

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н.В. Савина

« 29 » 06 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**Электродинамика**  
**Модуль «Теоретическая физика»**

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Программа подготовки: академический бакалавриат

Год набора 2018

Форма обучения: очная

Курс 3 Семестр 6

Экзамен 6 семестр, 27 академических часов

Лекции 36 (академических часов)

Практические занятия 36 (академических часов)

Самостоятельная работа 45 (академических часов)

Общая трудоемкость дисциплины 144 (академических часов), 4 (з.е.)

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

Факультет инженерно-физический

Кафедра физики

2018 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  
« 18 » 06 20 18 г. протокол № 11  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Е.В. Стукова

Рабочая программа одобрена на заседании УМС направления подготовки 03.03.02 «Физика»  
« 18 » 06 20 18 г., протокол № 3  
Председатель \_\_\_\_\_ Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО  
Начальник учебно-методического  
управления  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.А. Чалкина  
« 18 » 06 20 18 г.

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий выпускающей кафедрой  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Е.В. Стукова  
« 18 » 06 20 18 г.

СОГЛАСОВАНО  
Директор научной библиотеки  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Л.А. Проказина  
« 18 » 06 20 18 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**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. Приобретение навыков самостоятельной постановки и решения задач классической электродинамики.

**Задачи дисциплины:**

1. Определить электромагнитное поле и установить его связь с токами и зарядами. Раскрыть физический смысл уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме и их математические свойства. Применить макроскопический подход к описанию электромагнитного поля в средах.

2. Получить из уравнений Максвелла волновые уравнения и их решением доказать существование электромагнитных волн. Применить полученные волновые уравнения для теоретического описания процессов распространения электромагнитных волн в изотропных и анизотропных средах.

3. Записать уравнения Максвелла в релятивистски инвариантной форме.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Электродинамика» 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», необходимы при последующем изучении дисциплин, таких как «Физика полупроводников и диэлектриков», «Радиофизика и электроника», «Средства связи и передачи информации», «Основы радио- и телевидения» и др.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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);
- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

1) Знать: теоретические основы, основные понятия, законы и модели электродинамики; известные опытные факты, результаты и выводы специальной теории относительности, формулировку основополагающих принципов, лежащих в основе электродинамических явлений; релятивистские свойства уравнений; вывод основных уравнений электромагнитного

поля (уравнения движения заряда и уравнений Максвелла) для четырехмерного пространства; решения уравнений Максвелла для последовательно усложняющихся случаев: постоянного поля, поля в отсутствие зарядов и токов, поля движущихся зарядов в вакууме; решения уравнений Максвелла для постоянного электрического поля в проводящих и непроводящих средах; вывод волнового уравнения и его решение; вывод из уравнений Максвелла законов отражения и преломления электромагнитных волн на границе раздела сред; законы распространения волн в неоднородных средах и скин-эффект (ОПК-3, ПК-1).

2) Уметь: пользоваться теоретическими основами, понятиями, законами и моделями физики; решать задачи о нахождении величин полей в вакууме и средах; решать задачи о распространении и излучении электромагнитных волн; применять макроскопический подход к описанию электромагнитного поля в средах; усреднять уравнения Максвелла в разрешенной области их применения; исследовать релятивистские свойства уравнений и законов трансформации величин поля с помощью методов векторной и тензорной алгебры (ОПК-3, ПК-1).

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 и решения соответствующих задач (ОПК-3, ПК-1).

#### 4. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Темы, разделы дисциплины	Компетенции	
	ОПК-3	ПК-1
<b>1. Введение. Математические основы электродинамики</b>	+	+
<b>2. Экспериментальные основы электродинамики и уравнения электромагнитного поля</b>	+	+
<b>3. Электромагнитное поле в веществе</b>	+	+
<b>4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики</b>	+	+
<b>5. Электростатическое поле</b>	+	+
<b>6. Стационарное магнитное поле</b>	+	+
<b>7. Квазистационарное электромагнитное поле</b>	+	+
<b>8. Электромагнитные волны</b>	+	+
<b>9. Четырехмерная формулировка электродинамики</b>	+	+

