



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Голник С.С.

(Ф.И.О.)

« 21 » 01 2022 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента

(подпись)

Короченцев В.В.

(Ф.И.О.)

« 1 » 01 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Электродинамика

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)

**Форма подготовки очная**

курс 3 семестр 5  
лекции 36 час.  
практические занятия 70 час.  
лабораторные работы не предусмотрены.  
всего часов аудиторной нагрузки 106 час.  
самостоятельная работа 11 час.  
Подготовка к экзамену 27 час.  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.  
Зачет нет  
Экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. №891.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики

протокол № 1 от « 11 » 10 2021 г.

Директор департамента к.х.н., доцент, Короченцев В.В.

Составитель: д. ф.-м. н., профессор Афремов Л.Л.

Владивосток

2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**Цель** изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по основам электродинамики.

### **Задачи**

1. Изучение математического аппарата электродинамики.
2. Освоение основных понятий и уравнений электродинамики.
3. Приобретение навыков решения задач по дисциплине электродинамика.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (элементы компетенций):

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научное мышление	ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК -2.1 Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов ОПК -2.2 Выбирает конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК -2.1 Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов	Знает методы поиска возможных вариантов решения поставленных экспериментальных и теоретических задач.
	Умеет формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.
	Владеет методами определения ожидаемых результатов решения выделенных задач, оценивания их достоинств и недостатков.
ОПК -2.2 Выбирает конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности	Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований и измерений, основные приемы обработки и представления полученных данных.
	Умеет самостоятельно выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.
	Владеет способами обработки и представления полученных экспериментальных данных и оценки погрешности результатов измерений

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Электродинамика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: лекции-беседы, проблемные лекции, работа в малых группах для выполнения творческих заданий.

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа). (1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Раздел 1. Принцип относительности. Основы релятивистской динамики частицы	5	4	-	70	11	27	ПР-15
2	Раздел 2. Движение заряда в электромагнитном поле		4					
3	Раздел 3. Уравнения электромагнитного поля в ковариантной форме		4					
4	Раздел 4. Стационарное электромагнитное поле		4					
5	Раздел 5. Уравнения электромагнитного поля		4					
6	Раздел 6. Излучение электромагнитного поля. Электромагнитные волны		4					
7	Раздел 7. Уравнения электромагнитного поля в веществе		4					

8	Раздел 8. Основные модели вещества		4					ПР-15
9	Раздел 9. Поля высокой частоты в веществе		2					ПР-15
10	Раздел 10. Поля высокой частоты в различных средах		2					ПР-15
	<b>Итого:</b>		36	-	70	11	27	

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов)**

### **Раздел 1. Принцип относительности. Основы релятивистской динамики частицы (4 часа)**

#### **Тема 1. Принцип относительности (2 час)**

Интервал. Преобразования Лоренца. Кинематика СТО. Энергия и импульс частицы. Четырехмерный импульс. Четырехмерный вектор силы. Уравнение Гамильтона-Якоби.

#### **Тема 2. Момент импульса системы релятивистских частиц (2 час)**

Тензор момента импульса. Закон сохранения момента импульса системы частиц. Релятивистский закон сохранения центра инерции.

### **Раздел 2. Движение заряда в электромагнитном поле (4 часа)**

#### **Тема 1. Заряженная частица в СТО (2 час)**

Действие, функция Лагранжа, энергия и импульс заряженной частицы. Уравнение Гамильтона-Якоби.

#### **Тема 2. Уравнение движения заряда в электромагнитном поле (2 часа)**

Уравнение движения заряда в электромагнитном поле. Калибровочная инвариантность. Движение заряда в однородных электрическом и магнитном полях. Тензор электромагнитного поля. Преобразования характеристик электромагнитного поля. Инварианты поля.

### **Раздел 3. Уравнения электромагнитного поля в ковариантной форме (4 часа)**

#### **Тема 1. Уравнения электромагнитного поля (2 час)**

Действие для электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Первая и вторая пары уравнений электромагнитного поля.

#### **Тема 2. Тензор энергии-импульса (2 час)**

Тензор энергии-импульса (общая задача). Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса макроскопических тел.

### **Раздел 4. Стационарное электромагнитное поле (4 часа)**

#### **Тема 1. Уравнения стационарного электрического поля (2 час)**

Заряд и его свойства. Электростатическое поле. Напряженность электрического поля. Работа электростатического поля по перемещению точечного заряда. Условие потенциальности для электрического поля. Поток напряженности электрического поля. Закон Гаусса. Закон Гаусса в дифференциальной форме. Объемная (линейная, поверхностная) плотность заряда. Принцип суперпозиции полей.

