

# Общая физика: электричество и магнетизм

**Лекторы:**

Александр Смирнов

**Ассистент:**

Леонид Герчиков

Айгерим Джандалиева

Максим Коробков

Алиса Чайковская

Сюзанна Асадулина

**Язык:**

Русский

**Трудоемкость:**

6 з.е.

**Форма контроля:**

Экзамен

**Образовательная программа:**

Теоретическая и экспериментальная физика

3 семестр

Беспроводные технологии

3 семестр

**Пререквизиты:**

Математический анализ

Линейная алгебра

Общая физика: механика

Общая физика: термодинамика и статистическая физика

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
46	30	40
*1 академический час = 45 минутам		

## Содержание курса

### 3 семестр

#### Общая физика: электричество и магнетизм

#### Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч)	Практика (ак.ч.)
<b>Лекция № 1</b>		
Экспериментальные основы электромагнетизма. Базовые понятия. Система СГС. Электростатика. Электрический заряд. Напряженность. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Опыт Милликена. Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока. Относительность электрического и магнитного полей.	2	
<b>Лекция № 2</b>		
Преобразование полей. Электростатика. Диполь. Поле системы зарядов на больших расстояниях. Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной форме. Применения для плоскости, цилиндра и сферы.	2	2
<b>Лекция № 3</b>		
Теорема Ирншоу. Граничные условия на заряженной поверхности. Потенциал и разность потенциалов. Примеры расчета потенциалов (плоскость, конденсатор, заряженный шар, цилиндрическая поверхность). Граничное условие на заряженной поверхности для тангенциальных компонент поля. Проводники во внешнем поле. Демонстрации: сетка Фарадея, колесо Франклина	2	
<b>Лекция № 4</b>		
Потенциал поля диполя. Упругий диполь во внешнем поле. Теорема о циркуляции. Диэлектрики. Электронная, ориентационная и ионная поляризация. Вектор поляризации. Поляризуемость молекулы и поляризуемость диэлектрика. Связь вектора поляризации с поверхностной плотностью поляризационного заряда. Теорема Гаусса в веществе. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость. Граничные условия на границе двух диэлектриков. Преломление силовых линий на границе. Частичное экранирование в диэлектрике.	2	2
<b>Лекция № 5</b>		
Диэлектрический шар во внешнем поле. Локальное поле. Сфера Лоренца. Формула Клаузиуса-Моссотти-Лоренц-Лоренца. Уравнения Лапласа и Пуассона. Метод изображений. Заряд над металлической плоскостью. Заряд вблизи шара при заданном потенциале или заряде шара. Ёмкость. Ёмкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов, двух параллельных проводников.	2	
<b>Лекция № 6</b>		
Энергия системы зарядов. Плотность энергии электрического поля. Взаимная и собственная часть энергии. Электрическая часть свободной энергии. Сила, действующая на заряженную поверхность. Энергетический метод вычисления сил в электрическом поле. Пример с заряженным шаром, конденсатором при постоянном заряде и постоянной разности потенциалов. Сила, с которой диэлектрик втягивается в плоский конденсатор.	2	2
<b>Лекция № 7</b>		
Постоянный ток. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной форме. Сопротивление и проводимость. Правила Кирхгофа и расчет цепей постоянного тока. Токи в неограниченных средах. Магнитное поле движущегося заряда. Закон Био-Савара.	2	2
<b>Лекция № 8</b>		
Сила Ампера. Момент, действующий на рамку с током в магнитном поле. Теорема Гаусса и теорема о циркуляции для магнитного поля. Магнитное поле кругового витка и соленоида. Векторный потенциал. Поле токов на больших расстояниях. Магнитный момент.	2	
<b>Лекция № 9</b>		