#### 5. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекц.	Практ.	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>Введение. 1. Математические основы электродинамики</b>	6	1	2	6	7	Коллоквиум
2	<b>2. Экспериментальные основы электродинамики и уравнения электромагнитного поля</b>	6	2	2	2	5	Коллоквиум Тест №1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	<b>3. Электромагнитное поле в веществе</b>	6	3-4	4	2	5	Коллоквиум Тест №2
4	<b>4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики</b>	6	5	2	2	3	Коллоквиум
5	<b>5. Электростатическое поле</b>	6	6-7	4	4	5	Коллоквиум
6	<b>6. Стационарное магнитное поле</b>	6	8	2	6	3	Коллоквиум
7	<b>7. Квазистационарное электромагнитное поле</b>	6	9-11	6	4	5	Письменный опрос
8	<b>8. Электромагнитные волны</b>	6	12-14	6	4	7	Письменный опрос
9	<b>9. Четырехмерная формулировка электродинамики</b>	6	15-18	8	6	5	Тест №3
10	<i>Итого в семестре</i>			36	36	45	
11	<i>Разделы 1-9</i>					27	<i>Экзамен</i>

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	<b>Введение. 1. Математические основы электродинамики</b>	<p>Электромагнитные взаимодействия и область их применения. Роль электродинамики в современной физической картине мира. Связь с другими дисциплинами. Системы единиц. Классическая электродинамика и ее применение в науке и технике, перспективы развития.</p> <p>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.</p>
2	<b>2. Экспериментальные основы электродинамики и уравнения электромагнитного поля</b>	<p>Электрическое 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 закона полного тока для токов проводимости и смещения. Закон электромагнитной индукции Фарадея.</p> <p>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.</p>

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
3	<b>3. Электромагнитное поле в веществе</b>	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 намагнитченности.
4	<b>4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики</b>	Векторный и скалярный потенциалы. Описание электромагнитного поля с помощью потенциалов. Неоднозначность потенциалов. Уравнение Даламбера. Калибровка потенциалов (калибровочные соотношения). Уравнения для потенциалов поля в веществе. Система граничных условий для векторов поля и потенциалов. Пределы применимости уравнений связи. Единственность решения уравнений Максвелла. Прямая и обратная задачи электродинамики. Разделы электродинамики.
5	<b>5. Электростатическое поле</b>	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	<b>6. Стационарное магнитное поле</b>	Уравнения Максвелла для стационарного приближения. Условия существования постоянного тока. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа. 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	<b>7. Квазистационарное электромагнитное поле</b>	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 индуктивностью 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	<b>8. Электромагнитные волны</b> <b>8.1 Электромаг-</b>	Переменное электромагнитное поле. Электромагнитные поля в отсутствии зарядов и токов. Волновое уравнение (уравнение Даламбера) и его решение для плоских электромагнитных

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
	<i>нитные волны в вакууме и средах</i>	волн, свойства электромагнитных волн. Электромагнитные волны в прозрачном веществе. Интенсивность отраженной и преломленной волны. Формулы Френеля. Электромагнитные волны с учетом поглощения в среде. Распространение электромагнитных волн в диспергирующих средах. Классическая теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсия. Распространение электромагнитных волн в проводящей среде. Физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости.
9	<b>8.2. Теория излучения</b>	Излучение электромагнитных волн. Уравнения поля для произвольно движущихся зарядов. Решение в виде запаздывающих потенциалов. Энергия, излучаемая системой зарядов в пределах малого телесного угла. Излучение гармонического осциллятора. Электромагнитное поле осциллятора вблизи него и в волновой зоне. Поток энергии. Классическая теория излучения упруго-связанного электрона.
10	<b>9. Четырехмерная формулировка электродинамики</b> <b>9.1 Основы теории относительности</b>	Экспериментальные обоснования специальной теории относительности. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца для координат и времени. Интервал. Инвариантность физических законов относительно преобразований Лоренца.
10	<b>9.2 Четырехмерный формализм. Векторы и тензоры в четырёхмерном пространстве</b>	Четырехмерная геометрическая интерпретация преобразований Лоренца. Контравариантные и ковариантные компоненты векторов в четырёхмерном пространстве. Четырехмерный вектор мировой точки. Тензоры в четырёхмерном пространстве. Тензорные поля. Тензорные поля в механике: четыре-вектор скорости, четыре-вектор ускорения, четыре-вектор импульса материальной точки. Принцип наименьшего действия. Четырехмерный вектор силы. Связь энергии, импульса, массы и скорости релятивистской частицы.
11	<b>9.3 Уравнения электромагнитного поля</b>	Действие для электромагнитного поля. Гауссова система единиц. 4-потенциал электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля. Преобразования напряжённостей электрического и магнитного полей при переходе от одной ИСО к другой. Инварианты поля. Уравнение движения заряда в электромагнитном поле в четырёх-пространстве. Закон сохранения заряда в пространстве Минковского. Четырехмерная плотность тока. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. Плотность и поток энергии электромагнитного поля. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Тензор энергии и импульса электромагнитного поля. Смысл различных компонент.

