

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

*Handwritten signature of A.V. Leyfa*

А.В. Лейфа

«24»

*Handwritten initials*

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
Электродинамика и распространение радиоволн

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Программа подготовки: академический бакалавриат

Год набора 2020

Форма обучения: очная

Курс 2 и 3 Семестр 4 и 6

Экзамен 4 семестр, 36 акад. часов

Зачет с оценкой 6 семестр, 0,2 акад. час.

Лекции 50 (акад. час.)

Практические занятия 34 (акад. час.)

Самостоятельная работа 95,8 (акад. час.)

Общая трудоемкость дисциплины 216 (акад. час.), 6 (з.е.)

Составитель: О.В. Зотова, доцент, канд. физ.-мат. наук

Факультет инженерно-физический  
Кафедра физики

2020 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

«15» 05 20 20 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой  Е.В. Стукова

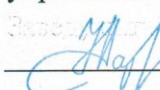
Рабочая программа одобрена на заседании УМС направления подготовки 03.03.02 Физика

«20» 05 20 20 г., протокол № 1

Председатель  Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебно-методического  
управления

 Н.А. Чалкина

«20» 05 20 20 г.

СОГЛАСОВАНО

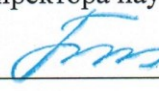
Заведующий выпускающей  
кафедрой

 Е.В. Стукова

«20» 05 20 20 г.

СОГЛАСОВАНО

И.о. директора научной библиотеки

 О.В. Петрович

«10» 05 20 20 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Цель дисциплины:** формирование научного мировоззрения и современного физического мышления через создание единой, логически непротиворечивой физической картины в области электромагнитных явлений, связывающей явления, теории и модели их описания; развитие способностей применения специализированных знаний при решении профессиональных задач.

### **Задачи дисциплины:**

- 1) раскрыть физический смысл уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме и применить макроскопический подход к описанию электромагнитного поля в средах;
- 2) сформировать фундаментальные знания в области теории электромагнитного поля посредством изучения законов, описывающих процессы распространения электромагнитных волн в свободном пространстве и направляющих системах;
- 3) освоить математический аппарат и методы электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах различного назначения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» является одной из дисциплин модуля «Теоретическая физика» базовой части учебного плана.

Электродинамике принадлежит одно из важнейших мест в ряду других разделов физики не только из-за ее весьма значительного прикладного значения, но и благодаря ее значительной роли в познании природы, в том числе в формировании квантовой теории и теории относительности. Особенностью дисциплины является то, что весьма сложные физические явления рассматриваются и анализируются только на основе теоретических представлений.

Для успешного освоения данной дисциплины студентам необходимы знания и умения, приобретенные в результате изучения дисциплины «Общая физика», а также высокий уровень математической подготовки, обеспечиваемый изучением дисциплин модуля «Математика»: Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление. Особую важность для успешного освоения курса имеет обобщающая математическая дисциплина «Векторный и тензорный анализ», что обусловлено особой структурой основных объектов электродинамики, которые имеют полевую природу.

Знания и навыки, полученные при освоении дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн», необходимы при последующем изучении дисциплин, таких как «Физика твердого тела», «Радиофизика и электроника», «Экспериментальные методы в физике», «Устройства приема и преобразования сигнала» и др.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

— способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

- 1) **знать:** известные опытные факты, теоретические основы, основные понятия, законы и модели электродинамики; решения уравнений Максвелла для последовательно усложняющихся случаев: постоянного поля, поля в отсутствие зарядов и токов, поля движущихся зарядов в вакууме; вывод волнового уравнения и его решение; параметры плоской однородной волны, при ее распространении в различных средах; особенности распространения радиоволн различных диапазонов, с учетом влияния поверхности Земли, тропосферы, ионосферы, а также в волноводных структурах (ОПК-3);



2) **уметь:** пользоваться теоретическими основами, понятиями, законами и моделями физики; решать задачи о нахождении величин полей в вакууме и средах; применять макроскопический подход к описанию электромагнитного поля в средах; рассчитывать напряженность электрических и магнитных полей и графически изображать поля; проводить самостоятельный анализ электромагнитных процессов, происходящих в различных средах с помощью методов векторной и тензорной алгебры; решать задачи, связанные с использованием электромагнитных волн в свободном пространстве и в направляющих системах (ОПК-3);

3) **владеть:** теоретическим материалом по основным разделам курса в объеме достаточном для идентификации, описания и объяснения электромагнитных явлений в вакууме и в средах; математическими методами анализа электромагнитных явлений (ОПК-3).

#### 4. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Темы, разделы дисциплины                                             | Компетенции |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                                      | ОПК-3       |
| Введение.                                                            | +           |
| 1. Математические основы электродинамики                             | +           |
| 2. Экспериментальные основы электродинамики                          | +           |
| 3. Свойства электромагнитного поля в веществе                        | +           |
| 4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики                   | +           |
| 5. Электростатическое поле                                           | +           |
| 6. Стационарное электромагнитное поле                                | +           |
| 7. Квазистационарное электромагнитное поле                           | +           |
| 8. Электромагнитные волны в вакууме.                                 | +           |
| 9. Энергетические соотношения в электромагнитном поле                | +           |
| 10. Теория излучения электромагнитных волн. Элементарные излучатели. | +           |
| 11. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах           | +           |
| 12 Волновые явления на границе раздела двух сред                     | +           |
| 13 Электромагнитные волны в направляющих системах                    | +           |
| 14 Распространение электромагнитных волн в атмосфере Земли           | +           |

#### 5. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

| № п/п | Тема (раздел) дисциплины                              | Семестр | Неделя семестра | Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах) |       |     | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)<br>Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|-------------------------------------------------------|---------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                       |         |                 | Лекц.                                                                                                   | Практ | СРС |                                                                                                             |
| 1     | 2                                                     | 3       | 4               | 5                                                                                                       | 6     | 7   | 8                                                                                                           |
| 1     | Введение.<br>1. Математические основы электродинамики | 4       | 1-2             | 4                                                                                                       | 4     | 8   | ИДЗ<br>Коллоквиум                                                                                           |
| 2     | 2. Экспериментальные основы электродинамики           | 4       | 3-4             | 4                                                                                                       |       | 6   | Коллоквиум<br>Тест №1                                                                                       |
| 3     | 3. Свойства электромагнитного поля в веществе         | 4       | 5-6             | 4                                                                                                       | 1     | 6   | Коллоквиум<br>Тест №2                                                                                       |
| 4     | 4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики    | 4       | 7               | 2                                                                                                       | 1     | 6   | Коллоквиум                                                                                                  |