#### **Тема 2. Дипольный и квадрупольный моменты (1 час)**

Разложение потенциала электростатического поля системы зарядов по мультиполям. Дипольный момент. Потенциал и напряженность поля диполя. Квадрупольный момент.

### **Тема 3. Уравнения стационарного и квазистационарного магнитного поля (1 час)**

Стационарное магнитное поле. Сила и плотность тока. Закон сохранения заряда (уравнение непрерывности) в интегральной и дифференциальной форме. Условие стационарности магнитного поля. Закон Био - Савара. Поле прямого тока. Уравнения магнитостатики в интегральной и дифференциальной форме. Квазистационарное электромагнитное поле. Понятие магнитного момента.

## **Раздел 5. Уравнения электромагнитного поля (4 часа)**

### **Тема 1. Система уравнений Максвелла и (2 часа)**

Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о токах смещения. Уравнения электромагнитного поля в потенциалах. Калибровка Лоренца. Калибровочная инвариантность электромагнитного поля.

### **Тема 2. Законы сохранения (2 часа)**

Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.

Закон сохранения импульса частиц, движущихся в электромагнитном поле. Импульс электромагнитного поля. Энергия взаимодействия зарядов. Энергия электростатического поля. Система зарядов во внешнем поле.

## **Раздел 6. Излучение электромагнитного поля. Электромагнитные волны (4 часа)**

### **Тема 1. Запаздывающие потенциалы (2 часа)**

Электромагнитное поле произвольно движущейся системы зарядов. Запаздывающие (опережающие) потенциалы. Электромагнитное поле произвольно движущегося заряда. Потенциалы Лиенара - Вихерта.

### **Тема 2. Дипольное и квадрупольное излучение (1 час)**

Излучение системы зарядов в дипольном приближении. Закон распределения интенсивности излучения. Полная интенсивность излучения. Квадрупольное и магнитно-дипольное излучение

### **Тема 3. Свободные электромагнитные волны (1 час)**

Волновое уравнение. Уравнение плоской волны. Фаза волны. Фазовая скорость. Плоские монохроматические волны. Частота и период волны. Волновое число и волновой вектор. Свойства плоских монохроматических электромагнитных волн. Волновой пакет. Понятие групповой скорости.

## **Раздел 7. Уравнения электромагнитного поля в веществе (4 часа)**

### **Тема 1. Основные характеристики электромагнитного поля в веществе (2 часа)**

Напряженность электрического и индукция магнитного полей в веществе. Сторонние и связанные заряды. Вектор поляризации. Молекулярные токи. Токи намагниченности.

### **Тема 2. Уравнения электромагнитного поля (2 часа)**

Система уравнений электромагнитного поля в веществе. Вектор электрической индукции. Напряженность магнитного поля. Электрическая проницаемость (восприимчивость). Магнитная проницаемость (восприимчивость). Границы применимости линейной теории. Уравнения электромагнитного поля в потенциалах для однородной и изотропной среды. Поведение электромагнитного поля на границе раздела двух сред.

## **Раздел 8. Основные модели вещества (4 часа)**

### **Тема 1. Стационарное электрическое поле в диэлектриках (2 часа)**

Полярные и неполярные диэлектрики. Сегнетоэлектрики. Описание поляризации полярных и неполярных диэлектриков. Зависимость поляризации от внешнего электрического поля.

### **Тема 2. Стационарное магнитное поле в магнетиках (2 часа)**

Классификация магнетиков. Намагничивание диамагнетиков. Намагничивание парамагнетиков. Намагничивание ферромагнетиков. Модель Вейса.

## **Раздел 9. Поля высокой частоты в веществе (2 часа)**

### **Тема 1. Материальные уравнения для электрического поля (0,5 часа)**

Временная и пространственная дисперсия. Материальные уравнения анизотропной среды. Тензор диэлектрической проницаемости и его свойства. Нормальные электромагнитные волны в анизотропной среде. Дисперсионные соотношения. Электромагнитные волны в негиротропной среде. Дисперсионные соотношения для поперечных и продольных волн.

### **Тема 2. Электромагнитные волны в полярных и неполярных диэлектриках (0,5 часа)**

Распространение электромагнитных волн в неполярных диэлектриках. Нормальная и аномальная дисперсия. Связанные (поляризационные) волны. Теория диэлектрической релаксации Дебая.

### **Тема 3. Проводники в переменных полях (0,5 часа)**

Модель проводящей среды. Диэлектрическая проницаемость проводника. Проводимость в переменном поле. Оптические свойства проводников.

