

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
**Муромский институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(МИ ВлГУ)**

**Кафедра РТ**

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заместитель директора по УР  
\_\_\_\_\_ Д.Е. Андрианов  
\_\_\_\_\_ 17.05.2022

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

*Электромагнитные поля и волны*

**Направление подготовки**

*11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи*

**Профиль подготовки**

*Системы радиосвязи и радиодоступа*

Семестр	Трудоем- кость, час./зач. ед.	Лек- ции, час.	Прак- тически занятия, час.	Лабора- торные работы, час.	Консуль- тация, час.	Конт- роль, час.	Всего (контак- тная работа), час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контроля (экз., зач., зач. с оц.)
4	144 / 4	16	12	16	3,6	0,35	47,95	69,4	Экз.(26,65)
Итого	144 / 4	16	12	16	3,6	0,35	47,95	69,4	26,65

Муром, 2022 г.

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель дисциплины: Овладение фундаментальными понятиями и законами классической и современной теории электромагнетизма и электромагнитных полей, особенностями распространения электромагнитных волн в различных средах, в линиях передачи электромагнитной энергии ; способами возбуждения электромагнитных волн.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование представления о месте и роли в современном мире электромагнитных явлений и процессов;
- формирование системы основных понятий, используемых для описания электромагнитных процессов и явлений;
- формирование навыков самостоятельной работы, организации исследовательской работы

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Для изучения дисциплины необходимы знания курсов «Физики» и «Математики». Дисциплина «Электромагнитные поля и волны» является предшествующей для дисциплин «Электродинамика и распространение радиоволн», «Антенно-фидерные устройства систем радиосвязи».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.2 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	уметь выбирать способы исследования структуры электромагнитных свободных и направляемых электромагнитных волн (ОПК-2.2) уметь анализировать условия распространения электромагнитного поля при задании характеристик среды (ОПК-2.2)	Тест, задачи, вопросы к защите лабораторной работы
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1 Демонстрирует знания математики, необходимые для решения задач в области профессиональной деятельности	знать основные характеристики электромагнитного поля (ОПК-1.1) знать способы описания явлений, возникающих на границе раздела сред (ОПК-1.1) знать способы задания свойств волн, распространяющихся в линиях передачи (ОПК-1.1)	Тест, задачи, вопросы к защите лабораторной работы

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

##### 4.1. Форма обучения: очная

Уровень базового образования: среднее общее.

Срок обучения 4г.

##### 4.1.1. Структура дисциплины

№ п\п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником							Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации(по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	КП / КР	Консультация	Контроль		
1	Система уравнений Максвелла	4	6	2						18	Тестирование, решение задач
2	Гармонические электромагнитные процессы	4	2							4	Тестирование
3	Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы	4	2	2						6	Тестирование, решение задач
4	Электромагнитные волны свободного однородного пространства	4	2	2	8					4	Тестирование, решение задач, выполнение и защита лабораторной работы
5	Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред	4	2	2	4					14	Тестирование, решение задач, выполнение и защита лабораторной работы
6	Электромагнитные волны в направляющих структурах	4	2	4	4					23,4	Тестирование, решение задач, выполнение и защита лабораторной работы
Всего за семестр		144	16	12	16			3,6	0,35	69,4	Экз.(26,65)
Итого		144	16	12	16			3,6	0,35	69,4	26,65

## **4.1.2. Содержание дисциплины**

### **4.1.2.1. Перечень лекций**

#### **Семестр 4**

##### *Раздел 1. Система уравнений Максвелла*

#### **Лекция 1.**

Электромагнитное поле и параметры среды: Электромагнитное поле и параметры среды: Векторы электромагнитного поля. Классификация сред. Графическое изображение полей. Векторные характеристики поля. Потенциальные и вихревые поля. Основные уравнения электродинамики: Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Уравнение непрерывности. Закон Ома в дифференциальной форме. Сторонние заряды и токи и их учет в уравнениях Максвелла. Относительность разграничения сред по признаку электропроводности (2 часа).

#### **Лекция 2.**

Граничные условия: Граничные условия для векторов электрического поля. Граничные условия для векторов магнитного поля. Граничные условия на поверхности идеального проводника. Физическая сущность граничных условий (2 часа).

#### **Лекция 3.**

Энергия электромагнитного поля: Баланс энергии электромагнитного поля. Плотность энергии электромагнитного поля. Скорость распространения энергии электромагнитной энергии. Электрическая и магнитная энергия электромагнитного поля. Теорема Умова – Пойтинга (2 часа).