## 6.2. Практические занятия

Практические занятия по курсу «Электродинамика» предназначены для формирования у студентов навыка решения задач, возникающих перед исследователем, разработчиком конкретных физических моделей и конструкций.

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 тестирование или письменный опрос (проверка знаний понятийного аппарата, основных законов и формул).

### Тематическое планирование практических занятий

№ занятия	Раздел дисциплины	Тема	Типовые задачи [1]	Кол-во акад. час.
1	2	3	4	5
1 2 3	<b>1. Математические основы электродинамики</b>	Основные формулы векторного анализа. Преобразование векторов и тензоров. Дифференциальные векторные операторы. Дифференциальные операции второго порядка.	37, 38, 39, 40-46, 51, 61	6
4	<b>2. Экспериментальные основы электродинамики и уравнения электромагнитного поля</b>	Прямая и обратная задачи электродинамики. Единственность решений уравнений Максвелла. Специфика постановки задач и методов их решения в различных разделах электродинамики.	семинар	2
5 6 7 8	<b>3. Электромагнитное поле в веществе</b> <b>4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики</b> <b>5. Электростатическое поле</b>	Методы решения задач электростатики. Нахождение электростатических полей с помощью теоремы Гаусса, и интегрированием уравнения Пуассона.	69, 73, 76-79, 88, 91, 93, 98, 133, 135, 143, 161, 183, 189	8
9 10	<b>6. Стационарное магнитное поле</b>	Закон Био и Савара. Нахождение магнитных полей методом векторного потенциала.	242, 243, 247, 274, 286	4
11	<b>Разделы 1- 6</b>	<i>Коллоквиум</i>		2
12 13	<b>7. Квазистационарное электромагнитное поле</b>	Квазистационарные явления в линейных проводниках. Закон электромагнитной индукции. Расчет коэффициентов самоиндукции и взаимной индукции.	354, 359, 364, 368, 380, 382, 388, 393	4
14 15	<b>8. Электромагнитные волны</b>	Электромагнитные волны в прозрачном веществе. Электромагнитные волны с учетом поглощения в среде. Распространение электромагнитных волн в диспергирующих и проводящих средах.	400, 402, 406, 412, 418, 425, 431	4
16 17 18	<b>9. Четырехмерная формулировка электродинамики</b>	Энергия, импульс и скорость релятивистской частицы. Связь энергии, импульса, массы и скорости релятивистской частицы. Закон сложения скоростей.	3, 6, 12, 25, 26, 621, 623, 624, 626, 684	6
	<b>Итого за семестр</b>			36

[1] Батыгин В.В. Сборник задач по электродинамике : учеб. пособие/ В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин ; под ред. М. М. Бредова. -3-е изд., испр.. -М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2002.-640 с.



## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

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

### 4. Вопросы изучаемые самостоятельно (Сит)

1. Напряженность электростатического поля в дипольном и квадрупольном приближениях.
2. Метод изображений. Плоская граница диэлектриков. Диэлектрический шар в однородном электрическом поле. Проводящая сфера в однородном электрическом поле.
3. Ферромагнетизм и сверхпроводимость. Магнитные свойства сверхпроводников.
4. Индукция токов в движущихся проводниках.
5. Основные уравнения электродинамики медленно движущихся проводников в предельных случаях сильного и слабого скин-эффекта.
6. Распространение электромагнитных волн в диспергирующих средах.
7. Распространение электромагнитных волн в длинных линиях. Телеграфные уравнения. Волновое сопротивление линии.
8. Распространение электромагнитных волн в ограниченном пространстве. Волноводы. Резонаторы.
9. Торможение излучением. Радиационное трение. Условия пренебрежения реакцией излучения.
10. Общие следствия преобразований Лоренца. Закон сложения скоростей. Изменение длины движущихся тел. Изменение хода движущихся часов. Общие свойства пространства-времени и определение одновременности.
11. Астрономическая абберация и эффект Доплера. Инвариантность фазы. Четырехмерный волновой вектор. Формулы преобразования частоты и волнового вектора.