| 1  | 2                                                                    | 3 | 4     | 5         | 6         | 7           | 8                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------|---|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------------------------------------|
| 5  | 5. Электростатическое поле                                           | 4 | 8-9   | 4         | 2         | 6           | Коллоквиум<br>Тест №2                                              |
| 6  | 6. Стационарное электромагнитное поле                                | 4 | 10-11 | 4         | 2         | 6           | Коллоквиум                                                         |
| 7  | 7. Квазистационарное электромагнитное поле                           | 4 | 12-14 | 6         | 4         | 6           | Письменный опрос                                                   |
| 8  | 8. Электромагнитные волны в вакууме.                                 | 4 | 15-16 | 4         | 1         | 8           | Письменный опрос                                                   |
| 9  | 9. Энергетические соотношения в электромагнитном поле                | 4 | 17    | 2         | 1         | 6           | Письменный опрос                                                   |
| 10 | <b>Итого в 4 семестре</b>                                            |   |       | <b>34</b> | <b>16</b> | <b>58</b>   | <b>Экзамен (36 акад. час.)</b>                                     |
| 11 | 10. Теория излучения электромагнитных волн. Элементарные излучатели. | 6 | 1-4   | 4         | 2         | 6           | Реферат<br>Коллоквиум                                              |
| 12 | 11. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах           | 6 | 5-8   | 4         | 4         | 8           | Коллоквиум, ИДЗ<br>Письменный опрос                                |
| 13 | 12 Волновые явления на границе раздела двух сред                     | 6 | 9-10  | 2         | 4         | 8           | Коллоквиум, ИДЗ<br>Письменный опрос                                |
| 14 | 13 Электромагнитные волны в направляющих системах                    | 6 | 11-14 | 4         | 4         | 6           | Коллоквиум<br>Реферат                                              |
| 15 | 14 Распространение электромагнитных волн в атмосфере Земли           | 6 | 15-17 | 2         | 4         | 9,8         | Реферат                                                            |
| 16 | <b>Итого в 6 семестре</b>                                            |   |       | <b>16</b> | <b>18</b> | <b>37,8</b> | <b>Зачет с оценкой 0,2 (акад.час.)</b>                             |
| 17 | <b>Итого по дисциплине</b>                                           |   |       | <b>50</b> | <b>34</b> | <b>95,8</b> | <b>Экзамен (36 акад. час.)<br/>Зачет с оценкой 0,2 (акад.час.)</b> |

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Лекции

| № п/п | Наименование темы (раздела)                           | Содержание темы (раздела)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Введение.<br>1. Математические основы электродинамики | Роль электродинамики в современной физической картине мира. Связь с другими дисциплинами. Системы единиц. Классическая электродинамика и ее применение в науке и технике, перспективы развития.<br>Основы векторного и тензорного анализа. Криволинейные координаты. Элементы объема и поверхности в криволинейных координатах. Векторное и скалярное поле. Интегральные теоремы. Дифференциальные векторные операторы. Дифференциальные операции второго порядка. |
| 2     | 2. Экспериментальные основы электродинамики           | Электростатическое поле. Электрическое смещение и электростатическая теорема Гаусса (интегральная и дифференциальная форма). Электрический ток. Закон Ома в дифференциальной форме. Закон сохранения заряда (уравнение непрерывности). Магнитное поле постоянного тока. Закон Био – Савара – Лапласа. Закон полного тока в интегральной и дифференциальной форме. Ток смещения. Обобщение за-                                                                      |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)                     | Содержание темы (раздела)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                    | кона полного тока для токов проводимости и смещения. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Теорема Гаусса для магнитного поля, ее физический смысл. Фундаментальная система уравнений Максвелла в вакууме (интегральная и дифференциальная форма). Полнота системы. Единственность решений уравнений Максвелла. Закона сохранения энергии электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3        | 3. Свойства электромагнитного поля в веществе      | Электронная теория вещества. Система уравнений Максвелла-Лоренца. Усреднение микроскопических уравнений Максвелла в среде. Поляризация среды в электрическом поле. Средняя плотность тока и средняя плотность заряда в среде, их связь с векторами поляризации и намагниченности. Классификация электромагнитных полей. Разграничение сред по признаку электропроводности. Граничные условия для векторов электромагнитного поля на поверхности раздела сред.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4        | 4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики | Векторный и скалярный потенциалы. Описание электромагнитного поля с помощью потенциалов. Неоднозначность потенциалов. Уравнение Даламбера. Калибровка потенциалов (калибровочные соотношения). Уравнения для потенциалов поля в веществе. Пределы применимости уравнений связи. Единственность решения уравнений Максвелла. Прямая и обратная задачи электродинамики. Разделы электродинамики.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5        | 5. Электростатическое поле                         | Система уравнений Максвелла для статического приближения. Электростатическое поле, его потенциальный характер. Скалярный потенциал электростатического поля, его физический смысл и свойства. Уравнения Лапласа и Пуассона. Потенциал системы зарядов в вакууме на больших расстояниях от нее. Разложение потенциала по мультиполям. Мультипольные моменты. Дипольный момент. Поле диполя. Диполь в электрическом поле. Энергия взаимодействия системы неподвижных зарядов и энергия электростатического поля в диэлектриках. Свойства электростатического поля проводников. Поле вблизи поверхности проводника. Потенциал и емкость проводника, системы проводников, потенциальные и емкостные коэффициенты. |
| 6        | 6. Стационарное электромагнитное поле              | Уравнения Максвелла для стационарного приближения. Векторный потенциал поля стационарных токов в однородных и изотропных средах. Уравнение Лапласа-Пуассона для векторного потенциала. Закон Био и Савара. Магнитное поле системы движущихся зарядов на больших расстояниях. Магнитный момент тока. Энергия магнитного поля системы токов. Контур с током (магнитный диполь) во внешнем магнитном поле.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 7        | 7. Квазистационарное электромагнитное поле         | Условия квазистационарности. Уравнения Максвелла для квазистационарного приближения. Интегрирование уравнений для случая линейных проводников. Коэффициенты самоиндукции и взаимной индукции. Закон Ома для системы квазистационарных токов. Правила Кирхгофа для цепей переменного (квазистационарного) тока. Электрическая цепь с ин-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)                                      | Содержание темы (раздела)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                     | дуктивностью и емкостью. Вынужденные колебания. Резонанс. Квазистационарные процессы в цепи с постоянной эдс. Собственные колебания. Переменные поля и токи в массивных покоящихся проводниках. Скин-эффект: сущность явления и его качественное объяснение. Элементарная теория скин-эффекта.                                                                                                                                                                                                                      |
| 8        | 8. Электромагнитные волны в вакууме                                 | Переменное электромагнитное поле. Электромагнитные поля в отсутствии зарядов и токов. Волновые уравнения (уравнения Даламбера) и его решение для плоских электромагнитных волн, свойства электромагнитных волн. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные амплитуды характеристик электромагнитного поля.                                                                                                                                                                                                |
| 9        | 9. Энергетические соотношения в электромагнитном поле               | Сторонние источники электромагнитного поля. Баланс энергии электромагнитного поля в случае гармонических колебаний. Вектор Пойнтинга для гармонических полей. Теорема Умова-Пойнтинга. Принцип перестановочной двойственности. Лемма Лоренца.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10       | 10. Теория излучения электромагнитных волн. Элементарные излучатели | Уравнения поля для произвольно движущихся зарядов, решение в виде запаздывающих потенциалов. Энергия, излучаемая системой зарядов в пределах малого телесного угла. Элементарный электрический излучатель – гармонический осциллятор (диполь Герца). Излучение гармонического осциллятора. Электромагнитное поле осциллятора вблизи него и в волновой зоне. Поток энергии. Принцип перестановочной двойственности. Элементарный магнитный излучатель. Элемент Гюйгенса. Теорема эквивалентности. Условие излучения. |
| 11       | 11. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах          | Плоские электромагнитные волны и их характеристики. Уравнения Гельмгольца для векторов поля. Понятие характеристического сопротивления. Плотность потока мощности в плоской электромагнитной волне. Особенности распространения плоских электромагнитных волн в среде без потерь и в реальной среде.                                                                                                                                                                                                                |
| 12       | 12 Волновые явления на границе раздела двух сред                    | Поля на границах раздела сред. Поляризация электромагнитных волн. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред без потерь. Формулы Френеля. Нормальное и наклонное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство с потерями. Неоднородные плоские волны. Приближенные граничные условия Леонтовича.                                                                                                                                                             |
| 13       | 13. Электромагнитные волны в направляющих системах                  | Классификация направляющих систем. Общие свойства направляемых волн. Математическое представление и классификация направляемых волн. Прямоугольный и круглый металлические волноводы. Решение двумерного уравнения Гельмгольца. Волны типа $E$ и типа $H$ . Критические частоты, дисперсионная характеристика волновода. Характеристическое сопротивление волновода. Круглый волновод. Волноводы с волнами типа $T$ . Коаксиальный и полосковый волноводы. Затухание волн в полых металлических волноводах.         |