### **Тема 4. Магнетики в переменных полях (0,5 часа)**

Поля высокой частоты в магнетиках. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

## **Раздел 10. Поля высокой частоты в различных средах (2 часа)**

### **Тема 1. Плазма (1 час)**

Гидродинамическая модель плазмы. Гидродинамическая модель плазмы в линейном приближении. Нормальные электромагнитные волны в плазме. Плазмоны. Эффект экранирования в плазме. Условие существования плазмы.

### **Тема 2. Сверхпроводимость (1 час)**

Явление сверхпроводимости. Идеальный проводник. «Вмораживание» магнитного поля. Эффект Мейснера. Уравнения Лондонов. Материальные уравнения для сверхпроводников. Куперовские пары. Квантование магнитного потока.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (70 часа)**

**Занятия 1.** Четырехмерные векторы и тензоры. (4 часа)

**Занятия 2.** Преобразования Лоренца. Кинематика СТО. (4 часа)

**Занятия 3.** Энергия и импульс частицы. Четырехмерный импульс. (4 часа)

**Занятия 4.** Уравнение движения заряда в электромагнитном поле. (4 часа)

**Занятия 5.** Тензор электромагнитного поля. Преобразования характеристик электромагнитного поля. (4 часа)

- Занятия 6.** Стационарное электрическое поле в вакууме. Закон Гаусса в интегральной и дифференциальной форме. (4 часа)
- Занятия 7.** Разложение поля системы зарядов по мультиполям. (4 часа)
- Занятия 8.** Уравнения стационарного магнитное поля в вакууме. (4 часа)
- Занятия 9.** Магнитный момент. Магнитное взаимодействие. (4 часа)
- Занятия 10.** Электромагнитное поле произвольно движущегося заряда. Потенциалы Лиенара - Вихерта. (4 часа)
- Занятия 11.** Излучение в дипольном приближении. Полная интенсивность излучения. Квадрупольное и магнитно-дипольное излучение. (4 часа)
- Занятия 12.** Свойства плоских монохроматических электромагнитных волн. Отражение и преломление электромагнитных волн. Волновой пакет. (4 часа)
- Занятия 13.** Разложение электромагнитного поля по монохроматическим, плоским и плоским монохроматическим волнам. (4 часа)
- Занятия 14.** Электрическое поле в веществе. Полярные и неполярные диэлектрики. (4 часа)
- Занятия 15.** Магнитное поле в веществе. (4 часа)
- Занятия 16.** Намагничивание диа-, пара- и ферромагнетиков. (4 часа)
- Занятия 17.** Физика плазмы. (4 часа)
- Занятия 18.** Электромагнитное поле в волноводах. (2 часа)

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электродинамика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;



- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Принцип относительности. Основы релятивистской динамики частицы.	ОПК-2	<i>знает:</i> теоретические основания электродинамики; <i>умеет:</i> решать типовые задачи электродинамики; <i>владеет:</i> точными и приближенными методами электродинамики;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 1 – 4, задачи № (3.9+N), (3.51-N), N-номер студента по учебному журналу. Сборник задач по ...: / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин.
		ОПК-2	<i>знает:</i> предпосылки создания электродинамики; <i>умеет:</i> излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию; <i>владеет:</i> методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;		
2	Раздел 2. Движение заряда в электромагнитном поле	ОПК-2	<i>знает:</i> математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <i>умеет:</i> находить траектории движения частиц; <i>владеет:</i> навыками	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 5 – 6, задачи № (3.54+N), (3.115-N)

			самостоятельной работы с учебной и научной литературой;		
		ОПК-2	<i>знает:</i> основные уравнения электродинамики; <i>умеет:</i> находить ЭМ поля; <i>владеет:</i> навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;		
3	Раздел 3. Уравнения электромагнитного поля в ковариантной форме.	ОПК-2	<i>знает:</i> основные уравнения электродинамики; <i>умеет:</i> применять теоретические знания к решению практических и научных задач; <i>владеет:</i> навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 7 – 8, задачи, (4.27+N), (4.48-N) контрольная работа №1
		ОПК-2	<i>знает:</i> приближенные методы решения задач электродинамики; <i>умеет:</i> применять теорию электромагнетизма к решению задач; <i>владеет:</i> методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;		
4	Раздел 1. Стационарное электромагнитное поле.	ОПК-2	<i>знает:</i> математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <i>умеет:</i> применять	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 9 – 10, задачи (2.3+N), (2.20+N)