##### *Раздел 2. Гармонические электромагнитные процессы*

#### **Лекция 4.**

Гармонические электромагнитные процессы: Метод комплексных амплитуд. Комплексные проницаемости. Система уравнений монохроматического поля. Средний баланс энергии электромагнитного поля (2 часа).

##### *Раздел 3. Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы*

#### **Лекция 5.**

Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы: Волновые уравнения. Векторный и скалярный потенциалы. Вектор Герца. Электродинамические потенциалы монохроматического поля (2 часа).

##### *Раздел 4. Электромагнитные волны свободного однородного пространства*

#### **Лекция 6.**

Электромагнитные волны в свободном пространстве: Плоские волны в однородной среде без потерь и их характеристики. Сферические волны в однородной среде без потерь и их характеристики. Плоские волны в среде с потерями (2 часа).

##### *Раздел 5. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред*

#### **Лекция 7.**

Отражение и преломление на плоских границах сред: Наклонное падение плоской волны. Направляемые волны. Условие полного отражения и полного прохождения во вторую среду. Падение плоской волны на границу с проводящей средой: Нормальное и наклонное падение плоской волны на границу с проводящей средой. Поверхностный эффект. Приближенные условия Леонтовича – Щукина (2 часа).

##### *Раздел 6. Электромагнитные волны в направляющих структурах*

#### **Лекция 8.**

Направляемые электромагнитные волны: Направляющие системы. Классификация направляемых волн. Волны в металлических волноводах: Волны в прямоугольном и круглом волноводе (2 часа).

### **4.1.2.2. Перечень практических занятий**

#### **Семестр 4**

##### *Раздел 1. Система уравнений Максвелла*

#### **Практическое занятие 1**

Векторный анализ волновых полей. Материальные уравнения (2 часа).

*Раздел 2. Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы*

**Практическое занятие 2**

Уравнения электродинамики (2 часа).

*Раздел 3. Электромагнитные волны свободного однородного пространства*

**Практическое занятие 3**

Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах (2 часа).

*Раздел 4. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред*

**Практическое занятие 4**

Падение электромагнитных волн на плоскую границу раздела двух диэлектрических сред (2 часа).

*Раздел 5. Электромагнитные волны в направляющих структурах*

**Практическое занятие 5**

Волны в прямоугольных металлических волноводах (2 часа).

**Практическое занятие 6**

Волны в прямоугольных металлических волноводах (2 часа).

### **4.1.2.3. Перечень лабораторных работ**

**Семестр 4**

*Раздел 1. Электромагнитные волны свободного однородного пространства*

**Лабораторная 1.**

Исследование простейших типов волн (4 часа).

**Лабораторная 2.**

Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах (4 часа).

*Раздел 2. Отражение и преломление плоских волн на границе раздела двух сред*

**Лабораторная 3.**

Отражение и преломление плоских волн (4 часа).

*Раздел 3. Электромагнитные волны в направляющих структурах*

**Лабораторная 4.**

Исследование поля основной волны прямоугольного волновода (4 часа).

### **4.1.2.4. Перечень тем и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Векторные характеристики поля.
2. Электромагнитные свойства сред.
3. Уравнения Максвелла для гармонических полей.
4. Классификация электромагнитных явлений.
5. Электростатика и магнитостатика.
6. Энергия электрического и магнитного поля.
7. Теорема взаимности.
8. Внутренняя и внешняя задачи электродинамики и условия единственности их решения.
9. Ориентация, поляризация и сложение волн.
10. Распространение электромагнитных сигналов.
11. Условия полного прохождения и отражения волн на границе раздела двух сред.
12. Поверхностный эффект и поглощение в проводниках.
13. Затухания волн и передача энергии в линиях передачи.
14. Теория линий передачи конечной длины. Круговая диаграмма полных сопротивлений.
15. Применение принципа двойственности.
16. Системы излучателей.
17. Принцип Гюйгенса – Френеля. Применение формулы Кирхгофа к расчету излучения из отверстия.

Для самостоятельной работы используются методические указания по освоению дисциплины и издания из списка приведенной ниже основной и дополнительной литературы.