### Тематическое планирование самостоятельной работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
1	<b>1. Математические основы электродинамики</b>	(Ппз), (Пк)	7
2	<b>2. Экспериментальные основы электродинамики и уравнения электромагнитного поля</b>	(Ппз), (Пк)	5
3	<b>3. Электромагнитное поле в веществе</b>	(Пк), (Сит)	5
4	<b>4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики</b>	(Ппз), (Пк), (Сит)	3
5	<b>5. Электростатическое поле</b>	(Ппз), (Пк), (Сит)	5

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в акад. часах
6	<b>6. Стационарное магнитное поле</b>	(Ппз), (Пк), (Сит)	3
7	<b>7. Квазистационарное электромагнитное поле</b>	(Ппз), (Пк)	5
8	<b>8. Электромагнитные волны</b>	(Ппз), (Пк), (Сит)	7
9	<b>9. Четырехмерная формулировка электродинамики</b>	(Ппз), (Пк), (Сит)	5
10	<i>Итого в семестре</i>		45
11	<b>Разделы с 1 по 9 (экзамен)</b>	(Пэ)	27

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

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)

## 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.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, согласно учебному плану, составляет 20 акад. часов.

### Тематическое планирование интерактивных форм обучения

Раздел дисциплины	Вид учебной работы	Интерактивный метод	Кол-во акад. час.
<b>1. Математические основы электродинамики</b>	лекция	обратная связь	2
	практическое занятие	разминка	2
<b>2. Экспериментальные основы электродинамики и уравнения электромагнитного поля</b>	лекция	обратная связь	2
<b>3. Электромагнитное поле в веществе</b>	лекция	презентация с использованием вспомогательных средств	2
<b>4. Потенциалы поля и решения задач электродинамики</b>	лекция	презентация с использованием вспомогательных средств	2
<b>5. Электростатическое поле</b>	практическое занятие	«мозговой штурм»	2
<b>6. Стационарное магнитное поле</b>	лекция	обратная связь	2
<b>7. Квазистационарное электромагнитное поле</b>	практическое занятие	«мозговой штурм»	2
<b>8. Электромагнитные волны</b>	практическое занятие	«мозговой штурм»	2
<b>9. Четырехмерная формулировка электродинамики</b>	практическое занятие	разминка	2
<i>Итого</i>			20

## 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. Закон Ома. Понятие о плотности тока. 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. Вектор Умова-Пойнтинга.
11. Электронная теория вещества. Система уравнений Максвелла-Лоренца. Поляризация вещества.
12. Электронная теория вещества. Система уравнений Максвелла-Лоренца. Намагничивание вещества.
13. Граничные условия для векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{D}$ .
14. Граничные условия для векторов  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{H}$ .
15. Описание электромагнитного поля с помощью потенциалов. Векторный и скалярный потенциалы. Уравнение Даламбера. Калибровка потенциалов (калибровочные соотношения).
16. Прямая и обратная задачи электродинамики. Единственность решения уравнений Максвелла.
17. Уравнения электростатики. Потенциальность электростатического поля. Скалярный потенциал, его физический смысл и свойства. Уравнения Лапласа и Пуассона.
18. Потенциал системы точечных зарядов на больших расстояниях от нее (метод разложения на мультиполи).
19. Поле диполя.
20. Диполь в электрическом поле.
21. Энергия взаимодействия системы неподвижных зарядов и энергия электростатического поля в диэлектриках.
22. Свойства электростатического поля проводников Поле вблизи поверхности проводника Потенциал и емкость проводника. Металлический экран.
23. Электродинамика стационарного электромагнитного поля. Условия существования посто-

- янного тока. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа.
24. Система уравнений Максвелла для магнитное поля постоянных токов. Векторный потенциал для стационарных токов. Интегральная форма закона Био-Савара-Лапласса.
  25. Магнитное поле системы движущихся зарядов на больших расстояниях.
  26. Энергия магнитного поля постоянных токов. Самоиндукция и взаимоиנדукция.
  27. Контур с током (магнитный диполь) во внешнем магнитном поле.
  28. Условия квазистационарности электромагнитных полей. Система проводников с учетом самоиндукции и взаимоиנדукции. Закон Ома для системы квазистационарных токов.
  29. Правила Кирхгофа для цепей переменного тока. Вынужденные колебания. Резонанс.
  30. Цепь с постоянной эдс без индуктивности.
  31. Индуктивность в контуре с постоянной эдс.
  32. Квазистационарные процессы в электрической цепи с постоянной эдс. Электрическая цепь с 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. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух сред. Интенсивность отраженной и преломленной волны. Формулы Френеля.
  36. Электромагнитные волны с учетом поглощения в среде. Распространение электромагнитных волн в диспергирующих средах. Классическая теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсия.
  37. Распространение электромагнитных волн в проводящей среде.
  38. Излучение электромагнитных волн. Запоздывающие потенциалы на больших расстояниях от системы движущихся зарядов. Энергия, излучаемая системой зарядов в пределах малого телесного угла.
  39. Излучение гармонического осциллятора.
  40. Основные положения релятивистской кинематики. Преобразования Лоренца. Специальная теория относительности в четырёхмерном пространстве Минковского. Понятие о пространственно-временном интервале. Преобразования Лоренца в 4-пространстве. Контравариантные и ковариантные компоненты векторов в четырёхмерном пространстве.
  41. Тензоры в четырёхмерном пространстве. Тензорные поля. Примеры тензорных полей в 4-пространстве. Тензорные поля в механике: 4-вектор скорости, 4-вектор ускорения, 4-импульс материальной точки.
  42. 4-потенциал электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля.
  43. Преобразования напряжённостей электрического и магнитного полей при переходе от одной ИСО к другой. Инварианты поля.
  44. Уравнение движения заряда в электромагнитном поле в 4-пространстве. 4- вектор силы.
  45. Закон сохранения заряда в пространстве Минковского. Четырёхмерная плотность тока.
  46. Уравнения Максвелла в четырёхмерной форме.
  47. Плотность и поток энергии электромагнитного поля. Закон сохранения энергии электромагнитного поля.
  48. Тензор энергии и импульса электромагнитного поля. Смысл различных компонент.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература:**