			теоретические знания к решению практических и научных задач; <i>владеет:</i> методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;		
		ОПК-2	<i>знает:</i> математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <i>умеет:</i> применять теоретические знания к решению практических и научных задач; <i>владеет:</i> методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;		
5	Раздел 2. Уравнения электромагнитного поля.	ОПК-2	<i>знает:</i> математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <i>умеет:</i> применять теоретические знания к решению практических и научных задач; <i>владеет:</i> методологией использования базовых теоретических знаний в области	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 11 – 14, задачи (2.67+N), (2.88+N)

			естественных наук при решении профессиональных задач;		
		ОПК-2	<u>знает:</u> математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <u>умеет:</u> применять теоретические знания к решению практических и научных задач; <u>владеет:</u> методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;		
6	Раздел 3. Излучение электромагнитного поля. Электромагнитные волны	ОПК-2	<u>знает:</u> математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <u>умеет:</u> применять теоретические знания к решению практических и научных задач; <u>владеет:</u> методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на экзамен № 16 – 21, задачи (5.18+N), (5.43+N), контрольная работа №2
7	Модуль 3. Электромагнитное поле в веществе. Раздел 1. Уравнения электромагнитного поля.	ОПК-2	<u>знает:</u> математический аппарат электродинамики, основные принципы	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 22 – 24, задачи (7.2+N),

			<p>электродинамики;  <u>умеет</u>: применять теоретические знания к решению практических и научных задач;  <u>владеет</u>: методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;</p>		
8	Раздел 2. Основные модели вещества	ОПК-2	<p><u>знает</u>: математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики;  <u>умеет</u>: применять теоретические знания к решению практических и научных задач;  <u>владеет</u>: методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;</p>	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 25 – 31, задачи (8.0+N), (8.35+N)
9	Раздел 3. Поля высокой частоты в веществе	ОПК-2	<p><u>знает</u>: математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики;  <u>умеет</u>: применять теоретические знания к решению практических и научных задач;  <u>владеет</u>: методологией использования базовых</p>	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 32 – 38, задачи (12.0+N)

			теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;		
10	Раздел 4. Поля высокой частоты в различных средах	ОПК-2	<p><u>знает:</u> математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики;</p> <p><u>умеет:</u> применять теоретические знания к решению практических и научных задач;</p> <p><u>владеет:</u> методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;</p>	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 39 – 42, задачи, (14.0+N) контрольная работа №3

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Теоретическая физика: учебное пособие для физических специальностей университетов в 10 т.: т. 2. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского Изд. 8-е, Москва: Физматлит., 2012, 533 с.
2. Теоретическая физика: учебное пособие для физических специальностей университетов. в 10 т.: т. 8. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского, Изд. 8-е, Москва: Физматлит. , 2012, 651 с.
3. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика / А. Н. Васильев. Краткий курс лекций: учеб. пособие. — 2-е изд., стереотипное. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 276 с.: ил. — (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0343-3.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=350602>

4. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности : учебное пособие / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. Изд. 4-е, перераб., Санкт-Петербург : Лань , 2010, 473 с.

**Дополнительная литература**  
(электронные и печатные издания)  
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Курс теоретической физики: учебник. т. 1. Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статическая физика. Электромагнитные процессы в веществе / В. Г. Левич, Москва: Наука, 1969, 911 с.
2. Курс теоретической физики: учебное пособие для физико-технических специальностей вузов. т. 2. Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика / В. Г. Левич, Ю. А. Вдовин, В. А. Мямлин; под ред В. Г. Левича, Изд. 2-е, перераб. Москва: Наука, 1971, 936 с.
3. Основы теории электричества: учебное пособие для физических специальностей университетов / И. Е. Тамм, Москва : Физматлит , 2003, 615 с.
4. Классическая электродинамика : учебное пособие для вузов в области физики и естественнонаучного образования : курс теоретической физики / В. В. Мултановский, А. С. Василевский, 2-е изд., перераб., Москва : Дрофа , 2006, 349 с.
5. Избранные задачи по электродинамике / Л. Л. Афремов, А. В. Панов, Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета , 2005, 80 с.
6. Классическая электродинамика / В. Пановский, М. Филипс ; пер. с англ. В. П. Быкова, Москва : Физматлит , 1963, 432 с.
7. Парадоксы теории относительности / Я. П. Терлецкий ; Академия наук СССР, Московское общество испытателей природы, Москва : Наука , 1966, 120 с.
8. Тонелла М.-А. Основы электромагнетизма и теории относительности, М., 1962.  
[http://ikfia.ysn.ru/images/doc/Electricity\\_magnetism\\_electrodynamics/Tonnella1962ru.pdf](http://ikfia.ysn.ru/images/doc/Electricity_magnetism_electrodynamics/Tonnella1962ru.pdf)

