

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет  
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ  
проректор

\_\_\_\_\_ П. А. Машаров  
«17» апреля 2025 г.  
МП

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины «**Электродинамика**» для обучающихся по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

доцент кафедры теоретической физики и  
нанотехнологий,  
канд. физ.-мат. наук

В. И. Фиохин

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета  
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной  
программы, д-р физ.-мат. наук, проф.  
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по математике в объеме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Механика и молекулярная физика, Математический анализ, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Дифференциальные уравнения.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Статистическая физика и термодинамика, Квантовая механика, Производственная практика: научно-исследовательская работа.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.19 Электродинамика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	6 / 216

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

### 2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	5	34	–	68	114	216	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений студента в области решения задач по расчету электрических и магнитных полей, созданных различными системами.

**4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ  
ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ  
И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.19. Рассматривает возможные подходы к решению задач профессиональной деятельности, оценивает их эффективность и соответствие необходимым требованиям.	ОПК-1.19.1. Знает основы классической и релятивистской электродинамики: преобразования Лоренца для поля, уравнения Максвелла, в т.ч. – в ковариантной форме, законы сохранения для поля, теорию электромагнитных волн. ОПК-1.19.2. Умеет пользоваться законами электродинамики для расчета потенциала электромагнитного поля. ОПК-1.19.3. Владеет навыками решения типичных задач электродинамики.
	ОПК-1.20. Применяет эффективные методы решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.20.1. Знает современные методы решения уравнений Максвелла, методы электростатики и магнитостатики, основные приближенные методы. ОПК-1.20.2. Умеет пользоваться приближенными методами электродинамики. ОПК-1.20.3. Владеет навыками решения задач электростатики и магнитостатики.

**5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Электродинамика	
Специальная теория относительности. Принципы относительности Эйнштейна.	Пространственно-временной интервал. Преобразования Лоренца. Правило придания скорости. Аберрация света. Четырехмерные векторы и их свойства. Ковариантные и контравариантные координаты. 4-вектор скорости. Уравнения движения в специальной теории относительности. 4-вектор импульса, силы. Релятивистские функции Лагранжа, Гамильтона. Распад частиц. Момент импульса.
Заряд в электромагнитном поле	Принцип наименьшего действия для электромагнитного поля. Потенциалы электромагнитного поля. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Калибровочная инвариантность. Движение заряженной частицы в электрическом и магнитном полях. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для поля. Инварианты тензора электромагнитного поля.

Уравнения Максвелла	Первая пара уравнений Максвелла. Действие для электромагнитного поля. 4-вектор плотности тока. Уравнение непрерывности. Вторая пара уравнений Максвелла. Тензор энергии импульса электромагнитного поля.
Постоянное электрическое поле.	Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Разложение скалярного потенциала по мультиполям. Электрический диполь. Квадруполь. Энергия диполя во внешнем поле. Диполь-дипольное взаимодействие.
Постоянное магнитное поле	Разложение векторного потенциала по мультиполям. Магнитный момент. Магнитное диполь-дипольное взаимодействие. Теорема Лармора. Гиромагнитное отношение.
Электромагнитные волны.	Волновое уравнение. Калибровки Лоренца, Кулона. Плоская монохроматическая волна. Эффект Доплера. Поляризация. Электромагнитное поле как совокупность гармонических осцилляторов. Опаздывающие и опережающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Энергия, излучаемая частицей, движущейся ускоренно. Электромагнитное поле на больших расстояниях от источника. Угловое и спектральное распределение электромагнитного излучения заданного током. Электрическое дипольное и квадратичное магнитное дипольное излучение. Электромагнитное поле в ближней и дальней зонах. Рассеивание электромагнитных волн. Эффективное сечение рассеивания. Формула Томпсона. Реакция излучения. Радиационная ширина спектральных линий.
Электростатика проводников	Электростатическое поле проводников. Энергия электростатического поля системы заряженных проводников. Методы решения задач электростатики. Металлические проводники в электрическом поле. Емкость.
Электростатика диэлектриков	Диэлектрики. Вектор поляризации. Вектор электрической индукции. Материальные соотношения для диэлектриков. Поляризация неполярных и полярных диэлектриков. Термодинамика диэлектриков.
Постоянное магнитное поле, постоянный электрический ток	Магнитное поле постоянных токов. Вектор намагничивания. Магнетики. Магнитная проницаемость. Термодинамика магнетиков. Энергия системы токов. Линейные цепи. Электрический ток в металлических проводниках. Термоэлектрическая эмиссия. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Эффект Холла.

Электродинамика сверхпроводников.	Магнитные свойства сверхпроводников. Сверхпроводящий ток. Критическое магнитное поле. Сверхпроводники первого и второго рода. Проникновение магнитного поля в сверхпроводник. Высокотемпературные сверхпроводники.
Квазистационарные электромагнитные поля	Условия квазистационарности. Квазистационарные явления в линейных проводниках. Скин-эффект. Проникновение магнитного поля в проводник. Правила Киргофа. Комплексное сопротивление. Длинные линии.
Электромагнитные волны в сплошной среде	Уравнения поля в диэлектрике в случае отсутствия дисперсии. Групповая скорость. Поток энергии электромагнитной волны. Отражение и прохождение электромагнитных волн. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Распространение электромагнитных волн в проводниках. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Обычная и необычная волны. Распространение электромагнитных волн в диспергирующих средах. Соотношение Крамерса-Кронига. Распространение электромагнитных волн в волноводах и резонаторах. Поперечно-магнитные и поперечно-электрические волны. Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе. Геометрическая оптика. Излучение Черенкова-Вавилова.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Электродинамика	34		68	114	216
Специальная теория относительности. Принципы относительности Эйнштейна.	3		6	9	18
Заряд в электромагнитном поле	3		6	9	18
Уравнения Максвелла	3		6	9	18
Постоянное электрическое поле.	3		6	9	18
Постоянное магнитное поле	3		6	9	18
Электромагнитные волны	3		6	9	18
Электростатика проводников	3		6	10	19
Электростатика диэлектриков	3		6	10	19
Постоянное магнитное поле, постоянный электрический ток	3		6	10	19