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела)                              | Содержание темы (раздела)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14       | 14. Распространение электромагнитных волн в атмосфере Земли | Влияние земной поверхности на распространение радиоволн.. Расстояние прямой видимости. Классификация моделей радиотрасс над земной поверхностью. Влияние сферичности Земли. Дифракция радиоволн на препятствии. Структура и электродинамические параметры земной атмосферы (тропосферы и ионосферы). Основные закономерности распространения радиоволн в атмосфере. Преломление радиоволн. Виды тропосферной рефракции. Закон отражения радиоволн в ионосфере. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов на реальных трассах. Область пространства, существенная для распространения радиоволн. |

## 6.2. Практические занятия

На практические занятия выносятся наиболее важные разделы курса. На каждом занятии предлагается несколько задач, часть из которых решается с подробным обсуждением метода и полученных результатов, остальные задачи студенты решают самостоятельно.

Так же на практических занятиях осуществляется текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и темам курса в виде: контрольной работы (решение задач), коллоквиума (проверка знаний теоретического материала) и тестирования или письменного опроса (проверка знаний понятийного аппарата, основных законов и формул).

### Тематическое планирование практических занятий

| № занятия | Раздел дисциплины                                                                                                                 | Тема                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Кол-во<br>акад. час. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1<br>2    | Введение.<br>1. Математические основы электродинамики                                                                             | Основные формулы векторного анализа. Преобразование векторов и тензоров. Дифференциальные векторные операторы. Дифференциальные операции второго порядка.                                                                                                                                                                                                                                                          | 4                    |
| 3<br>4    | 3. Свойства электромагнитного поля в веществе<br>4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики<br>5. Электростатическое поле | Методы решения задач электростатики: нахождение электростатических полей с помощью теоремы Гаусса и принципа суперпозиции; интегрированием уравнений Лапласа и Пуассона.                                                                                                                                                                                                                                           | 4                    |
| 5         | 6. Стационарное электромагнитное поле                                                                                             | Расчет поля, созданного линейными токами с помощью закона Био – Савара – Лапласа в дифференциальной форме и принципа суперпозиции.<br>Расчет поля, созданного непрерывным распределением тока по поверхности или объему, с помощью закона полного тока.<br>Расчет поля созданного произвольным распределением тока по поверхности или объему, методом интегрирования уравнения Пуассона для векторного потенциала. | 2                    |
| 6         | Темы 1- 6                                                                                                                         | <i>Коллоквиум</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2                    |



| № занятия                 | Раздел дисциплины                                                                  | Тема                                                                                                                                                                                                   | Кол-во акад. час. |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 7                         | 7. Квазистационарное электромагнитное поле                                         | Квазистационарные явления в линейных проводниках. Закон электромагнитной индукции. Расчет коэффициентов самоиндукции и взаимоиנדукции.                                                                 | 2                 |
| 8                         | 8. Электромагнитные волны<br>9. Энергетические соотношения в электромагнитном поле | Решение задач: расчет характеристик электромагнитного поля с применением уравнений Максвелла и теоремы Пойтинга для случаев квазистационарного и переменного электромагнитного поля в однородной среде | 2                 |
| <b>Итого в 4 семестре</b> |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                        | <b>16</b>         |
| 1                         | 10. Теория излучения электромагнитных волн. Элементарные излучатели.               | Решение задач: Излучение электромагнитных волн. Электрический и магнитный излучатели                                                                                                                   | 2                 |
| 2<br>3                    | 11. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах                         | Решение задач: расчет характеристик плоских электромагнитных волн в идеальном диэлектрике, в диэлектрике с потерями и в проводящей среде. Определение характеристического сопротивления среды.         | 4                 |
| 4                         | 12 Волновые явления на границе раздела двух сред                                   | Решение задач: падение плоской волны на границу двух сред без потерь. Формулы Френеля, угол Брюстера. Полное отражение                                                                                 | 2                 |
| 5                         | <b>Разделы 10-12</b>                                                               | <b>Коллоквиум</b>                                                                                                                                                                                      | 2                 |
| 6<br>7                    | 13 Электромагнитные волны в направляющих системах                                  | Решение задач: Электромагнитные поля в прямоугольном и круглом волноводах. Т-волны в направляющих системах                                                                                             | 4                 |
| 8                         | 14 Распространение электромагнитных волн в атмосфере Земли                         | Семинар: защита рефератов (доклады с презентациями)                                                                                                                                                    | 2                 |
| 9                         | <b>Итоговое занятие (темы 10-14)</b>                                               | <b>Итоговый тест</b>                                                                                                                                                                                   | 2                 |
| <b>Итого в 6 семестре</b> |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                        | <b>18</b>         |

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В самостоятельную работу включается: самостоятельное изучение некоторых вопросов, подготовка к практическим занятиям, контрольным работам, тестам, коллоквиуму, зачету и экзамену.