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет»**

1. <http://lectoriy.mipt.ru/course/TheoreticalPhysics-FieldTheory-13L>
2. [https://mipt.ru/education/chair/theoretical\\_physics/biblio/teorpol-axmedov.php](https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/teorpol-axmedov.php)

3. <http://lib.brsu.by/sites/default/files/books/%D0%93%D0%B8%D0%BD%D0%B7%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B3%20%D0%92.%D0%9B.%20-%20%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D0%B8%20%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%8B.pdf>
4. <http://www.inp.nsk.su/students/theor/videolectures/videolectures.html>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Важной является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его.

Методические указания по сдаче зачета.

Зачеты принимаются ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора филиала по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины.

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Зачетные ведомости являются основными первичными документами по учету успеваемости студентов. Администраторы образовательных программ



до начала процедуры приема зачетов и экзаменов формируют зачетно-экзаменационные ведомости.

При явке на экзамены и зачеты студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору.

Преподаватель заполняет соответствующие графы зачетной книжки студента, а именно: название дисциплины записывается полностью, без сокращений, в соответствии с учебным планом, также указывается фамилия преподавателя, оценка, дата, подпись, трудоемкость дисциплины, указанная в зачетно-экзаменационной ведомости или листе.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливаются оценки: по зачетам: «зачтено» и «не зачтено».

В зачетную книжку студента и в экзаменационную ведомость вносятся только положительные оценки, неудовлетворительные оценки вносятся только в экзаменационную ведомость. При заполнении ведомости не допускаются прочерки или незаполненные графы. Неявка студента на зачет без уважительной причины может быть засчитана как получение неудовлетворительной оценки, при этом в ведомости делается запись «не явился».

Оценки, выставленные экзаменатором по итогам зачетов, не подлежат пересмотру.

Студент, не согласный с выставленной оценкой, имеет право в течение следующего рабочего дня подать заявление, согласованное с руководителем ООП, на имя директора Школы (филиала) с просьбой о передаче экзамена комиссии. В случае обоснованности поданного заявления директор Школы создает комиссию в составе не менее 3 профильных преподавателей по соответствующей кафедре. Оценка, полученная студентом во время передачи экзамена комиссии, является окончательной.

## **VII. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office ( Excel, PowerPoint, Word и т. д), Open Office, программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, библиотеки, ресурсы и порталы по естествознанию.

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

Лекционные и практические занятия проходят в аудиториях, оборудованных следующим оборудованием:

- персональный компьютер Lenovo ThinkPad E125 с лицензионным и свободным программным обеспечением – MS PowerPoint 2007 и Acrobat Reader XI;
- проектор Benq MP770;
- переносной экран.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

## по дисциплине «Электродинамика»

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине:

№	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Форма контроля	Нормы времени на выполнение
1	2 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	1 час
2	4 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	1 час
3	6 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	1 час
4	8 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	1 час
5	10 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	1 час
6	12 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	1 час
7	14 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	1 час
8	16 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	2 часа
9	18 неделя	Подготовка к семинарским занятиям, коллоквиумам	Работа на семинарских занятиях, коллоквиумах	2 часа

### Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;

- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовка плана;

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

### **Самостоятельная работа на лекции**

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

### **Работа с литературными источниками**

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому

раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Требования к конспекту для практических занятий:

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.
3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).
4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Работа на семинарских занятиях.
- Зачет.
- Экзамен.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Электродинамика»**  
**Направление подготовки 03.03.02 Физика**  
Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2022**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- предпосылки создания электродинамики;</li> <li>- математический аппарат электродинамики;</li> <li>- основные принципы электродинамики;</li> <li>- основные уравнения электродинамики;</li> <li>- приближенные методы решения задач электродинамики.</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- находить электрическое поле системы зарядов;</li> <li>- находить магнитное поле системы токов;</li> <li>- вычислять энергию излучения в дипольном приближении;</li> <li>- применять теорию электромагнитного поля к решению задач;</li> <li>- применять теоретические знания к решению практических и научных задач;</li> <li>- излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельной работы с учебной и научной литературой;</li> <li>- использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач.</li> </ul>