Магнитный момент во внешнем поле: сила, момент сил, потенциальная энергия. Гиромангнитное отношение. Классическая трактовка ЯМР. Ларморовская частота. Магнитное поле в веществе. Молекулярные токи. Вектор намагниченности. Магнитная индукция и напряженность. Граничные условия. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Парамагнетики и диамагнетики. Механизмы намагничивания. Ферромагнетики и сегнетоэлектрики. Гистерезис. Температура Кюри. Магнитные цепи.	2	2
<b>Лекция № 10</b>		
Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Максвелловская трактовка. Закон Фарадея в интегральной и дифференциальной форме. Токи Фуко. Электроизмерительные приборы: измерение тока, напряжения и мощности. Коэффициенты само- и взаимной индукции. Теорема взаимности. Магнитная энергия токов. Плотность энергии магнитного поля.	2	
<b>Лекция № 11</b>		
Вычисление сил в магнитном поле при постоянных токах при постоянных потоках. Изменение температуры при электризации/намагничивании. Магнитное охлаждение. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Критическое поле. Сверхпроводники первого и второго рода. Фазовый переход S-N, зависимость теплоты переходы от магнитного поля.	2	2
<b>Лекция № 12</b>		
Уравнение Лондонов. Глубина проникновения поля. Метод изображений. Левитация сверхпроводника. Движение заряженных частиц в постоянном электромагнитном поле. Циклотронная частота. Дрейф в скрещенных электрическом и магнитном полях. Вакуумный диод. Закон трех вторых Чайлда-Ленгмюра. Вакуумный триод. Ток в газах.	2	2
<b>Лекция № 13</b>		
Газовые разряды. Электролиты. Законы электролиза. Гальванический элемент и аккумулятор. Ток в металлах и теория Друде. Основы зонной теории проводимости кристаллов. Металлы, полупроводники и диэлектрики.	2	
<b>Лекция № 14</b>		
Работа выхода. Контактная разность потенциалов. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость. p-n переход и полупроводниковый диод. Формула Шокли. Полупроводниковый транзистор. Эффект Холла. Переходные процессы в электрических цепях. Время релаксации. Колебания в RLC контуре.	2	2
<b>Лекция № 15</b>		
Колебания в электрических цепях. Закон Ома и правила Кирхгофа для переменных токов.	2	2
<b>Лекция № 16</b>		
Генерация и преобразование переменного тока. Трансформатор. Действие несинусоидальной ЭДС. Разложение Фурье. Автоколебания и параметрический резонанс в электрических цепях.	2	2
<b>Лекция № 17</b>		
Параметрические колебания. Автоколебания. Электрические флуктуации. Тепловой шум, формула Найквиста. Дробовой шум, формула Шоттки. Флуктуационный предел измерения слабых сигналов.	2	
<b>Лекция № 18</b>		
Длинные линии. Телеграфные уравнения. Скорость распространения волн. Переменное электрическое поле. Ток смещения. Система уравнений Максвелла. Теорема Пойнтинга. Плоская волна в свободном пространстве.	2	2
<b>Лекция № 19</b>		
Комплексное представление гармонических волн. Усредненный вектор Пойнтинга. Поляризация. Дисперсионное уравнение. Диэлектрическая проницаемость металлов. Скин-Эффект. Импульс и давление электромагнитного поля. Формулы Френеля для амплитуд.	2	
<b>Лекция № 20</b>		
Формулы Френеля для интенсивности. Угол Брюстера. Однородные и неоднородные волны. Затухающие волны. Плоскопараллельная пластинка как резонатор Фабри-Перо. Туннелирование.	2	2
<b>Лекция № 21</b>		
Однородные и неоднородные волны. Поверхностные волны. Элементы физики плазмы. Дебаевский радиус экранирования. Плазменные колебания, плазменная частота. Диэлектрическая проницаемость холодной плазмы. Проникновение электромагнитных волн в плазму. Дисперсия объемных плазмонов и поверхностных плазмонов-поляритонов	2	
<b>Лекция № 22</b>		

Элементарная теория дисперсии. Показатель преломления и показатель поглощения. Закон Бугера. Нормальная и аномальная дисперсия. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорость. Расплывание пакета. Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе с идеально проводящими стенками. ТЕ и ТМ моды. Дисперсионное уравнение. Критическая частота.	2	2
<b>Лекция № 23</b>		
Прямоугольный резонатор с идеально проводящими стенками. Излучение электромагнитных волн. Излучение волн ускоренно движущимся зарядом. Диполь Герца. Диаграмма направленности. Теорема Эвальда-Озеена (формулировка)	2	
		2
		2

#### Наименования лабораторных работ:

- 3.00 Изучение электрических сигналов с помощью лабораторного осциллографа
- 3.01 Изучение электростатического поля методом моделирования
- 3.02 Характеристики источника тока
- 3.03 Определение удельного заряда электрона
- 3.05 Температурная зависимость электрического сопротивления металла и полупроводника
- 3.06 Изучение электрических свойств сегнетоэлектриков
- 3.07 Изучение свойств ферромагнетика
- 3.08 Эффект Холла в примесных полупроводниках
- 3.10 Изучение свободных затухающих электромагнитных колебаний
- 3.11 Вынужденные электромагнитные колебания в последовательном колебательном контуре
- 3.12 Изучение свободных затухающих электромагнитных колебаний
- 3.13 Магнитное поле Земли

## Рекомендуемые ресурсы

#### Учебники:

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие / Д. В. Сивухин. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 3 : Электричество — 2009. — 656 с. — ISBN 978-5-9221-0673-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2317>
2. Матвеев А.Н. Курс физики. Электричество и магнетизм. 1983 г.
3. Парселл Э. Берклиевский курс физики. Том 2. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1981.
4. Горелик, Г. С. Колебания и волны : учебное пособие / Г. С. Горелик. — 3-е изд.: под ред. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 656 с. — ISBN 978-5-9221-0776-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2167>
1. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие / И. Е. Иродов ; художник Н. А. Лозинская, В. А. Прокудин. — 14-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 434 с. — ISBN 978-5-93208-513-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172247>
2. Козел С.М., Рашба Э.И., Славатинский С.А. Сборник задач по общему курсу физики. Часть 2., 1978.

## Политика оценивания

**Оценочные средства дисциплины: домашнее задание, работа на семинарах, контрольная работа, проект, лабораторная работа, коллоквиум, экзамен.**

#### Распределение баллов:

В семестре можно набрать максимум 103 балла:

за коллоквиум (10), экзамен (20), лабораторные работы (25), проект (15), две контрольные работы (10+10), домашнее задание (6+6) и работу на семинарах (1).

Итоговая оценка выставляется по суммарному количеству баллов S: отлично, если  $S > 90$ ; хорошо, если  $90 \geq S > 74$ , и удовлетворительно, если  $74 \geq S > 60$ .

#### Пороги и допуски:

Нижний порог сдачи коллоквиума - 6 баллов. Допуском к коллоквиуму является предоставление отчетов по первым пяти лабораторным работам.

Нижний порог сдачи экзамена - 12 баллов. Допуском к экзамену является предоставление отчетов по всем лабораторным работам и факт участия в проектной деятельности.

Нижний порог сдачи лабораторных работ - 16 баллов.

Нижний порог сдачи домашних заданий - 6 баллов.

По контрольным работам и проекту порогов нет.

#### Регламент прохождения аттестации:

Коллоквиум принимается по материалу первых шести или семи учебных недель. Студент получает два теоретических вопроса. Оценка выставляется из примерного расчета: по 2.5 балла за ответ на каждый из двух полученных вопросов и 5 баллов за ответы на несколько дополнительных вопросов или мини-задач по программе курса на усмотрение экзаменатора. При получении за коллоквиум менее 6 баллов, или неявке по уважительной причине, на экзамене студент получает вопросы

по всему курсу. При неявке на коллоквиум без уважительной причины студент может сдавать соответствующий материал во время экзамена с штрафом -4 балла, либо в период пересдач без штрафа.

Экзамен принимается по материалам лекций, не включенных в программу коллоквиума. Студент получает два теоретических вопроса. Оценка выставляется из примерного расчета: по 5 баллов за ответ на каждый из двух полученных вопросов и 10 баллов за ответы на несколько дополнительных вопросов или мини-задач по программе курса на усмотрение экзаменатора.

Домашнее задание сдается семинаристам в форме нескольких проверочных работ в течение семестра на усмотрение семинариста. Пересдать домашнее задание можно один раз в конце семестра, или по договоренности с семинаристом. Оценка выставляется по последнему результату.

Контрольные работы состоят из 5-6 задач разной степени сложности и проводятся одновременно для всего потока в течение 3.5 часов. Переписываются только по уважительной причине при наличии подтверждающих документов.

В лабораторном практикуме 10 работ. За каждую из них студент может получить 2,5 балла. Максимально 1 балл из общей суммы студент получает за наличие допуска к проведению измерений, выполнение экспериментальной части работы и факт оформления отчета. Допуск к выполнению студент получает в формате краткого устного собеседования с преподавателем по содержанию методических указаний к работе.

Если отчет по ЛР представлен студентом на проверку

- на следующем занятии (т.е. через неделю) или ранее, то он получает 1 балл.

- через 8 -14 дней после даты проведения измерений - 0,75 балла

- через 14 -21дней - 0,50 балла

- после 21 календарного дня - 0,0 баллов

После представления отчет рецензируется преподавателем.

Студент может получить максимум 1 балл за содержание и форму отчета.

Замечания по отчету формулируются студенту в письменном виде.

Критерии оценивания отчетов доводятся до сведения студентов на вводном занятии.

Внеся исправления и дополнения в отчет, студент может представить его на повторную проверку с целью увеличения количества баллов, но не более 1 раза.

Оставшиеся 0.5 балла студент может получить ответив на 2-3 дополнительных вопроса или решив задачу среднего уровня сложности по физической сути изучаемого в ЛР явления, процесса или эффекта - на усмотрение преподавателя.