**1. Подготовка к практическим занятиям (Ппз).** При подготовке к практическому занятию необходимо выучить теоретический материал по заданной теме (за основу берутся лекции), выполнить домашнее задание (решение задач). Темы – в соответствии с таблицей практических занятий.

В подготовку к практическим занятиям также входит подготовка к тестированиям и письменным опросам по темам занятий.

**2. Подготовка к коллоквиуму (Пк).** Коллоквиум проводится на 12 уч. неделя семестра. На коллоквиум выносятся вопросы изученных ранее тем, в соответствии с таблицей практических занятий. Коллоквиум показывает степень освоения студентом теоретического материала дисциплины и готовность студента к экзамену. Подготовка ведется по вопросам для самоподготовки. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении оценки за семестр на

экзамене.

3. **Выполнение индивидуального домашнего задания (ИДЗ).** ИДЗ представляет собой набор задач по указанным темам, численные данные к которым выбираются в соответствии с вариантом. Темы - в соответствии с таблицей практических занятий. Все задания выполняются студентом в часы, отведенные на самостоятельную работу, опираясь на изученный теоретический материал, изложенный в лекционном курсе, и проработанный на практических аудиторных занятиях. Индивидуальное задание сдается на проверку по частям (по мере изучения соответствующих разделов) в течение семестра. Незачтенные задачи индивидуального задания должны быть выполнены заново и представлены на повторную проверку вместе с первоначальной работой и замечаниями преподавателя. На исправление замечаний отводится недельный срок со дня их выдачи после первой проверки.

4. **Подготовка к экзамену (Пэ).** Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на экзамен.

5. **Подготовка к зачету (Пз).** Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на зачет.

#### 6. **Вопросы изучаемые самостоятельно (Сит)**

1. Электронная теория ориентационного механизма поляризации.
2. Индукция токов в движущихся проводниках.
3. Основные уравнения электродинамики медленно движущихся проводников в предельных случаях сильного и слабого скин-эффекта.
4. Торможение излучением. Радиационное трение. Условия пренебрежения реакцией излучения.
7. Элементарные щелевой и рамочный излучатели как примеры реализации элементарного магнитного излучателя
8. Распространение импульсов в средах с частотной дисперсией.
9. Некоторые способы возбуждения и основы применения прямоугольных и круглых волноводов.
10. Поверхностные электромагнитные волны и замедляющие системы.
11. Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере.
12. Распространение радиоволн КВ диапазона с учетом влияния ионосферы.

#### **Тематическое планирование самостоятельной работы**

| № п/п | Раздел дисциплины                                     | Форма (вид) самостоятельной работы | Трудоемкость в акад. часах |
|-------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1     | 1. Математические основы электродинамики              | (Ппз), (Пк)                        | 8                          |
| 2     | 2. Экспериментальные основы электродинамики           | (Ппз), (Пк), (Сит)                 | 6                          |
| 3     | 3. Свойства электромагнитного поля в веществе         | (Пк), (Сит)                        | 6                          |
| 4     | 4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики    | (Ппз), (Пк), (Сит)                 | 6                          |
| 5     | 5. Электростатическое поле                            | (Ппз), (Пк), (Сит)                 | 6                          |
| 6     | 6. Стационарное электромагнитное поле                 | (Ппз), (Пк), (Сит)                 | 6                          |
| 7     | 7. Квазистационарное электромагнитное поле            | (Ппз), (Пк), (Сит)                 | 6                          |
| 8     | 8. Электромагнитные волны в вакууме                   | (Ппз), (Пк), (Сит)                 | 8                          |
| 9     | 9. Энергетические соотношения в электромагнитном поле | (Ппз), (Пк), (Пз)                  | 6                          |
| 10    | <b>Итого в 4 семестре</b>                             |                                    | <b>58</b>                  |

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                                                    | Форма (вид)<br>самостоятельной рабо-<br>ты | Трудоемкость<br>в акад. часах |
|----------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|
| 11       | 10. Теория излучения электромагнитных волн. Элементарные излучатели. | (Ппз), (Сит), (Пз)                         | 6                             |
| 12       | 11. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах           | (Ппз), (ИДЗ), (Пк),<br>(Сит), (Пз)         | 8                             |
| 13       | 12 Волновые явления на границе раздела двух сред                     | (Ппз), (ИДЗ), (Пк),<br>(Пз)                | 8                             |
| 14       | 13 Электромагнитные волны в направляющих системах                    | (Ппз), (ИДЗ), (Пк),<br>(Сит), (Пз)         | 6                             |
| 15       | 14 Распространение электромагнитных волн в атмосфере Земли           | (Ппз), (Сит), (Пр), (Пз)                   | 9,8                           |
| 16       | <b>Итого в 6 семестре</b>                                            |                                            | <b>37,8</b>                   |

**Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:**

1. Электродинамика [Электронный ресурс]: сб. учебн.-метод. материалов по изучению дисциплины для направления подготовки 03.03.02/ АмГУ, ИФФ; сост. О. В. Зотова, - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 25 с. - Режим доступа:

[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/9896.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9896.pdf)

2. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: сб. учебн.-метод. материалов по изучению дисциплины для направления подготовки 03.03.02/ АмГУ, ИФФ; сост. О. В. Зотова, - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 25 с. - Режим доступа:

[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/9897.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9897.pdf)