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Принцип относительности. Основы релятивистской динамики частицы.	ОПК-2	<u>знает</u> : предпосылки создания электродинамики; <u>умеет</u> : излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию; <u>владеет</u> : методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 1 – 4, задачи № (3.9+N), (3.51-N), N-номер студента по учебному журналу. Сборник задач по ...: / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин .
2	Раздел 2. Движение заряда в электромагнитном поле	ОПК-2	<u>знает</u> : математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <u>умеет</u> : находить траектории движения частиц; <u>владеет</u> : навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 5 – 6, задачи № (3.54+N), (3.115-N)
3	Раздел 3. Уравнения электромагнитного поля в ковариантной форме.	ОПК-2	<u>знает</u> : основные уравнения электродинамики; <u>умеет</u> : находить ЭМ поля; <u>владеет</u> : навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 7 – 8, задачи, (4.27+N), (4.48-N) контрольная работа №1
4	Раздел 1. Стационарное	ОПК-2	<u>знает</u> : основные	Работа на	Вопросы



	электромагнитное поле.		уравнения электродинамики; <i>умеет</i> : применять теоретические знания к решению практических и научных задач; <i>владеет</i> : навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;	семинаре, коллоквиуме	на зачет № 9 – 10, задачи (2.3+N), (2.20+N)
5	Раздел 2. Уравнения электромагнитного поля.	ОПК-2	<i>знает</i> : приближенные методы решения задач электродинамики; <i>умеет</i> : применять теорию электромагнетизма к решению задач; <i>владеет</i> : методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 11 – 14, задачи (2.67+N), (2.88+N)
6	Раздел 3. Излучение электромагнитного поля. Электромагнитные волны	ОПК-2	<i>знает</i> : математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики; <i>умеет</i> : применять теоретические знания к решению практических и научных задач; <i>владеет</i> : методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 16 – 21, задачи (5.18+N), (5.43+N), контрольная работа №2

7	<p>Модуль 3.          Электромагнитное поле в веществе.          Раздел 1. Уравнения электромагнитного поля.</p>	ОПК-2	<p><u>знает:</u>          математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики;  <u>умеет:</u> применять теоретические знания к решению практических и научных задач;  <u>владеет:</u>          методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;</p>	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 22 – 24, задачи (7.2+N),
8	<p>Раздел 2. Основные модели вещества</p>	ОПК-2	<p><u>знает:</u>          математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики;  <u>умеет:</u> применять теоретические знания к решению практических и научных задач;  <u>владеет:</u>          методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;</p>	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 25 – 31, задачи (8.0+N), (8.35+N)
9	<p>Раздел 3. Поля высокой частоты в веществе</p>	ОПК-2	<p><u>знает:</u>          математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики;  <u>умеет:</u> применять теоретические знания к решению</p>	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 32 – 38, задачи (12.0+N)

			<p>практических и научных задач;  <u>владеет:</u>  методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;</p>		
10	Раздел 4. Поля высокой частоты в различных средах	ОПК-2	<p><u>знает:</u>  математический аппарат электродинамики, основные принципы электродинамики;  <u>умеет:</u> применять теоретические знания к решению практических и научных задач;  <u>владеет:</u>  методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;</p>	Работа на семинаре, коллоквиуме	Вопросы на зачет № 39 – 42, задачи, (14.0+N) контрольная работа №3

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели	Баллы
ОПК-2 Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	знает (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- предпосылки создания электродинамики</li> <li>- математический аппарат электродинамики;</li> <li>- основные принципы электродинамики;</li> <li>- основные уравнения электродинамики;</li> <li>- приближенные методы решения задач электродинамики.</li> </ul>	Знание математического аппарат электродинамики, основных принципов электродинамики	Способность перечислить и раскрыть суть основных принципов, методов и уравнений электродинамики.	45-64
	умеет (продвинутой)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- находить электрическое поле системы зарядов;</li> <li>- находить магнитное поле системы токов;</li> <li>- вычислять энергию излучения в дипольном приближении;</li> <li>- применять теорию электромагнитного поля к решению задач;</li> <li>- применять теоретические знания к решению практических и научных задач;</li> <li>- излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.</li> </ul>	Умение находить распределение электрических и магнитных полей по известному распределению зарядов и токов в различных материальных средах.	Способность применять теоретические знания к решению практических и научных задач; излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.	65-84

### Контрольные работы в форме решения задач по разделам:

1. Уравнения электромагнитного поля в ковариантной форме.
2. Электромагнитное поле в вакууме.
3. Электромагнитное поле в веществе.

