

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	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы	Техническая физика беспилотных систем
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 03.03.02 Физика (Профиль: Техническая Физика беспилотных систем), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 891 (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, канд. физ.-мат. наук, доцент.
10.04.2025 г.

П. В. Асланов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия, Линейная алгебра, Механика, Молекулярная физика.

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

Квантовая механика, Термодинамика и статистическая физика, Учебная практика: научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы).

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	03.03.02 Физика (Профиль: Техническая физика беспилотных систем)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М5.16 Электродинамика
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

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	-	17	57	108	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений студента в области решения задач по расчету электрических и магнитных полей, созданных различными системами; предусматривает проработку студентами теоретического материала по теории поля

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
-------------	------------	---------------------

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.31. Рассматривает возможные подходы к решению задач профессиональной деятельности, оценивает их эффективность и соответствие необходимым требованиям.	ОПК-1.31.1. 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-1.31.2. Умеет пользоваться законами электродинамики для расчета потенциала электромагнитного поля. ОПК-1.31.3. Владеет навыками решения типичных задач электродинамики.
	ОПК-1.32. Применяет эффективные методы решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.32.1. Знает современные методы решения уравнений Максвелла, методы электростатики и магнитостатики, основные приближенные методы. ОПК-1.32.2. Умеет пользоваться приближенными методами электродинамики. ОПК-1.32.3. Владеет навыками решения задач электростатики и магнитостатики.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Уравнения Максвелла	
Специальная теория относительности	Основные постулаты СТО. Интервал и его инвариантность. Следствие – преобразования Лоренца. Закон сложения скоростей. Собственное время Пространство Минковского и его метрика. Четырехмерный вектор скорости.
Релятивистская механика	Лагранжиан и действие для свободной частицы. Энергия и импульс. Энергия покоя. Четырехмерный вектор импульса. Закон сохранения при столкновениях. Примеры использования - эффект Комптона, эффект Мессбауэра, эффект Вавилова-Черенкова. Фотоны. Момент импульса.
Заряженная частица в электромагнитном поле	Точечный заряд., Лагранжиан взаимодействия частицы с ЭМП. Скалярный и векторный потенциалы. Импульс и энергия как четырехмерный вектор, соотношение между ними. Нерелятивистский предел – электрическая и магнитные силы Лоренца, энергия. Движение частиц в ЭМП.

Уравнения ЭМП в четырехмерной форме	Вывод уравнений, тензор ЭМП. Напряженности ЭМП как компоненты тензора, связь между ними. Преобразование Лоренца для поля, инварианты поля. Калибровка потенциалов.
Уравнения Максвелла	Первая пара в трех- и четырехмерном виде. Действие для ЭМП, полный лагранжиан. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Вторая пара. Граничные условия.
Тензор энергии-импульса	Плотность потока энергии. Вектор Умова-Пойнтинга. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Тензор максвелловских напряжений.
Раздел 2. Постоянное электрическое и магнитное поля	
Постоянное электрическое поле	Закон Кулона. Функция Грина для уравнения Лапласа. Энергия системы покоящихся зарядов. Дипольный, квадрупольный и мультипольные моменты. Диполь-дипольное электростатическое взаимодействие.
Магнитное поле	Постоянное магнитное поле, магнитный момент. Закон Био-Савара. Гиромагнитное отношение. Теорема Лармора.
Электромагнитные волны	Волновое уравнение в трех и четырехмерном виде. Лоренцева и кулоновская калибровки. Плоские и монохроматические волны. Поляризация волн, эффект Допплера. Спектральное разложение поля, собственные колебания, фотоны
Распространение света	Предел геометрической оптики, уравнение эйконала. Предел геометрической оптики, дифракция Френеля и Фраунгофера.
Поле движущихся зарядов	Поле движущихся зарядов Запаздывающие потенциалы.
Излучение электромагнитных волн	Поле системы на больших расстояниях, волновая зона излучения. Дипольное излучение, интенсивность. Квадрупольное и магнитодипольное излучение. Поле излучения на близких расстояниях. Магнитно-тормозное излучение, торможение излучением.

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. Уравнения Максвелла	17		8	30	55

Специальная теория относительности	3		1	5	9
Релятивистская механика	3		1	5	9
Заряженная частица в электромагнитном поле	3		1	5	9
Уравнения ЭМП в четырехмерной форме	3		1	5	9
Уравнения Максвелла	3		2	5	10
Тензор энергии-импульса	2		2	5	9
Раздел 2. Постоянное электрическое и магнитное поля	17		9	27	53
Постоянное электрическое поле	3		1	5	9
Магнитное поле	3		1	5	9
Электромагнитные волны	3		1	5	9
Распространение света	3		2	4	9
Поле движущихся зарядов	3		2	4	9
Излучение электромагнитных волн	2		2	4	8
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	34		17	57	108

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Принципы относительности Эйнштейна.
2. Показать, что в специальной теории относительности имеет место сокращение времени, сокращение длины.
3. Показать, что уравнение движения в специальной теории относительности удовлетворяют таким свойствам пространства как однородность.
4. Интегральные уравнения Максвелла.
5. Преобразования Лоренца для симметричного и антисимметричного тензоров второго ранга.
6. Вычислить электростатическую энергию заряженного шара радиуса R .
7. Вычислить классический радиус электрона.

Раздел 2

8. Движение заряженной частицы в электрическом поле.
9. Движение заряженной частицы в магнитном поле.
10. Вычислить дипольный момент системы зарядов.
11. Обосновать связь механического и магнитного моментов.
12. Привести пример системы, которая имеет квадруполь и не имеет диполя.
13. Записать выражения для зависимости напряженности в случае линейной поляризации.
14. Поляризация электромагнитной волны

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Закон придания скорости. Аберрация 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	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Техническая физика беспилотных систем
Форма обучения	Очная
Семестр	Пятый
Дисциплина	Электродинамика

Экзаменационный билет № 1

1. Интегральные уравнения Максвелла.
2. Индукция.

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 4

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).