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

### Тематическое планирование интерактивных форм обучения

| Раздел дисциплины                                  | Вид учебной работы   | Интерактивный метод                                  |
|----------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
| 1. Математические основы электродинамики           | лекция               | обратная связь                                       |
|                                                    | практическое занятие | разминка                                             |
| 2. Экспериментальные основы электродинамики        | лекция               | обратная связь                                       |
| 3. Свойства электромагнитного поля в веществе      | лекция               | презентация с использованием вспомогательных средств |
| 4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики | лекция               | презентация с использованием вспомогательных средств |
| 5. Электростатическое поле                         | практическое занятие | «мозговой штурм»                                     |
| 6. Стационарное электромагнитное поле              | лекция               | обратная связь                                       |
| 7. Квазистационарное электромагнитное поле         | практическое занятие | «мозговой штурм»                                     |

| Раздел дисциплины                                                    | Вид учебной работы   | Интерактивный метод                                                     |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 8. Электромагнитные волны в вакууме                                  | практическое занятие | «мозговой штурм»                                                        |
| 9. Энергетические соотношения в электромагнитном поле                | практическое занятие | разминка                                                                |
| 10. Теория излучения электромагнитных волн. Элементарные излучатели. | лекция               | обратная связь                                                          |
| 11. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах           | практическое занятие | «мозговой штурм»                                                        |
| 12 Волновые явления на границе раздела двух сред                     | лекция               | презентация с использованием вспомогательных средств                    |
| 13 Электромагнитные волны в направляющих системах                    | лекция               | презентация с использованием вспомогательных средств                    |
|                                                                      | практическое занятие | разминка                                                                |
| 14 Распространение электромагнитных волн в атмосфере Земли           | семинар              | защита рефератов (презентации с использованием вспомогательных средств) |

## 9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания, знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Электродинамика».

### Примерные вопросы к экзамену

1. Скалярные поля. Градиент и его физический смысл. Градиент в различных системах криволинейных координат.
2. Векторные поля. Поток вектора, его физический и геометрический смысл. Дивергенция. Дивергенция в различных системах криволинейных координат. Теорема Остроградского-Гаусса.
3. Циркуляция векторного поля. Физический и геометрический смысл. Ротор. Теорема Стокса. Ротор в различных системах криволинейных координат.
4. Дифференциальные операторы Гамильтона и Лапласа. Выражения градиента, дивергенции и ротора через оператор Гамильтона. Дифференциальные операции второго порядка.
5. Электрическое поле. Закон Кулона. Электрическое смещение и электростатическая теорема Гаусса. Дифференциальная форма теоремы Гаусса.
6. Электрический ток. Понятие о плотности тока. Закон Ома в дифференциальной форме. Закон сохранения заряда.
7. Закон полного тока в интегральной и дифференциальной форме. Токи смещения. Обобщение закона полного тока для токов проводимости и токов смещения.
8. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Дифференциальная форма закона электромагнитной индукции. Теорема Гаусса для магнитного поля, ее физический смысл.
9. Уравнения Максвелла в вакууме как обобщение опытных фактов. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Полнота системы.

10. Вывод закона сохранения энергии электромагнитного поля из общего уравнения баланса энергии. Понятие о векторе Умова-Пойнтинга.
11. Электронная теория вещества. Система уравнений Максвелла-Лоренца. Поляризация вещества. Намагничивание вещества.
12. Граничные условия для векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{D}$ .
13. Граничные условия для векторов  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{H}$ .
14. Описание электромагнитного поля с помощью потенциалов. Векторный и скалярный потенциалы. Уравнения Даламбера. Калибровка потенциалов (калибровочные соотношения).
15. Прямая и обратная задачи электродинамики. Единственность решения уравнений Максвелла. Разделы электродинамики.
16. Уравнения электростатики. Потенциальность электростатического поля. Скалярный потенциал, его физический смысл и свойства. Уравнения Лапласа и Пуассона.
17. Потенциал системы точечных зарядов. Потенциал непрерывно распределенных зарядов. Потенциал системы точечных зарядов на больших расстояниях от нее (метод разложения на мультиполи).
18. Поле диполя. Диполь в электрическом поле.
19. Энергия взаимодействия системы неподвижных зарядов как энергия электростатического поля в диэлектриках.
20. Свойства электростатического поля проводников. Поле вблизи поверхности проводника. Металлический экран. Потенциал и емкость проводника.
21. Энергия электростатического поля системы проводников.
22. Электродинамика стационарного электромагнитного поля. Условия существования постоянного тока. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа.
23. Система уравнений Максвелла для магнитного поля постоянных токов. Векторный потенциал для стационарных токов. Вывод интегральной формы закона Био – Савара – Лапласа.
24. Магнитное поле системы движущихся зарядов на больших расстояниях.
25. Контур с током (магнитный диполь) во внешнем магнитном поле.
26. Энергия магнитного поля постоянных токов. Самоиндукция и взаимная индукция.
27. Условия квазистационарности электромагнитных полей. Система проводников с учетом самоиндукции и взаимной индукции. Закон Ома для системы квазистационарных токов.
28. Квазистационарные токи в однородных идеальных элементах  $R$ ,  $L$  и  $C$ .
29. Правила Кирхгофа для цепей переменного тока. Вынужденные колебания. Резонанс.
30. Цепь с постоянной ЭДС без индуктивности. Система токов без индуктивностей с постоянными ЭДС.
31. Индуктивность в контуре с постоянной ЭДС.
32. Квазистационарные процессы в электрической цепи с постоянной ЭДС, индуктивностью и емкостью. Собственные колебания.
33. Скин-эффект. Сущность явления и его качественное объяснение. Элементарная теория скин-эффекта.
34. Переменное электромагнитное поле. Волновое уравнение и свойства электромагнитных волн.
35. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Метод комплексных амплитуд.
36. Сторонние источники электромагнитного поля. Баланс энергии электромагнитного поля в случае гармонических колебаний. Вектор Пойнтинга для гармонических полей. Теорема Умова-Пойнтинга. Принцип перестановочной двойственности. Лемма Лоренца..

#### **Примерные вопросы к зачету**

1. Излучение электромагнитных волн. Запаздывающие потенциалы на больших расстояниях от системы движущихся зарядов.
2. Энергия, излучаемая системой зарядов в пределах малого телесного угла.

