



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

(подпись)

А.И. Александров

« 31 » августа 20 13 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Электричество и магнетизм**

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материалы микро- и наносистемной техники

Иваново



## **1. Цели освоения дисциплины**

Цель изучения курса общей физики в университете состоит в том, чтобы представить физическую теорию как обобщение наблюдений, практического опыта и эксперимента. Физическая теория выражает связь между физическими явлениями и величинами в математической форме. Поэтому курс общей физики имеет два аспекта.

1. Этот курс является экспериментальным и должен знакомить студентов с основными методами наблюдения, измерения и экспериментирования. Он сопровождается необходимыми физическими демонстрациями и лабораторными работами в общем физическом практикуме.
2. Курс представляет собой физическую теорию в адекватной математической форме и ставит целью научить студентов использовать теоретические знания, поэтому он излагается на соответствующем математическом уровне и сопровождается семинарскими занятиями.

Цель раздела «Электричество» является представление в дифференциальной и интегральной формах законов электрических и магнитных явлений и как окончательный результат – формулировка уравнений Максвелла. В качестве экспериментальной основы теории электричества и магнетизма в программе предусмотрено рассмотрение соответствующих электрических и магнитных явлений, однако всегда следует иметь в виду неразрывную связь электрических и магнитных полей как проявление единого электромагнитного поля.

В рамках курса «Электричество и магнетизм» происходит осуществление практической подготовки обучающихся посредством выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы

## **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина «Электричество и магнетизм» входит в обязательную часть цикла дисциплин (Б1.О.21) в соответствии с направлением подготовки: **03.03.02 Физика**. Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: теоретический материал школьных предметов физика и математика, основные законы механики и молекулярной физики, способы дифференцирования и интегрирования, методы векторной алгебры, линейной алгебры, векторного и тензорного анализа; способы решения дифференциальных уравнений.

Уметь: составлять конспекты изучаемой литературы и источников; грамотно и четко излагать собственные мысли; вести диалог; использовать методы оценки погрешности при проведении физического эксперимента.

Иметь: навыки использования основ формально-логического мышления; навыки структурирования мысли и аргументации.

Успешное освоение дисциплины «Электричество и магнетизм» непосредственно связано со знаниями, умениями и навыками, полученными в результате изучения предшествующих дисциплин модуля «Общая и теоретическая физика»: «Механика», «Молекулярная физика», а также курсов модуля «Математика и информатика»: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного».

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

### **3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина**



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

обще профессиональные (ОПК):

ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.

ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

основные положения теории электромагнетизма и экспериментальные факты, на которых они базируются (ОПК-1); фундаментальные понятия, законы и их применимости (ОПК-1); методы исследования и расчета электрических и магнитных систем (ОПК-3).

Уметь:

применять законы электромагнетизма для объяснения физических явлений, решать качественные и количественные физические задачи (ОПК-1); решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы математического анализа (ОПК-1); проводить измерения физических величин, объяснение и обработку результатов эксперимента (ОПК-3); самостоятельно работать с учебной и справочной литературой; использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности (ОПК-3).

Иметь практический опыт/Иметь навыки:

поиска и обмена информацией по вопросам курса; решения типовых физических задач (ОПК-1); проведения физических измерений; корректной оценки погрешности при проведении физического эксперимента (ОПК-3).

### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов).

Практическая подготовка (ПП) – 64 академических часа в очной форме

#### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	
1.	Введение. Закон Кулона, принцип суперпозиции.	3	2	0	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов. Список вопросов, интересующих студента по



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

					содержанию дисциплины
2.	Теорема Гаусса и ее применения.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
3.	Потенциал, емкость, энергия.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
4.	Проводники в электрическом поле. Закон сохранения энергии и пондеромоторные силы в электрическом поле.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
5.	Диэлектрики в электрическом поле. Теорема Остроградского – Гаусса в присутствии диэлектриков.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р. Контрольная работа 1
6.	Постоянный ток. Уравнение неразрывности и условие стационарности. Закон Ома.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
7.	Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
8.	Расчет цепей. Правила Кирхгофа.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
9.	Механизмы электропроводности	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р. Контрольная работа 2
10.	Закон Био-Саварра – Лапласа и принцип суперпозиции	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
11.	Теорема о циркуляции.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
12.	Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция. Взаимоиндукция.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
13.	Энергия магнитного поля. Пондеромоторные силы в магнитном поле.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
14.	Движение заряженных частиц в электромагнитных полях.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
15.	Магнетики. Граничные условия.	3	2	4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

					Контрольная работа 3
16.	Квазистационарные процессы. Колебательный контур.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р.
17.	Переменный ток.	3	2	2 семинар, 4 л/р	Выступления на семинаре, подготовка, выполнение, оформление, защита л/р. Контрольная работа 4
18.	Уравнения Максвелла.	3	2	0	
Итого по дисциплине:			36	96	Зачет, экзамен

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

**Введение.** Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Микроскопические носители заряда. Опыт Милликена. Закон сохранения электрического заряда.

**Электростатика.** Закон Кулона. Его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского – Гаусса, ее представление в дифференциальной форме. Теорема Ирншоу.

Работа сил электростатического поля. Потенциальность электростатического поля. Потенциал. Нормировка потенциала. Связь потенциала с вектором напряженности электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Теорема о циркуляции и ее представление в дифференциальной форме. Уравнение Пуассона и математическая постановка задач электростатики. Роль граничных условий.

Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь в электрическом поле.

Энергия системы электрических зарядов. Энергия взаимодействия и собственная энергия. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия электрического диполя во внешнем поле.

**Проводники в электростатическом поле.** Напряженность поля у поверхности и внутри проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Электростатическая защита. Измерение потенциала проводника. Эквипотенциальные поверхности. Метод зеркальных изображений.

Связь между зарядом и потенциалом проводника. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора. Силы, действующие на проводники в электрическом поле.

**Диэлектрики в электростатическом поле.** Диэлектрики. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Связь вектора поляризации со связанными зарядами. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля. Понятие о тензоре диэлектрической проницаемости.

Теорема Остроградского – Гаусса в присутствии диэлектриков. Ее дифференциальная форма. Граничные условия для векторов поляризации напряженности и индукции электрического поля. Преломление линий поляризации, напряженности и индукции на границе двух диэлектриков. Принципиальные методы измерения напряженности и индукции электрического поля в однородном диэлектрике.



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

---

Энергия диэлектрика во внешнем электрическом поле. Пондеромоторные силы в электрическом поле и методы их вычисления. Связь пондеромоторных сил с энергией электрических зарядов.

Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное поле. неполярные диэлектрики. Формула Клаузиуса – Мосотти. Полярные диэлектрики. Функция Ланжевена. Поляризация ионных кристаллов.

Электрические свойства кристаллов. Пирозлектрики. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект и его применение. Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектрика. Применение сегнетоэлектриков.

**Постоянный электрический ток.** Сила и плотность тока. Линии тока. Электрическое поле в проводнике с током и его источники. Уравнение непрерывности. Условие стационарности тока. Электрическое напряжение. Закон Ома для участка цепи. Электросопротивление. Удельная электропроводность вещества. Дифференциальная форма закона Ома.

Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца и его дифференциальная форма. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Токи в сплошных средах. Заземление. Закон сохранения энергии для цепей постоянного тока.

**Постоянное магнитное поле.** Электромагнетизм. Магнитостатика. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био-Саварра-Лапласа и его полевая трактовка. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера.

Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Вихревой характер магнитного поля. Векторный потенциал. Его связь с вектором индукции магнитного поля. Отсутствие в природе магнитных зарядов.

Элементарный ток и его магнитный момент. Поле элементарного тока. Элементарный ток в магнитном поле. Понятие о магнитном диполь-дипольном взаимодействии. Сила Лоренца. Эффект Холла. Магнитное поле движущегося заряда.

Потенциальная функция тока. Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток). Коэффициент самоиндукции (индуктивность) контура. Коэффициент взаимной индукции.

**Магнетики.** Понятие о молекулярных токах. Вектор намагниченности и его связь с молекулярными токами. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов магнитного поля. Понятие о тензоре магнитной проницаемости.

Граничные условия для векторов напряженности и индукции магнитного поля. Магнитное поле в полостях в однородном магнетике. Принципиальные методы измерения напряженности и индукции магнитного поля в магнетиках.

Классификация магнетиков: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Классическое описание диамагнетизма. Ларморова прецессия. Объяснение парамагнетизма по Ланжевону. Гиромагнитное отношение. Опыты Эйнштейна – де-Гааза. Опыт Барнетта.

Ферромагнетики. Доменная структура. Гистерезис намагничивания. Кривая Столетова. Остаточная индукция и коэрцитивная. Температурная зависимость намагниченности. Точка Кюри. Силы, действующие на магнетики в магнитном поле. Магнитные материалы и их применение.

**Электромагнитная индукция.** Закон электромагнитной индукции Фарадея и его формулировка в дифференциальной форме. Правило Ленца. Индукционные методы измерения магнитных полей. Токи Фуко.

Магнитная энергия контура с током. Магнитная энергия совокупности контуров с током. Энергия магнитного поля. Ее объемная плотность. Энергия магнитного поля в веществе.

**Электромагнитные колебания.** Квазистационарные поля. Критерии квазистационарности. Переходные процессы в RC- и LC-цепях. Колебательный контур. Собственные колебания в



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

контуре. Уравнение гармонических колебаний. Энергия, запасенная в контуре. Затухающие колебания в контуре и их уравнение. Показатель затухания. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура.

Вынужденные колебания в контуре. Резонанс. Ширина резонансной кривой и ее связь с добротностью контура. Процесс установления вынужденных колебаний.

Колебания в связанных контурах. Парциальные колебания и их частоты. Нормальные колебания (моды) и их частоты.

**Переменный синусоидальный ток.** Квазистационарные токи. Методы комплексных амплитуд и векторных диаграмм. Активное, емкостное и индуктивное сопротивление. Закон Ома для цепей переменного тока.

Резонанс напряжений. Резонанс токов. Правила Кирхгофа для цепей переменного тока.

Работа и мощность переменного тока. Эффективные значения тока и напряжения.

Техническое использование переменных токов. Генераторы и электродвигатели. Трехфазный ток. Получение вращающегося магнитного поля. Соединение обмоток генератора «звездой» и «треугольником». Фазное и линейное напряжение. Трансформатор. Принцип действия, применение. Коэффициент трансформации. Роль сердечника.

Высокочастотные токи. Скин-эффект. Толщина скин-слоя.

**Механизмы электропроводности.** Проводники. Основные положения классической электронной теории проводимости Друде – Ленца. Опыты Толмена и Стюарта. Закон Ома и Джоуля – Ленца в классической теории. Закон Видемана – Франца. Трудности классической теории.

Понятие о зонной теории твердых тел. Энергетические уровни и формирование энергетических зон. Принцип Паули. Статистика Ферми – Дирака. Полупроводники. Особенности зонной структуры диэлектриков, полупроводников и металлов.

Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводники p- и n-типа. P-n – переход. Применение полупроводников: полупроводниковые диоды, транзисторы, фотодиоды, фоторезисторы.

Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. Термоэлектродвижущая сила. Термодпары. Эффект Пельтье. Явление Томсона.

Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера, критическое магнитное поле. Применение сверхпроводников.

Электролиты. Закон Фарадея.

Токи в газах. Основные типы газового разряда. Плазменное состояние вещества. Электропроводность плазмы.

Электрический ток в вакууме. Электронная эмиссия.

**Уравнения Максвелла.** Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла как обобщение экспериментальных данных. Ток смещения. Вихревое электрическое поле. Взаимные превращения электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Волновое уравнение. Электромагнитные волны. Скорость их распространения. Поперечность электромагнитных волн. Вектор Умова – Пойнтинга. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Вибратор Герца. Излучение электромагнитных волн.

## 5. Образовательные технологии

Технология проблемного обучения, технология обучения в сотрудничестве, технология учебного диалога, тестовый контроль качества образования, технология использования мультимедийных средств в образовательном процессе, технологии смешанного обучения, технологии визуализации физических процессов, виртуальные лаборатории.



## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к семинарским занятиям, лабораторным работам; анализе лекционного материала; работе с дополнительной литературой.

## **7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Входной контроль предназначен для выявления степени подготовленности студентов к изучению дисциплины и проводится по остаточным знаниям, ранее изученных дисциплин. С этой целью составляется перечень вопросов, охватывающие наиболее важные темы предшествующих дисциплин. Такой контроль проводится перед началом изучения дисциплины или на вводной лекции. Полученные результаты дают возможность преподавателю определить наиболее слабых и наиболее подготовленных студентов, что облегчает проблемы индивидуализации обучения. Кроме того, составить вопросы для самостоятельного изучения слабо подготовленными студентами с целью выравнивания знаний и успешного освоения программы изучаемой дисциплины. Результаты входного контроля не влияют на получение зачета и экзамена студентом.

Текущий контроль осуществляется преподавателем по степени готовности студента к семинарским занятиям и лабораторным работам. В течение семестра предусмотрены контрольные работы по основным разделам курса.

По результатам выполнения и защит лабораторных работ, написания контрольных работ студент получает зачет по дисциплине.

Итоговый контроль осуществляется в форме устного экзамена по программе курса. Билеты содержат два теоретических вопроса и расчетную задачу. При оценке знаний студента на экзамене учитывается:

- 1) понимание и степень усвоения теории вопроса,
- 2) методологическая подготовка,
- 3) степень усвоения физического материала курса,
- 4) знакомство с основной литературой,
- 5) умение приложить теорию к практике, решать задачи, осуществлять расчеты, составлять схемы и т.п.,
- 6) знакомство с историей науки,
- 7) логика, структура и стиль ответа, умение защищать выдвигаемые научно-теоретические положения.

Таким образом, экзамены являются органической частью учебного процесса, естественным его завершением, так как подготовка к ним в конечном итоге содействует обобщению и укреплению знаний, приведению их в строгую систему, а также – устранению пробелов, возникших в процессе учебных занятий. При подготовке к экзаменам уточняется и дополняется многое из того, что на лекциях и практических занятиях было понятно и усвоено в общей форме или не понятно вовсе.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Основная литература:

1. Калашников, С. Г.

Электричество : учебное пособие для студентов университетов .— Изд. 3-е, стер .— М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1970 .— 666 с .— (Общий курс физики)

2. Матвеев, А. Н.





Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Электричество и магнетизм : учебное пособие / А. Н. Матвеев .— Изд. 3-е, стер .— СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 459 с : ил .— (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов. Специальная литература) .— ISBN 978-5-8114-1008-8.

3. Савельев, И. В.

Курс общей физики : в 5 кн. : учебное пособие для вузов / И. В. Савельев .— М. : Астрель : АСТ, 2008. Кн. 2: Электричество и магнетизм .— 2008 .— 333 с .— ISBN 978-5-17-003760-5 ((Кн. 2)) .

Дополнительная литература:

1. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс ; пер. с англ. А. В. Ефремова [и др.] ; под ред. Я. А. Смородинского .— М. : Мир, 1977. [Вып.] 5: Электричество и магнетизм .— 1977 .— 299 с.

2. Роджерс, Э. Физика для любознательных : в 3 т. / Эрик Роджерс .— М. : Мир, 1969. Т. 3: Электричество и магнетизм. Атомы и ядра / под ред. В. Ф. Киселева .— 1971 .— 663 с.

1. Постников, Е.Б. Электричество. Конспект лекций : учебное пособие / Е.Б. Постников. - М. : Приор-издат, 2007. - 208 с. - (Конспект лекций). - ISBN 978-5-9512-0759-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=56353> (21.03.2016).

2. Курс общей физики в задачах / В.Ф. Козлов, Ю.В. Маношкин, А.Б. Миллер и др. - М. : Физматлит, 2010. - 264 с. - ISBN 978-5-9221-1219-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68398> (21.03.2016).

3. Кингсеп, А.С. Основы физики. Курс общей физики : учебник : в 2-х т. / А.С. Кингсеп, Г.Р. Локшин, О.А. Ольхов. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2007. - Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика. - 704 с. - ISBN 978-5-9221-0753-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82178> (21.03.2016).

### Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»  
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);  
<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника  
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации:

демонстрационное оборудование: модели физических явлений, демонстрационные установки;

электронные пособия: презентации;

аудиовизуальные пособия: видеоматериалы, демонстрирующие электромагнитные явления и процессы.

**Автор рабочей программы дисциплины:** доцент кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий, кандидат педагогических наук Майорова Наталья Сергеевна

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 31 августа 2023 г., протокол № 1

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

**Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.**