и преломление электромагнитных волн.

Цель и содержание работы: изучение закономерностей поведения электромагнитного поля на границе раздела сред; изучение законов отражения и преломления плоских волн.

Основные результаты: экспериментальная проверка законов отражения и преломления электромагнитных волн.

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

Лабораторная работа № 3. Исследование электромагнитного поля в прямоугольном волноводе.

Цель и содержание работы: исследование структуры, затухания и дисперсии волны основного типа в прямоугольном волноводе.

Основные результаты: экспериментальное определение длины волны, коэффициента стоячей волны и постоянной затухания с помощью измерительной линии.

Лабораторная работа № 4. Исследование диаграмм направленности антенн.

Цель и содержание работы: изучение характеристик и параметров антенн и экспериментальных методов их измерения; изучение типов антенн и режимов их работы;

Основные результаты: определение диаграммы направленности волноводно-щелевой антенны в режимах поперечного и наклонного излучения.

На сдачу допуска к работе и ее выполнение отводится 4 ч, на сдачу отчета – 2 ч аудиторных занятий. Кроме того, проводится 4-часовое вводное занятие, включающее инструктаж по технике безопасности и 4-часовое итоговое занятие, в ходе которого проводится индивидуальное собеседование со студентами по всем выполненным работам.


8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

Вопросы к экзамену

1. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в среде. Материальные уравнения. Классификация сред в электродинамике. Граничные условия для векторов электромагнитного поля.
2. Метод комплексных амплитуд. Уравнения Максвелла для монохроматических колебаний. Уравнения Гельмгольца и их решение в виде плоской монохроматической волны.
3. Структура поля плоской монохроматической волны в однородном изотропном диэлектрике. Поляризация электромагнитных волн.
4. Плотность энергии и интенсивность бегущей монохроматической волны. Стоячие электромагнитные волны.
5. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух диэлектриков при наклонном падении – параллельная поляризация.
6. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух диэлектриков при наклонном падении – перпендикулярная поляризация.
7. Полное отражение плоской волны на границе раздела двух диэлектриков. Туннелирование электромагнитного излучения.
8. Плоские монохроматические волны в средах с комплексными материальными константами. Комплексное волновое число и комплексный импеданс среды. Правые и левые среды.
9. Плоские волны на границе раздела диэлектрик – проводник. Скин-эффект. Приближенные граничные условия Леонтовича. Случай идеального проводника.

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

10. Электромагнитные волны в волноводах: классификация направляемых волн; связь между продольными и поперечными составляющими поля направляемых волн; уравнение Гельмгольца для продольных составляющих.

11. Критическая длина волны и длина волны в волноводе, фазовая и групповая скорости направляемых волн.

12. H-волна в прямоугольном металлическом волноводе.

13. E-волна в прямоугольном металлическом волноводе.

14. Структура электромагнитного поля волны типа H_{10} в прямоугольном волноводе. Токи на стенках волновода. Излучающие и неизлучающие щели. Мощность, переносимая по волноводу волной типа H_{10} .

15. Затухание волн в полых металлических волноводах. Общие выражения для постоянной затухания. Частотная зависимость постоянных затухания прямоугольного волновода.

16. Линии передачи с TEM-волнами. Коаксиальная линия передачи.

17. Собственные колебания полых металлических резонаторов (на примере прямоугольного резонатора). Добротность объёмных резонаторов.

18. Неоднородные уравнения Максвелла в потенциалах и их решение в виде запаздывающих потенциалов.

19. Электродипольное излучение: расчет полей элементарного электрического излучателя. Ближняя и дальняя зоны.

20. Диаграмма направленности и мощность элементарного электрического излучателя. Сопротивление излучения.

21. Принцип перестановочной двойственности. Элементарный магнитный излучатель (на примере щелевого излучателя).

22. Ближняя и дальняя зоны апертурных антенн. Диаграмма направленности линейного излучателя.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019 г.).

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.


Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:

- подготовка к семинарским и практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к экзамену.

При подготовке к лабораторным занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками и учебными пособиями, в том числе и информацией, полученной в Internet.

Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами и подготовки к практическим занятиям:


- ознакомиться с содержанием темы;

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		


- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций).

Форма обучения – очная.


Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы <i>(проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)</i>	Объем в часах	Форма контроля <i>(проверка решения задач, реферата и др.)</i>
Раздел 1. Плоские электромагнитные волны			
1. Основные уравнения классической электродинамики. Волновые уравнения и их решения в виде плоских волн	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к лабораторным работам, подготовка к сдаче экзамена</i>	16	устный опрос, экзамен проверка решения задач, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
2. Энергетические соотношения для электромагнитных колебаний в средах различного типа	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	8	устный опрос, экзамен проверка решения задач
3. Плоские электромагнитные волны на границе раздела сред	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к лабораторным работам, подготовка к сдаче экзамена</i>	18	устный опрос, экзамен проверка решения задач, устный опрос-

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

			допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
4. Электромагнитные волны в хорошо проводящих средах	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	8	устный опрос, экзамен проверка решения задач
Раздел 2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах			
5. Общие свойства электромагнитного поля в линиях передачи	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	12	устный опрос, экзамен проверка решения задач
6. Полые металлические волноводы	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к лабораторным работам, подготовка к сдаче экзамена</i>	18	устный опрос, экзамен проверка решения задач, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
7. Объёмные резонаторы	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	8	устный опрос, экзамен проверка решения задач
Раздел 3. Излучение электромагнитных волн			
8. Элементарные	<i>проработка учебного материала,</i>	10	устный

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

излучатели	<i>решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>		опрос, экзамен проверка решения задач
9. Антенны СВЧ	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к лабораторным работам, подготовка к сдаче экзамена</i>	16	устный опрос, экзамен проверка решения задач, устный опрос- допуск к выполнению лабора- торных работ, защита отчетов по лабора- торным работам
Раздел 4. Электромагнитные волны в гиротропных средах			
10. Ферритовые устройства СВЧ	<i>доклад</i>	6	устный опрос

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная:

1. Андрусевич, Л. К. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / Л. К. Андрусевич, А. А. Ищук. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2009. — 207 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/54807.html>

дополнительная:

1. Теория и техника СВЧ : учебное пособие / А. И. Астайкин, К. В. Троцюк, С. П. Ионова, В. Б. Профе ; под редакцией А. И. Астайкин. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2008. — 464 с. — ISBN 978-5-9515-0109-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/18460.html>

2. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин [и др.]. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 200 с. — ISBN 978-5-8256-1146-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63924.html>

3. Электромагнитные поля и волны: учебное пособие / В. А. Замотринский, Ж. М. Соколова, Е. В. Падусова, Л. И. Шантана. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 181 с. — ISBN 5-86889-318-2. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/72228.html>

4. Электромагнитные поля и волны. Сборник задач и упражнений: учебное пособие / Л. А. Боков, А. Е. Мандель, Ж. М. Соколова, Л. И. Шангина. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. — 185 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/72229.html>


учебно-методическая:

1. Афанасьев С.А. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Электродинамика СВЧ» для студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 «Радиофизика» / С. А. Афанасьев, А. П. Гераскин; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск: УлГУ, 2019. – Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8478>

2. Афанасьев С. А. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электродинамика СВЧ» для студентов бакалавриата по направлению 03.03.03 Радиофизика / С. А. Афанасьев, А. П. Гераскин; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8879>

Согласовано:

 |  |  | _____
 Должность сотрудника научной библиотеки | ФИО | подпись | дата

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

б) Программное обеспечение _____

пакет программ Мой Офис Стандартный, ОС Альт Рабочая станция 8.

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2020]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2020]. - URL: <https://www.biblio-online.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2020]. – URL: http://www.studentlibrary.ru/catalogue/switch_kit/x2019-128.html. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2020]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2020]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.6. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=e3ddfb99-a1a7-46dd-a6eb-2185f3e0876a%40sessionmgr4008>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2020].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2020]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2020]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2020]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.


4. **Национальная электронная библиотека** : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2020]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. **SMART Imagebase** // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebsco.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

6.1. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/>. – Текст : электронный.

6.2. **Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

7. Образовательные ресурсы УлГУ:

7.1. Электронная библиотека УлГУ : модуль АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

7.2. Образовательный портал УлГУ. – URL: <http://edu.ulsu.ru>. – Режим доступа : для зарегистр. пользователей. – Текст : электронный.

Согласовано:

Зам.нач. УИТИТ *Ключева М.А.* *Т.В.Ш.*

 Должность сотрудника УИТИТ ФИО подпись дата

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий и лабораторных работ, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций. Комплект лабораторного оборудования лаборатории «Электродинамика СВЧ».

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе.

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик

С.А. Афанасьев

 (подпись)

доцент

С.А. Афанасьев

(должность)

(ФИО)