3. Элементарный электрический излучатель – гармонический осциллятор (диполь Герца). Излучение гармонического осциллятора. Электромагнитное поле осциллятора вблизи него и в волновой зоне. Поток энергии.
4. Принцип перестановочной двойственности. Элементарный магнитный излучатель. Элемент Гюйгенса. Теорема эквивалентности. Условие излучения.
5. Плоские электромагнитные волны и их характеристики. Уравнение Гельмгольца для среды без потерь. Его решение. Волновое число и волновой вектор. Фронт волны. Понятие характеристического (волнового) сопротивления.
6. Плотность потока мощности в плоской электромагнитной волне. Особенности распространения плоских электромагнитных волн в среде без потерь и в реальной среде.
7. Поляризация плоской электромагнитной волны.
8. Электромагнитные волны в средах с потерями. Классификация сред. Коэффициент затухания.
9. Волновое число в поглощающих средах. Волны в диэлектрике. Волны в проводнике. Поверхностный эффект.
10. Нормальное падение плоской волны на границу двух сред. Формулы Френеля.
11. Наклонное падение плоской волны на границу двух сред. Законы Снеллиуса. Формулы Френеля. Угол Брюстера.
12. Явление полного внутреннего отражения и его применение. Неоднородные плоские волны.
13. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство с потерями. Приближенные граничные условия Леонтовича.
14. Понятие о направляющих системах и их классификация. Условия распространения электромагнитных волн в направляющих системах. Критическая частота, длина волны в линии передачи, фазовая скорость.
15. Связь между продольными и поперечными составляющими поля в однородной направляющей системе. Классификация направляемых волн.
16. Прямоугольный металлический волновод. Волны типа Е, их характеристики и структура поля.
17. Прямоугольный металлический волновод. Волны типа Н, их характеристики и структура поля.
18. Основная волна прямоугольного волновода, ее характеристики, структура поля и токов. Мощность, переносимая основной волной через поперечное сечение волновода.
19. Круглые волноводы. Волна основного типа и ее характеристики.
20. Волноводы с волнами типа Т. Коаксиальный и полосковый волноводы.
21. Затухание волн в полых металлических волноводах.
22. Понятие явления дифракции электромагнитных волн. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа в описании явления дифракции. Зоны Френеля.
23. Область пространства, существенная при распространении радиоволн.
24. Классификация моделей радиотрасс над земной поверхностью.
25. Поле излучателя, поднятого над плоской поверхностью. Интерференционная формула и формула Введенского.
26. Учет сферичности Земли при распространении радиоволн в зоне освещенности. Приведенные высоты.
27. Рассеяние радиоволн шероховатыми поверхностями. Критерий Рэлея.
28. Структура поля излучения вертикального диполя при низко расположенных антеннах.
29. Расчет вертикальной составляющей поля при низко расположенных антеннах. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.
30. Распространение радиоволн при низко расположенных антеннах над неоднородной трассой. Береговая рефракция.
31. Состав и электрические параметры тропосферы. Индекс преломления.



32. Распространение волн в плавно-неоднородной среде. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли. Виды тропосферной рефракции.
33. Строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Электрические параметры ионосферы.
34. Отражение и преломление радиоволн в ионосфере.

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### а) основная литература:

1. Бредов, М.М. Классическая электродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2003. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/606>.
2. Боков Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. — 410 с. — 978-5-86889-578-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72050.html>

### б) дополнительная литература:

1. Потапов, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие для бакалавриата и специалитета / Л. А. Потапов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 196 с. — (Серия : Бакалавр и специалист). — ISBN 978-5-534-05369-2. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/51133879-6474-4502-BE0C-09746DDFF1B5](http://www.biblio-online.ru/book/51133879-6474-4502-BE0C-09746DDFF1B5).
2. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50680>.
3. Андруевич Л.К. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.К. Андруевич, А.А. Ишук. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2009. — 207 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54807.html>
4. Батыгин, В.В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/544>
6. Крамм, М.Н. Сборник задач по основам электродинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Н. Крамм. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1541>.
7. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т: учеб. пособие: рек. Мин. обр РФ/ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. -М. : Физматлит. -2003.  
Т. 2 : Теория поля/ под ред. Л. П. Питаевского. -8-е изд., стер.. -2003.-534 с.
8. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика [Текст]: в 10 т: учеб. пособие: рек. Мин. обр РФ/ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. -М. : Физматлит. -2003.  
Т. 8 : Электродинамика сплошных сред/ под ред. Л. П. Питаевского. -8-е изд., стер.- [Б.м.: б.и. -2003, 2005.-652 с.

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

| № | Наименование ресурса                                                | Описание                                                                                                                                            |
|---|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>             | Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия                   |
| 2 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a> | Электронно-библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС |

|   |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                         | IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования. |
| 3 | <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a> | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования                                                                                                                                                                  |

| № | Перечень программно-го обеспечения (обеспеченного лицензией) | Реквизиты подтверждающих документов (при наличии), тип и количество                                                                                |
|---|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Операционная система MS Windows 7 Pro                        | DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года |

**г) профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

| № | Наименование ресурса                                                      | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <a href="http://dxdy.ru/fizika-f2.html">http://dxdy.ru/fizika-f2.html</a> | Научный форум. Физика, Математика, Химия, Механика и Техника. Обсуждение теоретических вопросов, входящих в стандартные учебные курсы. Дискуссионные темы физики: попытки опровержения классических теорий и т.п. Обсуждение нетривиальных и нестандартных учебных задач. Полезные ресурсы сети, содержащие материалы по физике.                    |
| 2 | <a href="http://www.mavicanet.ru/">http://www.mavicanet.ru/</a>           | MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все существующие подкатегории раздела физика, если источник связан с теоретическими исследованиями.                                                         |
| 3 | <a href="https://uisrussia.msu.ru/">https://uisrussia.msu.ru/</a>         | Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ).                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4 | <a href="https://www.runnet.ru">https://www.runnet.ru</a>                 | RUNNet (Russian UNiversity Network) - крупнейшая в России научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обладающая протяженной высокоскоростной магистральной инфраструктурой и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (National Research and Education Networks, NREN) и с Интернет. |
| 5 | <a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>     | Министерство науки и высшего образования Российской Федерации                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **11.1 Общие рекомендации по организации самостоятельной работы**

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется *самоконтролем*, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, студенту необходимо заниматься по 3–5 часов ежедневно. Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела, например чередованием умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность.

## **11.2 Самостоятельная работа с лекционным материалом**

При изучении дисциплины студентам рекомендуется составлять подробный конспект лекций. Подготовка к самостоятельной работе над лекционным материалом должна начинаться на самой лекции. Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания, но недостаточно только слушать лекцию. Возможности памяти человека не универсальны. Как бы внимательно студент не слушал лекцию, большая часть информации вскоре после восприятия будет забыта. Из сказанного следует, что для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать.

