

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от 18 мая 2021 г. протокол № 10  
Председатель \_\_\_\_\_ (Рыбин В.В.)  
(подпись, расшифровка подписи)



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Электродинамика СВЧ</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b>
Кафедра	<b>Кафедра радиофизики и электроники (РФЭ)</b>
Курс	<b>4</b>

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

Направленность (профиль/специализация) \_\_\_\_\_  
нанoeлектроника  
*полное наименование*

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

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 01 » сентября 2021 г.

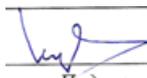
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 29.08 2022 г.

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

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
Заведующий выпускающей кафедрой
 _____ / Гурин Н.Т./ <i>Подпись</i> <span style="float: right;"><i>ФИО</i></span>
« <u>11</u> » <u>05</u> <u>2021</u> 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.В.1.09) является обязательной и относится к вариативной 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", 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 8-ом семестре 4-ого курса очной формы обучения и базируется на отдельных компонентах компетенций, сформированных у обучающихся в ходе изучения предшествующих учебных дисциплин учебного плана:

- «Теория колебаний»;
- «Метрология, стандартизация и сертификация»
- «Материаловедение наноматериалов и наносистем»;
- «Нанометрология»;
- «Физика конденсированного состояния вещества»
- «Физико-химические основы нанотехнологий»;
- «Высоковакуумные технологические процессы в микроинженерии»;
- «Физика активных элементов»;
- «Микро- и наноэлектроника»;
- «Квантовая электроника»;
- «Интегральная и волоконная оптика»;
- «Оптоэлектронные устройства»;
- «Моделирование микро- и наносистем»;
- «СВЧ полупроводниковые приборы и методы автоматизированного контроля электропараметров СВЧ-модулей»;
- «Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем»;
- «Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей»;

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

а также при выполнении научно-исследовательской работы (получения первичных навыков научно-исследовательской работы) и прохождении ознакомительной технологической (проектно-технологической) практик.

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 при прохождении преддипломной практики, 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
ПК-3Использование методик комплексного анализа структуры и физико-химических свойств полупроводниковых наноструктур	<p><b>Знать:</b>.принципы работы современной радиоэлектронной измерительной и испытательной аппаратуры и оборудования для проведения испытаний полупроводниковых наноструктур</p> <p><b>Уметь:</b>.проводить испытания полупроводниковых наноструктур использованием современной техники электро- и радиоизмерений по существующим методикам</p> <p><b>Владеть:</b>. приемами и навыками эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования для испытаний полупроводниковых наноструктур</p>

### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 4 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	
		8	

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

1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	56/56	56/56	-	-
Аудиторные занятия:	56/56	56/56		
• лекции(в т.ч. 0 ПрП)	14/14	14/14	-	-
• семинары и практические занятия(в т.ч. 0 ПрП)	28/28	28/28	-	-
• лабораторные работы, практикумы(в т.ч. 0 ПрП)	14/14	14/14	-	-
Самостоятельная работа	88/88 (из них 36 – контроль)	88/88 (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	-	-
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144/144</b>	<b>144/144</b>	-	-

- В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество 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
<b>Раздел 1. Плоские электромагнитные волны</b>							
1. Основные уравнения классической электродинамики. Волновые уравнения и их решения в виде плоских волн	32	2	2	3		8	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выпол-

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

							нению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
2. Энергетические соотношения для электромагнитных колебаний в средах различного типа	15	1	3	-	-	8	устный опрос, экзамен
3. Плоские электромагнитные волны на границе раздела сред	32	2	3	3		8	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
4. Электромагнитные волны в хорошо проводящих средах	13	1	3	-	-	8	устный опрос, экзамен
<b>Раздел 2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах</b>							
5. Общие свойства электромагнитного поля в линиях передачи	20	2	3	-	-	12	устный опрос, экзамен
6. Полые металлические волноводы	35	2	3	4		10	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ

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

							работ, защита отчетов по лабораторным работам
7. Объёмные резонаторы	11	1	2	-	-	8	устный опрос, экзамен
<b>Раздел 3. Излучение электромагнитных волн</b>							
8. Элементарные излучатели	18	1	3	-	-	10	устный опрос, экзамен
9. Антенны СВЧ	30	2	2	4	1	10	устный опрос, экзамен, устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам
<b>Раздел 4. Электромагнитные волны в гиротропных средах</b>							
10. Ферритовые устройства СВЧ	10		4			6	устный опрос
<b>ИТОГО:</b>	<b>144</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>14</b>		<b>88</b>	<b>-</b>

## 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

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

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 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.

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

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).

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

#### Тема 6. Полые 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.

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

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.

**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.

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

## 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.
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).

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

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;
- 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 (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
<b>Раздел 1. Плоские электромагнитные волны</b>			
1. Основные уравнения классической электродинамики. Волновые	проработка учебного материала, решение задач, подготовка к лабораторным работам, подготовка к сдаче экзамена	6	устный опрос, экзамен проверка решения задач, устный опрос-

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

уравнения и их решения в виде плоских волн			допуск к выполнению лабора-торных работ, защита отчетов по лабора-торным работам
2. Энергетические соотношения для электромагнитных колебаний в средах различного типа	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	4	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>	4	устный опрос, экзамен проверка решения задач, устный опрос-допуск к выполнению лабора-торных работ, защита отчетов по лабора-торным работам
4. Электромагнитные волны в хорошо проводящих средах	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	6	устный опрос, экзамен проверка решения задач
<b>Раздел 2. Электромагнитные волны и колебания в волноводах и резонаторах</b>			
5. Общие свойства электромагнитного поля в линиях передачи	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	6	устный опрос, экзамен проверка решения задач
6. Полюс металлические волноводы	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к лабораторным работам, подготовка к сдаче экзамена</i>	6	устный опрос, экзамен проверка решения задач, устный опрос-допуск к выполнению лабора-торных работ, защита отчетов по лабора-торным работам
7. Объёмные резонаторы	<i>проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена</i>	6	устный опрос, экзамен проверка решения задач
<b>Раздел 3. Излучение электромагнитных волн</b>			
8. Элементарные	<i>проработка учебного</i>	6	устный опрос,

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

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

## 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>

2. Потапов, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для вузов / Л. А. Потапов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 196 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05369-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472045>.

3. 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>.

#### дополнительная:

1. Теория и техника СВЧ : учебное пособие / А. И. Астайкин, К. В. Троцюк, С. П. ИONOва, 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. Мандель, А. Е. Распространение радиоволн : учебное пособие / А. Е. Мандель, В. А. Замотринский. — Томск : Томский государственный университет систем управления и



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

1.7. Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2021]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. ClinicalCollection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. Русский язык как иностранный : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2021]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2021].

### **3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2021]. – 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, [2021]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2021]. – 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, [2021]. – 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 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.

Согласовано:

*Зам.нач. ИТ*  
Должность сотрудника УИТиТ

*Ключкова М.А.*  
ФИО

*[Подпись]*  
подпись

дата

## **12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

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

  
(подпись)

доцент

С.А. Афанасьев

(должность)

(ФИО)



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

## 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2022]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2022]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2022]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2022]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. База данных «Русский как иностранный» : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2022]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2022].

## 3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий EastView : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2022]. – 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, [2022]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД Гребенников. – Москва, [2022]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2022]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

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

5. [SMART Imagebase](https://smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741) : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://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](http://window.edu.ru/) : федеральный портал . – URL: <http://window.edu.ru/> . – Текст : электронный.

6.2. [Российское образование](http://www.edu.ru) : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**7. Образовательные ресурсы УлГУ:**

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

Согласовано:

зам. кан. УИТИ / Кочков В / 16.05.2022 г.  
должность сотрудника УИТИ                      ФИО                      подпись                      дата