Зачетная оценка складывается из пятибалльных оценок за работу на семинарах, оценок за домашние задачи и за контрольные работы. Студент получает зачет при условии, что он наберет не менее  $2/3$  от максимального числа баллов, начисляемых за все виды работ.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА**

### **УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В КОВАРИАНТНОЙ ФОРМЕ**

1. Принцип относительности. Интервал. Преобразования Лоренца. Кинематика СТО.
2. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс частицы. Четырехмерный импульс. Четырехмерный вектор силы. Уравнение Гамильтона-Якоби.
3. Момент импульса системы релятивистских частиц. Тензор момента импульса. Закон сохранения момента импульса системы частиц. Релятивистский закон сохранения центра инерции.
4. Заряженная частица в СТО. Действие, функция Лагранжа, энергия и импульс заряженной частицы. Уравнение Гамильтона-Якоби.
5. Уравнение движения заряда в электромагнитном поле. Калибровочная инвариантность. Движение заряда в однородных электрическом и магнитном полях.
6. Тензор электромагнитного поля. Преобразования характеристик электромагнитного поля. Инварианты поля.
7. Уравнения электромагнитного поля. Действие для электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Первая и вторая пары уравнений электромагнитного поля.
8. Тензор энергии-импульса (общая задача). Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Тензор энергии-импульса макроскопических тел.

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ**

9. Уравнения стационарного электрического поля. Заряд и его свойства. Электростатическое поле. Напряженность электрического поля. Работа электростатического поля по перемещению точечного заряда. Условие потенциальности для электрического поля. Поток напряженности электрического поля. Закон Гаусса. Закон Гаусса в дифференциальной форме. Объемная (линейная, поверхностная) плотность заряда. Принцип суперпозиции полей.
10. Дипольный и квадрупольный моменты. Разложение потенциала электростатического поля системы зарядов по мультиполям. Дипольный момент. Потенциал и напряженность поля диполя. Квадрупольный момент.
11. Уравнения стационарного магнитного поля. Стационарное магнитное поле. Сила и плотность тока. Закон сохранения заряда (уравнение непрерывности) в интегральной и дифференциальной форме. Условие стационарности магнитного поля. Закон Био - Савара. Поле прямого тока. Уравнения магнитостатики в интегральной и дифференциальной форме.
12. Квазистационарное электромагнитное поле. Понятие магнитного момента.
13. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о токах смещения. Уравнения электромагнитного поля в потенциалах. Калибровка Лоренца.
14. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Закон сохранения импульса частиц, движущихся в электромагнитном поле. Импульс электромагнитного поля.

15. Энергия взаимодействия зарядов. Энергия электростатического поля. Система зарядов во внешнем поле.
16. Электромагнитное поле произвольно движущейся системы зарядов. Запоздавающие (опережающие) потенциалы.
17. Электромагнитное поле произвольно движущегося заряда. Потенциалы Лиенара - Вихерта.
18. Излучение системы зарядов в дипольном приближении. Закон распределения интенсивности излучения. Полная интенсивность излучения.
19. Квадрупольное и магнитно-дипольное излучение. Полная интенсивность излучения.
20. Свободные электромагнитные волны. Волновое уравнение. Уравнение плоской волны. Фаза волны. Фазовая скорость. Плоские монохроматические волны. Частота и период волны. Волновое число и волновой вектор. Свойства плоских монохроматических электромагнитных волн.
21. Волновой пакет. Понятие групповой скорости.

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ**

22. Основные характеристики электромагнитного поля в веществе. Напряженность электрического и индукция магнитного полей в веществе. Сторонние и связанные заряды. Вектор поляризации. Молекулярные токи. Токи намагниченности.
23. Система уравнений электромагнитного поля в веществе. Вектор электрической индукции. Напряженность магнитного поля. Электрическая проницаемость (восприимчивость). Магнитная проницаемость (восприимчивость). Границы применимости линейной теории.
24. Уравнения электромагнитного поля в потенциалах для однородной и изотропной среды. Поведение электромагнитного поля на границе раздела двух сред.
25. Стационарное электрическое поле в диэлектриках. Полярные и неполярные диэлектрики. Сегнетоэлектрики. Описание поляризации неполярных диэлектриков.
26. Описание поляризации полярных диэлектриков. Зависимость поляризации от внешнего электрического поля.
27. Стационарное магнитное поле в магнетиках. Классификация магнетиков. Намагничивание диамагнетиков.
28. Намагничивание парамагнетиков.
29. Намагничивание ферромагнетиков. Модель Вейса.
30. Квазистационарное электромагнитное поле в веществе. Скин-эффект.
31. Распространение электромагнитных волн в проводящей, однородной и изотропной среде.
32. Материальные уравнения для электрического поля. Временная и пространственная дисперсия. Материальные уравнения анизотропной среды. Тензор диэлектрической проницаемости и его свойства.
33. Нормальные электромагнитные волны в анизотропной среде. Дисперсионные соотношения.
34. Электромагнитные волны в негиротропной среде. Дисперсионные соотношения для поперечных и продольных волн.
35. Распространение электромагнитных волн в неполярных диэлектриках. Нормальная и аномальная дисперсия. Связанные (поляризационные) волны.
36. Теория диэлектрической релаксации Дебая.
37. Проводники в переменных полях. Модель проводящей среды. Диэлектрическая проницаемость проводника. Проводимость в переменном поле. Оптические свойства проводников.
38. Поля высокой частоты в магнетиках. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
39. Плазма. Гидродинамическая модель плазмы. Гидродинамическая модель плазмы в линейном приближении.
40. Нормальные электромагнитные волны в плазме. Плазмоны. Эффект экранирования в плазме. Условие существования плазмы.

41. Сверхпроводимость. Явление сверхпроводимости. Идеальный проводник. «Вмораживание» магнитного поля. Эффект Мейснера. Уравнения Лондонов. Материальные уравнения для сверхпроводников. Куперовские пары. Квантование магнитного потока.
42. Распространение электромагнитных волн в волноводах. Магнитные (электрические) поперечные волны. Фазовая и групповая скорости электромагнитных волн в волноводах.

## **Критерии оценки на экзамене по дисциплине**

### **«Электродинамика»**

Оценка «зачтено» ставится, если студент наберет не менее  $2/3$  от максимального числа баллов, начисляемых за все виды работ. Зачетная оценка складывается из пятибалльных оценок за работу на коллоквиумах и семинарах, оценок за домашние задачи и за контрольные работы.

### **Оценка работы на коллоквиумах и семинарских занятиях**

Оценка «**5 баллов**» ставится, если работа на семинаре или коллоквиуме показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом и свободным владением монологической речью; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры.

Оценка «**4 балла**» ставится, если работа на семинаре или коллоквиуме показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом и свободным владением монологической речью; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры. Однако в ходе работы допускается одна - три неточности.

Оценка «**3 балла**» ставится, если работа на семинаре или коллоквиуме свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным

владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. В ходе работы допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка «**0 баллов**» ставится, если работа на семинаре или коллоквиуме обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа на вопросы.

#### **Оценка решения задач**

Оценка «**5 баллов**» ставится, если задача решена полностью и дано обоснование ее решения.

Оценка «**4 балла**» ставится, если задача решена с 1 – 2 незначительными недочетами и дано обоснование ее решения.

Оценка «**3 балла**» ставится, если задача решена не полностью, но дано обоснование ее решения.

Оценка «**0 баллов**» ставится, если задача не имеет решения.



## Аннотация рабочей программы дисциплины

### «Электродинамика»

Рабочая программа учебной дисциплины «Электродинамика» разработана для студентов 3 курса очной формы обучения направления подготовки для студентов направления подготовки 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)» в соответствии с требованиями федерального государственного стандарта высшего образования.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.), практические занятия (70 часов), самостоятельная работа (11 часов, в том числе на подготовку к экзамену 27 часов). Дисциплина «Электродинамика» относится к обязательной части учебного плана, реализуется на 3 курсе в 5-м семестре.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах общей физики, курсах «Теоретическая механика», «Математический анализ», «Векторный и тензорный анализ», «Методы математической физики».

Основные положения дисциплины используются при дальнейшем обучении данного направления подготовки бакалавров.

**Цель** изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по основам электродинамики.

#### Задачи

1. Изучение математического аппарата электродинамики.
2. Освоение основных понятий и уравнений электродинамики.
3. Приобретение навыков решения задач по дисциплине электродинамика.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (элементы компетенций):

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--	--	--

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научное мышление	ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК -2.1 Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов ОПК -2.2 Выбирает конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК -2.1 Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов	Знает методы поиска возможных вариантов решения поставленных экспериментальных и теоретических задач.
	Умеет формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.
	Владеет методами определения ожидаемых результатов решения выделенных задач, оценивания их достоинств и недостатков.
ОПК -2.2 Выбирает конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности	Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований и измерений, основные приемы обработки и представления полученных данных.
	Умеет самостоятельно выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.
	Владеет способами обработки и представления полученных экспериментальных данных и оценки погрешности результатов измерений