

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
_____ 23.05.2023

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. | Консультация, час. | Конт- роль, час. | Всего (контакт- ная 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, 2023 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, Тест, Тест, задачи, вопросы к защите лабораторной работы, Тест, вопросы к защите лабораторной работы, задачи |
| 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, Тест, Тест, задачи, вопросы к защите лабораторной работы, Тест, вопросы к защите лабораторной работы, задачи |

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 3. Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы

Практическое занятие 2

Уравнения электродинамики (2 часа).

Раздел 4. Электромагнитные волны свободного однородного пространства

Практическое занятие 3

Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах (2 часа).

Раздел 5. 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 6. 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 4. Электромагнитные волны свободного однородного пространства

Лабораторная 1.

Исследование простейших типов волн (4 часа).

Лабораторная 2.

Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах (4 часа).

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

Лабораторная 3.

Отражение и преломление плоских волн (4 часа).

Раздел 6. 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. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Л. А. Боков, В. А. Замотринский, А. Е. Мандель. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. — 410 с. - <https://www.iprbookshop.ru/72050.html>

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 - <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), 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:

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

mivlgu.ru

rateli.ru

radioman-portal.ru

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 № 18 от 10.05.2023 года.

Заведующий кафедрой *РТ* _____ *Ромашов В.В.*

(Подпись)

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

протокол № 9 от 19.05.2023 года.

Председатель комиссии ФИТР _____ *Рыжкова М.Н.*

(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 <https://www.mivlgu.ru/iop/course/view.php?id=66>

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 <https://www.mivlgu.ru/iop/mod/quiz/view.php?id=4145>

Методические материалы, характеризующие 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, | Высокий уровень |

| | | | |
|----------|-----------------------|--|---|
| | | необходимые практические навыки работы с освоенным материалом 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 | <i>Продвинутый уровень</i> |
| 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 | <i>Пороговый уровень</i> |
| Менее 50 | «Неудовлетворительно» | Содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки | <i>Компетенции не сформированы</i> |

3. Задания в тестовой форме по дисциплине

Примеры заданий:

Вопрос 1

Если $\operatorname{div} A = 0$, 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.