**4.1.2.5. Перечень тем контрольных работ, рефератов, ТР, РГР, РПР**  
Не планируется.

**4.1.2.6. Примерный перечень тем курсовых работ (проектов)**  
Не планируется.

## **5. Образовательные технологии**

В процессе изучения дисциплины "Электромагнитные поля и волны" применяется контактная технология преподавания (за исключением самостоятельно изучаемых студентами вопросов). При проведении практических работ применяется имитационный или симуляционный подход. Шаги решения задач студентам демонстрируются при помощи мультимедийной техники. В дальнейшем студенты самостоятельно решают аналогичные задания

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**  
Фонды оценочных материалов (средств) приведены в приложении.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **7.1. Основная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Боков Л.А., Замотринский В.А., Мандель А.Е. Электродинамика и распространение радиоволн Томск: ТУСУР, 2012 г. , 301 с. - <http://www.iprbookshop.ru/13874>

2. Электромагнитные поля и волны: Практикум для студентов образовательных программ 11.03.01 Радиотехника; 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи / сост. Федосеева Е.В. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. (0,9 Мб). - Муром.: МИ ВлГУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM. - Загл. с экрана. Рег. номер 0321601975 - <https://www.mivlgu.ru/iop/mod/folder/view.php?id=4143>

3. Электромагнитные поля и волны: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов образовательных программ 11.03.01 Радио-техника; 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи / сост. Федосеева Е.В. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. (1,2 Мб). - Муром.: МИ (филиал) ВлГУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM. - Загл. с экрана. Рег. номер 0321504687 - <https://www.mivlgu.ru/iop/mod/folder/view.php?id=4144>

4. Горбачев, А. П. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах : учебное пособие / А. П. Горбачев, Ю. О. Филимонова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 212 с - <http://www.iprbookshop.ru/45199.html>

### **7.2. Дополнительная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Электромагнитные поля и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Замотринский [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 181 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72228.html>

### **7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

В образовательном процессе используются информационные технологии, реализованные на основе информационно-образовательного портала института ([www.mivlgu.ru/iop](http://www.mivlgu.ru/iop)), и инфокоммуникационной сети института:

- предоставление учебно-методических материалов в электронном виде;
- взаимодействие участников образовательного процесса через локальную сеть института и Интернет;
- предоставление сведений о результатах учебной деятельности в электронном личном кабинете обучающегося.

Информационные справочные системы:

Информационно-справочная социальная сеть радиотехников и электронщиков [www.umup.ru/](http://www.umup.ru/)

Сайт- радиотехнические системы <http://rateli.ru/>

Портал для радиолюбителей <http://www.radioman-portal.ru/>

Программное обеспечение:

Не предусмотрено.

### **7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

[iprbookshop.ru](http://iprbookshop.ru)

[lmivlgu.ru](http://lmivlgu.ru)

[mivlgu.ru](http://mivlgu.ru)

[umup.ru](http://umup.ru)

[rateli.ru](http://rateli.ru)

[radioman-portal.ru](http://radioman-portal.ru)

[mivlgu.ru/iop](http://mivlgu.ru/iop)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лаборатория антенн и устройств СВЧ

Стенды по дисциплинам «Оптические устройства», «Электродинамика и распространение радиоволн», «антенны и устройства СВЧ»; «Антенно-фидерные устройства»; генератор качающей частоты Р2-73; мультиметр АМ-1097; мультиметр НМ8112-3; генератор ГЧ-83 1 шт.; измеритель КСВН панорамный РК 2-47; измерительная линия – 2 шт.; измеритель КСВН панорамный Р2-66; измеритель КСВН панорамный Р2-73; приемник П5-5Б; приемник измерительный П5-14А; индикатор КСВ и ослабления Я2Р-67.

## **9. Методические указания по освоению дисциплины**

Для успешного освоения теоретического материала обучающийся: знакомится со списком рекомендуемой основной и дополнительной литературы; уточняет у преподавателя, каким дополнительным пособиям следует отдать предпочтение; ведет конспект лекций и прорабатывает лекционный материал, пользуясь как конспектом, так и учебными пособиями.

На практических занятиях пройденный теоретический материал подкрепляется решением задач по основным темам дисциплины. Каждой подгруппе обучающихся преподаватель выдает задачу, связанную с расчетом параметров электромагнитных полей и волн. В конце занятия обучающие демонстрируют полученные результаты преподавателю и при необходимости делают работу над ошибками.

До выполнения лабораторных работ обучающийся изучает соответствующий раздел теории. Перед занятием студент знакомится с описанием заданий для выполнения работы, внимательно изучает содержание и порядок проведения лабораторной работы. Лабораторные работы проводятся в лаборатории "Антенны и устройства СВЧ". Обучающиеся выполняют

измерения в соответствии с заданием на лабораторную работу. Полученные результаты исследований сводятся в отчет и защищаются по традиционной методике в классе на следующем лабораторном занятии. Необходимый теоретический материал, индивидуальное задание, шаги выполнения лабораторной работы и требование к отчету приведены в методических указаниях, размещенных на информационно-образовательном портале института.

Самостоятельная работа оказывает важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется обучающимся самостоятельно. Каждый обучающийся самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием дисциплины. Он выполняет внеаудиторную работу и изучение разделов, выносимых на самостоятельную работу, по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

Форма заключительного контроля при промежуточной аттестации – экзамен. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине разработаны фонд оценочных средств и балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов. Оценка по дисциплине выставляется в информационной системе и носит интегрированный характер, учитывающий результаты оценивания участия студентов в аудиторных занятиях, качества и своевременности выполнения заданий в ходе изучения дисциплины и промежуточной аттестации.



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению  
*11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи* и профилю подготовки  
*Системы радиосвязи и радиодоступа*  
Рабочую программу составил д.т.н., доцент Федосеева Е. В. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры *РТ* протокол № 17 от  
11.05.2022 года.

Заведующий кафедрой *РТ* \_\_\_\_\_ *Ромашов В.В.*  
(Подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии факультета

протокол № 4 от 12 мая 2022 года.

Председатель комиссии ФИТР \_\_\_\_\_ *Рыжкова М.Н.*  
(Подпись)

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

Программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

**Фонд оценочных материалов (средств) по дисциплине**  
**Электромагнитные поля и волны**

**1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине**

Тесты, вопросы к защите лабораторных работ, задачи находятся в Приложении 1.

**Общее распределение баллов текущего контроля по видам учебных работ для студентов**

Рейтинг-контроль 1	Тест, решение задач	10
Рейтинг-контроль 2	Тест, решение задач, выполнение и защита двух лабораторных работ	15
Рейтинг-контроль 3	Тест, решение задач, выполнение и защита двух лабораторных работ	20
Посещение занятий студентом		5
Дополнительные баллы (бонусы)		5
Выполнение семестрового плана самостоятельной работы		5

**2. Промежуточная аттестация по дисциплине**

**Перечень вопросов к экзамену / зачету / зачету с оценкой.**

**Перечень практических задач / заданий к экзамену / зачету / зачету с оценкой (при наличии)**

Оценочные средства для промежуточной аттестации находятся в Приложении 2.

**Методические материалы, характеризующих процедуры оценивания**

На основе типовых заданий программным комплексом информационно-образовательного портала МИ ВлГУ формируются в автоматическом режиме тестовые задания для студентов. Программный комплекс формирует индивидуальные задания для каждого зарегистрированного в системе студента и устанавливает время прохождения тестирования. Результатом тестирования является процент правильных ответов. С учетом индивидуального семестрового рейтинга студента формируется итоговая оценка.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить на экзамене, в соответствии с Положением составляет 40 баллов.

Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине равна 100.

Оценка в баллах	Оценка по шкале	Обоснование	<i>Уровень сформированности компетенций</i>
Более 80	«Отлично»	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом	<b>Высокий уровень</b>

		сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	
66-80	«Хорошо»	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	<b><i>Продвинутый уровень</i></b>
50-65	«Удовлетворительно»	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	<b><i>Пороговый уровень</i></b>
Менее 50	«Неудовлетворительно»	Содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки	<b><i>Компетенции не сформированы</i></b>

### 3. Задания в тестовой форме по дисциплине

Примеры заданий:

Вопрос 1

Если  $\text{div} A = 0$ , то поле

- +: соленоидальное
- : потенциальное
- : гармоническое
- : стационарное

Вопрос 2

Вектор  $E$  перпендикулярен границе раздела двух диэлектрических сред с параметрами  $\epsilon_1=2$ ,  $\mu_1=1$ ,  $\epsilon_2=4$ ,  $\mu_2=1$ . Найти значение вектора  $E$  во второй среде у границы раздела, если в первой среде значение вектора  $E$  равно 5 В/м

+: 2,5

Полный перечень тестовых заданий с указанием правильных ответов, размещен в банке вопросов на информационно-образовательном портале института по ссылке <https://www.mivlgu.ru/iop/question/edit.php?courseid=66&category=20367%2C635&qbshowtext=0&qbshowtext=1&recurse=0&recurse=1&showhidden=0>

Оценка рассчитывается как процент правильно выполненных тестовых заданий из их общего числа.