***Несколько общих советов по конспектированию лекций и дальнейшей работе с записями:***

1. Конспект лекций по каждой дисциплине должен быть в отдельной тетради.
2. Конспект должен легко восприниматься зрительно (чтобы максимально использовать «зрительную» память), поэтому он должен быть аккуратным. Выделяйте заголовки, отделите один вопрос от другого, соблюдайте абзацы, подчеркните термины.
3. При прослушивании лекции обращайте внимание на интонацию лектора и вводные слова «таким образом», «и так», «необходимо отметить» и т.п., которыми он акцентирует наиболее важные моменты. Не забывайте пометить это при конспектировании.
4. Не пытайтесь записывать каждое слово лектора, иначе потеряете основную нить изложения и начнете писать автоматически, не вникая в смысл. Техника прочтения лекций преподавателем такова, что он повторяет свою мысль два-три раза. Постарайтесь вначале понять ее, а затем записать, используя сокращения.
5. Используйте общепринятую аббревиатуру (СТО - специальная теория относительно-сти, ИСО - инерциальная система отсчета, ЭМП - электромагнитное поле и др.). Придумайте собственную систему сокращений, аббревиатур и символов, удобную только вам (но не забудьте сделать словарь, иначе существует угроза не расшифровать текст). Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.
6. Конспектируя лекцию, надо оставлять поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места. Полезно после каждой лекции оставлять одну страницу свободной, она потребуется при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников: чертежи, графики, схемы, цитаты и т.п.

Прослушанный материал лекции необходимо проработать. От того насколько эффективно студент это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать.

Опыт показывает, что предсессионный штурм непродуктивен, материал запоминается ненадолго. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

***Методические рекомендации по работе с лекционным материалом:***

1. Внимательно прочитайте конспект лекции.
2. Дополните конспект материалом из учебных пособий, учебников, типовой лекции (типовые лекции представлены в локальной сети).
3. Выделите основные физические понятия, рассмотренные на лекции (процесс, величина, закон и др.), и хорошо разберитесь в них, делая основной акцент на выяснение физического смысла.
4. Основные определения выучите наизусть.

5. Проанализируйте вывод основных формул, отражающих физические законы, самостоятельно повторите выводы на листе бумаги.

6. Попытайтесь запомнить приведенные в лекционном материале другие (вспомогательные) формулы.

7. Отметьте неясные и трудные для себя вопросы и попытайтесь разобраться в них с помощью учебных пособий, товарищей по группе.

8. Обязательно обратитесь за консультацией к преподавателю чтобы получить ответы на непонятые вопросы.

Таким образом, умение слушать лекцию и правильно её конспектировать, систематически, добросовестно и осознанно работать над конспектом с привлечением дополнительных источников – залог успешного усвоения учебного материала.

### **11.3 Самостоятельная работа по изучению отдельных вопросов и тем дисциплины**

#### ***Работа с книгой. Методические рекомендации по составлению конспекта***

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.

2. Выделите главное, составьте план.

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора.

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

### **11.4 Подготовка к практическим занятиям**

Для подготовки к практическим занятиям следует использовать конспекты лекций, учебники и учебные пособия, указанные в списке рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

1. Прочитайте тему занятия, выделите те вопросы теории, которые подлежат обсуждению в аудитории.

2. Прочтите конспект лекции, освещающей данную тему.

3. Ответьте на вопросы для самопроверки. При возникновении трудностей с пониманием теоретических основ изучаемой темы, обратитесь к учебнику или методическому пособию. Полезно использовать в ходе подготовки учебники разных авторов, где изучаемый вопрос рассматривается с разных методических позиций.

На практических занятиях целесообразно иметь при себе конспекты лекций, учебники и учебные пособия, в которых изложена теория и методика решения задач по данному учебному курсу.

При выполнении домашних заданий по решению задач внимательно просмотрите решение аналогичных задач, рассматриваемых на учебных занятиях, осмыслите методы и методические приемы, используемые при их решении. Постарайтесь самостоятельно воспроизвести решение этих задач; при возникновении трудностей вернитесь к тому месту в конспекте, который вызвал затруднения. Вновь повторите эту процедуру – до тех пор, пока воспроизведение не станет уверенным. Освоив методику решения данного класса задач, приступай-

те к решению задач из индивидуального задания. При этом придерживайтесь следующих правил:

1. Запишите краткие условия; выясните, что известно и что требуется найти.
2. Сделайте чертеж, изобразите схему или график, поясняющий суть задачной ситуации.
3. Выделите объекты задачи и выясните природу происходящих с ними изменений (процессов). Запишите ключевые отношения, законы, описывающие данное физическое явление.
4. Примените эти отношения к системе объектов задачи, получите математическую модель физической системы (процесса), описанной в задаче: как правило, это система уравнений, решение которой дает ответ на требования задачи.
5. Оформите аккуратно решение задачи в рабочей тетради.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

### **11.5 Самопроверка**

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал или пройти тестирование по пройденному материалу.

Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

### **11.6 Подготовка реферата и доклада с презентацией**

Цель реферата – раскрыть предложенную тему путем приведения каких-либо аргументов. Реферат не может содержать много идей. Он отражает только один вариант размышлений и развивает его. При написании реферата старайтесь четко отвечать на поставленный вопрос и не отклоняйтесь от темы.

#### ***Подготовка к написанию реферата***

Прежде чем составлять план реферата, убедитесь в том, что вы внимательно прочитали и правильно поняли тему, поскольку она может быть интерпретирована по-разному, а для того чтобы ее осветить, существует несколько подходов, следовательно, необходимо будет выбрать вариант подхода, которому будете следовать, а также иметь возможность обосновать ваш выбор. При этом содержание выбранной темы может охватывать широкий спектр проблем, требующих привлечения большого объема литературы. В этом случае следует освещать только определенные аспекты этой темы. Прежде чем приступить к написанию реферата, проанализируйте имеющуюся у вас информацию, а затем составьте тезисный план.

*Структура реферата:* введение, основная часть (развитие темы), заключение, библиографический список.

*Введение* должно включать краткое изложение вашего понимания и подход к теме реферата.

*Основная часть* предполагает развитие структурированной аргументации и анализа по теме, а также их логическое обоснование исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. Следует избегать повторений.

Необходимо писать коротко, четко и ясно, придерживаясь следующих требований:

- структурно выделять разделы и подразделы работы;
- логично излагать материал;
- обосновывать выводы;
- приветствуется оригинальность выводов;
- отсутствие лишнего материала, не имеющего отношения к работе;
- способность построить и доказать вашу позицию по определенным проблемам на основе приобретенных вами знаний;
- аргументированное раскрытие темы на основе собранного материала.

*Заключение.* В этом разделе должна содержаться информация о том, насколько удалось достичь поставленной цели. Эта часть реферата может представлять собой основные выводы по каждому разделу основной части реферата, в ней отмечается значимость выполненной работы, предложения по возможному практическому использованию результатов работы и целесообразность ее продолжения.