1. 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.
2. 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.

**б) дополнительная литература:**

1. Батыгин В.В. Сборник задач по электродинамике : учеб. пособие/ В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин ; под ред. М. М. Бредова. -3-е изд., испр.. -М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2002.-640 с.
2. Логунов А.А. Лекции по теории относительности : [курс лекций]/ А.А. Логунов. -М.: Наука, 2002.-176 с.
3. Горбузов В.Н. Математический анализ: теория поля : Учеб. пособие/ Горбузов В.Н.. - Гродно: Изд-во Гродн. гос. ун-та, 2000.-627 с.
4. Матвеев А.Н. Электродинамика : учеб. пособие/ А. Н. Матвеев. -2-е изд., испр. и доп.. - М.: Высш. шк., 1980.-384 с.
5. Барышников, С. В. Электродинамика [Текст] : Методика решения задач / С.В. Барышников. - Благовещенск : Изд-во Благовещ. гос. пед. ин-та, 1998.

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

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<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.
2	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия
4	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека журналов

№	Перечень программного 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

**11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**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 обяза-

тельного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменной 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 относительности, 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, приступайте 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 Самостоятельная работа при подготовке к контролю знаний**

Основные формы контроля знаний, предусмотренные рабочей программой дисциплины «Электродинамика», это – контрольная работа, коллоквиум и экзамен.

#### ***Самостоятельная подготовка к контрольной работе***

Контрольная работа является одной из обязательных форм контроля и отчетности студента в учебном семестре. При изучении курса «Электродинамика» предусмотрено две контрольные работы.

Студент выполняет контрольную работу самостоятельно. Учебные темы, выносимые на контрольную работу, а также требования к выполнению, оформлению и оценке работы объявляются преподавателем за неделю до даты проведения контрольной работы.

Предварительную подготовку к контрольной работе целесообразно проводить в следующей последовательности:

1. Выяснить перечень и содержание учебных тем, выносимых на контрольную работу.

2. По этим темам внимательно проработать теоретический материал по конспекту лекций, учебнику или учебному пособию.

3. Повторно проработать теоретический материал, обращая особое внимание на математические формулировки физических законов, физические величины, связи между ними и их единицы. Целесообразно при этом выписывать основные расчетные формулы для их последующего запоминания.



4. Внимательно рассмотреть задачи, решенные на практических занятиях, в часы самостоятельной подготовки, а также примеры решения задач, приведенные в задачниках и учебных пособиях, прочитать соответствующие методические рекомендации, приведенные там.

5. Завершающей фазой подготовки может служить самостоятельное решение произвольного числа задач из задачников по соответствующим темам без использования любых вспомогательных материалов и литературы.

6. Все вопросы, возникшие при подготовке, целесообразно выписывать на отдельном листе бумаги с последующей консультацией по ним у преподавателя до начала контрольной работы.

#### ***Самостоятельная подготовка к коллоквиуму и экзамену***

*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.

Подготовка к коллоквиуму и экзамену основана на одних и тех же принципах.

Для успешной сдачи экзамена рекомендуется соблюдать несколько правил:

1. На подготовку к экзамену выделяется, как правило, от 3 до 5 дней. В течение этого времени студент может только повторить и систематизировать изученный материал, 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. 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 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 шпаргалки. Как показывает опыт, они отвлекают и создают психологические препятствия для сдачи экзамена. 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, 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» 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