Электродинамика сверхпроводников	3		6	10	19
Квазистационарные электромагнитные поля	2		4	10	19
Электромагнитные волны в сплошной среде	2		4	10	19
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	34		68	114	216

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Пространственно-временной интервал.
2. Преобразования Лоренца.
3. Правило придания скорости.
4. Релятивистские функции Лагранжа, Гамильтона. Распад частиц. Момент импульса.
5. Заряд в электромагнитном поле.
6. Первая пара уравнений Максвелла.
7. Закон Кулона.
8. Электростатическая энергия зарядов.
9. Разложение векторного потенциала по мультиполям.
10. Волновое уравнение.
11. Калибровки Лоренца, Кулона.
12. Плоская монохроматическая волна.
13. Эффект Доплера.
14. Поляризация.
15. Электромагнитное поле как совокупность гармонических осцилляторов.
16. Электростатическое поле проводников.
17. Энергия электростатического поля системы заряженных проводников.
18. Методы решения задач электростатики.
19. Металлические проводники в электрическом поле. Емкость.
20. Диэлектрики.
21. Вектор поляризации.
22. Магнитное поле постоянных токов.
23. Вектор намагничивания.
24. Магнетики.
25. Магнитная проницаемость.
26. Магнитные свойства сверхпроводников.
27. Условия квазистационарности.
28. Уравнения поля в диэлектрике в случае отсутствия дисперсии.
29. Групповая скорость.
30. Поток энергии электромагнитной волны.
31. Отражение и прохождение электромагнитных волн.
32. Формулы Френеля.
33. Угол Брюстера.
34. Распространение электромагнитных волн в волноводах и резонаторах.

### 7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Закон придания скорости. Абберация света. Импульс, энергия релятивистских частиц. Законы сохранения. Распад частиц

- Движение частиц в электрическом поле. Движение частиц в магнитном поле
- Вычисление потенциалов электромагнитного поля
- Вычисление дипольных моментов. Вычисления электростатической энергии систем зарядов
- Вычисление магнитных моментов. Вычисления магнитного поля системы токов.
- Поляризация электромагнитного поля. Вектор Герца
- Емкость проводников. Метод отражений
- Электростатическое поле в диэлектрике. Вектор поляризации. Метод отражений в диэлектриках
- Вектор намагниченности. Магнитное поле в магнитной среде.
- Индукция. Энергия системы проводников с током.
- Переменный ток
- Распространение волн в сплошной среде.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

### 7.3. Образец содержания экзаменационного билета

Донецкий государственный университет  
Физико-технический факультет  
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Профиль подготовки	Наноматериалы
Форма обучения	Очная
Семестр	Пятый
Дисциплина	Электродинамика

### Экзаменационный билет № 1

1. Релятивистские функции Лагранжа, Гамильтона. Распад частиц.
2. Момент импульса.
3. Вычисления магнитного поля системы токов

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № \_\_ от \_\_\_\_ 202\_\_ г.

Заведующий кафедрой

Экзаменатор

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

### 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение



домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

#### 8.1. Семестр 5

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		40
Общий итог за семестр		100

#### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

### 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных,

учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий(ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 10.1. Основная литература

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : В 10 т. : Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Под ред. Л. П. Питаевского. - 3-е изд. - М. : Физматлит, 1992. - 661 с.

2. Левич, В. Г. Курс теоретической физики [Текст] : [учеб. пособие для физ.-техн. специальностей вузов]. Т. 2 : Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика / В. Г. Левич и др. ; под ред. В. Г. Левича. - 2-е изд. - Москва : Наука, 1971. - 936 с.

3. Бредов, М. М. Классическая электродинамика : учеб. пособие для студентов физ. спец. вузов / М. М. Бредов, В. В. Румянцев, И. Н. Топтыгин ; под ред. И. Н. Топтыгина. - Москва : Наука, 1985. - 399 с.

4. Павленко, Ю. Г. Лекции по теоретической механике : [Учеб. для физ. фак. ун-тов] / Ю. Г. Павленко. - М. : Изд-во МГУ, 1991. - 336 с.

### 10.2. Дополнительная литература

1. Фейнман, Р. П. Фейнмановские лекции по физике. [Вып.] 5 : Электричество и магнетизм / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс ; Пер. с англ. Г. И. Копылова, Ю. А. Симонова ; Под ред. Я. А. Смородинского. - 2. изд. - М. : Мир, 1977. - 300 с.

2. Джексон, Д. Классическая электродинамика / Д. Джексон ; Пер. с англ. Г. В. Воскресенского и Л. С. Соловьева ; Под ред. Э. Л. Бурштейна. - М. : Мир, 1965. - 702 с.

3. Вильф, Ф. Ж. Логическая структура частной теории относительности / Ф. Ж. Вильф. - М. : УРСС, 2001. - 158 с.

## 11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

## 12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).