*Библиографический список* должен содержать только те источники информации, которые имеют прямое отношение к работе и использованы в ней. Библиографический список должен быть составлен в соответствии с ГОСТом АМГУ.

### ***Подготовка презентации и доклада (защита реферата).***

Доклад – сообщение по выбранной теме. Любое устное выступление должно удовлетворять *трем основным критериям*, которые в конечном итоге и приводят к успеху:

- критерий правильности, т.е. соответствия языковым нормам;
- критерий смысловой адекватности, т.е. соответствия содержания выступления реальности;
- критерий эффективности, т.е. соответствия достигнутых результатов поставленной цели.

Докладчик должен знать и уметь: сообщать новую информацию, использовать технические средства, хорошо ориентироваться в теме, отвечать на заданные вопросы, четко выполнять установленный регламент.

### ***Рекомендуемая структура выступления***

Работа по подготовке устного выступления начинается с формулировки темы. Само выступление должно состоять из трех частей – вступления (10-15% общего времени), основной части (60-70%) и заключения (20-25%).

*Вступление* включает в себя представление авторов, название доклада, цель, задачи, актуальность темы, четкое определение стержневой идеи.

*Основная часть.* Раскрывается суть затронутой темы – строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно материала для раскрытия темы. План развития основной части должен быть ясным. Должно быть отобрано оптимальное количество фактов и необходимых примеров. Логическая структура строится с помощью наглядных пособий, визуальных материалов (презентаций).

*Заключение* – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

***Презентация*** как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Для подготовки презентации рекомендуется использовать: PowerPoint, MSWord, AcrobatReader, LaTeX-овский пакет beamer. Компьютерную презентацию, сопро-

вожающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point.

Для подготовки презентации необходимо собрать и обработать начальную информацию.

*Рекомендуемая последовательность подготовки презентации.*

1. Четко сформулировать цель, задачи и актуальность выбранной темы.
2. Определить формат презентации.
3. Отобрать всю содержательную часть для презентации и выстроить логическую цепочку подачи информации.
4. Определить ключевые моменты и содержание текста и выделить их.
5. Определить виды визуализации (иллюстрации, таблицы, графики, диаграммы и т.д.) для отображения их на слайдах в соответствии с логикой, целью и спецификой информации.
6. Подобрать дизайн и форматировать слайды (количество картинок и текста, их расположение, цвет и размер). Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24, для информации - для информации не менее 18. Яркие краски, сложные цветные построения, излишняя анимация, выпрыгивающий текст или иллюстрация — не самое лучшее дополнение к научному докладу. Таблицы и диаграммы размещаются на светлом или белом фоне. Также нежелательны звуковые эффекты в ходе демонстрации презентации. Для лучшей ориентации в презентации по ходу выступления лучше пронумеровать слайды.
7. Проверить визуальное восприятие презентации. После подготовки презентации необходима репетиция выступления.

*Практические советы по подготовке презентации:*

- готовьте отдельно: печатный текст + слайды ;
- слайды визуальная подача информации, которая должна содержать минимум текста, максимум изображений, несущих смысловую нагрузку, выглядеть наглядно и просто;
- текстовое содержание презентации - устная речь или чтение, которая должна включать аргументы, факты, доказательства;
- рекомендуемое число слайдов 10-15;
- обязательная информация для презентации: тема, фамилия и инициалы выступающего, краткие выводы.

### **11.7 Самостоятельная работа при подготовке к контролю знаний**

Основные формы контроля знаний, предусмотренные рабочей программой дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн», это – коллоквиум, экзамен и зачет.

***Самостоятельная подготовка к коллоквиуму, экзамену и зачету***

*Коллоквиум* это вид занятия, на котором обсуждаются отдельные части, разделы, темы, вопросы изучаемого курса. Коллоквиум проводится, как правило, в середине семестра (10-11 уч. неделя), и показывает степень освоения студентом теоретического материала дисциплины и готовность студента к экзамену. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении оценки за семестр на экзамене.

*Экзамен* – форма итоговой проверки знаний. Это подведение итогов всей работы студента за семестр. Оценка, полученная на экзамене, является окончательной оценкой по дисциплине, указываемой в приложении к диплому.

*Зачет* – форма итоговой проверки знаний. Зачетное задание представляет собой тест из вопросов и заданий различного уровня по всем темам дисциплины.

Подготовка к коллоквиуму, экзамену и зачету основана на одних и тех же принципах. Для их успешной сдачи рекомендуется соблюдать несколько правил:

1. На подготовку к экзамену (зачету) выделяется, как правило, от 3 до 5 дней. В течение этого времени студент можете только повторить и систематизировать изученный мате-



риал, но не выучить его. Даже при усиленной многочасовой «зубрежке» запомнить весь материал за короткое время не позволяют свойства человеческой памяти. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

2. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена (зачета). Вначале выясните перечень учебных разделов, тем и вопросов, выносимых на экзамен, распределите экзаменационные вопросы таким образом, чтобы успеть выучить или повторить их полностью до начала сессии.

3. Данные 3-4 дня перед экзаменом (зачетом) используйте для повторения следующим образом: распределить вопросы равномерно на все дни подготовки, возможно, выделив последний день на краткий повтор всего курса.

4. Каждый вопрос следует проработать по конспекту лекций, по учебнику или учебному пособию. Для лучшего запоминания материала целесообразно работать с карандашом в руках, записывая выводимые формулы, изображая рисунки, схемы и диаграммы в отдельной тетради или на листах бумаги.

5. После повтора каждого вопроса нужно, закрыв конспект и учебники, самостоятельно вывести формулы, воспроизвести иллюстративный материал с последующей самопроверкой.

6. Можно также с товарищем проэкзаменовать друг друга по изученным вопросам.

7. Все трудные и не полностью понятые вопросы следует выписывать на отдельный лист бумаги, с последующим уточнением ответов на них у преподавателя на консультации.

8. Не следует брать на экзамен (коллоквиум или зачет) шпаргалки. Как показывает опыт, они отвлекают и создают психологические препятствия для сдачи экзамена (коллоквиума, зачета). Вместо того, чтобы сосредоточиться на билете, студент думает о том, как незаметно воспользоваться шпаргалкой, и в результате оказывается не готов к ответу. Шпаргалки, предлагаемые Интернетом, являются такого низкого качества и не всегда соответствуют программе дисциплины, что их использование не гарантирует даже оценку «удовлетворительно» на экзамене, не говоря уже о более высокой оценке.

9. При ответе на вопросы билета студент должен продемонстрировать знание теоретического материала и умение применить его анализе качественной задачи. Изложение материала должно быть четким, кратким и аргументированным.

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

Занятия по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета