

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



П.А. Машаров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (ЭЛЕКТРОДИНАМИКА СПЛОШНЫХ СРЕД)

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Физика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Теоретическая физика (Электродинамика сплошных сред)» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Физика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 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 2024 года.

Разработчик:

доцент кафедры теоретической физики и нанотехнологий, к.ф-м.н



В. И. Финохин

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой



А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

Декан физико-технического  
факультета  
28.03.2024 г.

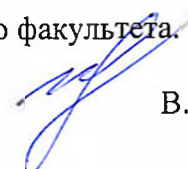


С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 27.03.2024 г. № 2.

Председатель



В. Н. Котенко

Руководители основной профессиональной образовательной программы:  
кандидат физико-математических наук



А. В. Безус

## 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 и линейная алгебра. Теория групп, Общая и экспериментальная физика (Механика), Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика).

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Теоретическая физика (Электродинамика), Теоретическая физика (Квантовая механика), Учебная: ознакомительная практика.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.02 Физика (Профиль: Физика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М2.10 Теоретическая физика (Электродинамика сплошных сред)
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	3,5 / 126

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+ контроль	всего	
Очная	3	5	34		17	75	126	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование знаний и умений студента в области решения задач по расчету условий распространения электромагнитных волн в различных средах; проработка студентами теоретического материала по электродинамике сплошных сред.

## 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-	ОПК-1.19. Рассматривает возможные подходы к решению задач	ОПК-1.19.1. Знает основы классической электродинамики сплошных сред: уравнения Максвелла в дифференциальной и

математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	профессиональной деятельности, оценивает их эффективность и соответствие поставленным целям.	интегральной формах, методы нахождения граничных условий, материальные соотношения, основы теории магнетизма и сверхпроводимости. ОПК-1.19.2. Умеет пользоваться законами электродинамики для расчета потенциала электромагнитного поля в различных средах. ОПК-1.19.3. Владеет навыками решения типичных задач электродинамики сплошных сред.
	ОПК-1.20. Применяет эффективные методы решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.20.1. Знает современные методы решения уравнений Максвелла в различных средах, методы электростатики и магнитостатики. ОПК-1.20.2. Умеет пользоваться приближенными методами электродинамики. ОПК-1.20.3. Владеет навыками решения уравнений электромагнитных волн в материальных средах.

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Постоянное электрическое и магнитное поля в сплошной среде	
Электростатика проводников.	Уравнения Максвелла в проводнике. Усреднение. Поверхностная плотность заряда. Энергия системы проводников. Емкости. Теорема Томсона.
Метод изображений	Изолированная и заземленная сферы, плоскость. Метод конформного отображения. Тензор максвелловских напряжений.
Деполяризация проводников	Проводящий эллипсоид, эллипсоидальная система координат. Тензор деполяризации. Распределение плотности зарядов.
Электростатика диэлектриков	Связанные и сторонние заряды в диэлектриках, диэлектрическая проницаемость. Поле диэлектрического эллипсоида, коэффициенты деполяризации. Работа по поляризации.
Симметричный анализ диэлектрических кристаллов	Группы симметрии кристаллов. Проявление пьезо- и пьезоэлектрических свойств. Симметричный анализ. Ненулевые компоненты тензоров.
Сегнетоэлектричество	Спонтанная поляризация. Теория Ландау

	возникновения упорядоченного состояния.
Постоянный ток	Электропроводность. Граничные условия. Принцип симметрии Онсагера. Эффект Холла. Эффекты Томсона и Пельтье.
Постоянное магнитное поле	Намагниченность, ее физический смысл. Магнитная восприимчивость, граничные условия. Поле постоянного тока – закон Био-Савара.
Термодинамика в магнитном поле	Термодинамические соотношения в магнитном поле. Энергия системы токов. Формулы для коэффициентов самоиндукции и взаимной индукции. Самоиндукция линейных проводников. Поле и индуктивность соленоида.
Раздел 2. Электромагнитные волны	
Квазистационарное поле	Условия квазистационарности, уравнения КСП и граничные условия. Токи Фуко. Глубина проникновения поля в проводник. Поверхностный импеданс. Скин-Эффект.
Цепи переменного тока	Импеданс. RLC-контур. Сдвиг фазы и собственные частоты.
Электромагнитные волны в диэлектриках	Ток смещения. Уравнения Максвелла для ЭМВ. Дисперсия магнитной проницаемости. Осцилляторная модель.
Ферромагнетизм.	Фазовый переход ферро-парамагнетик. Обменная энергия, энергия анизотропии формы и кристаллографической анизотропии. Тензор размагничивающих коэффициентов – шар, цилиндр, пленка. Уравнения магнитостатики, приближения. Уравнения Уокера.
Спиновые волны	Уравнение Ландау-Лифшица. Спектр спиновых волн в неограниченной среде. Влияние граничных условий. Однородный ФМР, формула Киттеля. Неоднородный ФМР. Спектр волн в пластине. Спектр МСВ в неограниченном ферродиелектрике.
Энергия поля в диспергирующих средах	Скорость потерь энергии в диспергирующей среде. Уравнения Максвелла для монохроматического поля. Фазовая и групповая скорости.
Геометрическая оптика	Уравнение эйконала, принцип Ферма.
Отражение и преломление волн	Законы отражения и преломления, коэффициенты. Отражение волн пластиной. Плотное внутреннее отражение. Угол Брюстера.
Волны в кристаллах	Уравнение Френеля. Лучевой и волновой векторы. Сдвиг Гуса-Хэншена. Метод ВКБ. Эффект Фарадея. Гиротропные среды
Волны в слоистых средах	Т-матрица, ее свойства. Вычисление дисперсионных соотношений с помощью т-матрицы, теорема Флоке. Метод эффективной

	среды. Поверхностные поляритоны.
Сверхпроводимость	Эффект Мейсснера, зависимость критического поля от температуры. Сверхпроводники первого и второго рода, диамагнетизм. Свободная энергия сверхпроводника. Уравнения Лондонов. Термодинамика сверхпроводников.

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Постоянное электрическое и магнитное поля в сплошной среде	17		8	38	63
Электростатика проводников.	2		1	4	7
Метод изображений	2		1	4	7
Деполяризация проводников	2		1	4	7
Электростатика диэлектриков	2		1	4	7
Симметричный анализ диэлектрических кристаллов	2		1	4	7
Сегнетоэлектричество	2		1	4	7
Постоянный ток	2		1	4	7
Постоянное магнитное поле	2		0,5	4,5	7
Термодинамика в магнитном поле	1		0,5	5,5	7
Раздел 2. Электромагнитные волны	17		9	37	63
Квазистационарное поле	2		1	3	6
Цепи переменного тока	2		1	3	6
Электромагнитные волны в диэлектриках	2		1	3	6
Ферромагнетизм.	2		1	3	6
Спиновые волны	2		1	3	6
Энергия поля в диспергирующих средах	2		1	3	6
Геометрическая оптика	1		1	3	5
Отражение и преломление волн	1		0,5	4	5,5
Волны в кристаллах	1		0,5	4	5,5
Волны в слоистых средах	1		0,5	4	5,5
Сверхпроводимость	1		0,5	4	5,5
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	34		17	75	126

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

### 7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Как производится усреднение по решетке электростатического поля и соответствующих уравнений?
2. В чем различие проводников и диэлектриков?
3. Уравнения постоянного электрического поля в проводнике. Граничные условия.

4. Выразите поверхностную плотность зарядов через потенциал
5. Получите выражение для энергии электростатического поля проводников. Что называется коэффициентами емкости и электростатической индукции? Их симметрия
6. Сформулируйте и докажите теорему Томсона  
Проводник в однородном поле. Формула Томсона. Тензор поляризуемости.
7. Уравнения Максвелла для постоянного поля в диэлектриках.
8. Поляризация и электрическая индукция. Связанные и сторонние заряды.
9. Диэлектрическая проницаемость. Уравнение Лапласа и граничные условия к нему
10. Работа по поляризации диэлектрика. Термодинамические соотношения для диэлектрика.

## Раздел 2

1. Диэлектрические свойства кристаллов. Одноосные и двуосные кристаллы. Пьезоэлектричество.
2. Классификация кристаллов по симметричным свойствам. Какие группы симметрии допускают пьезоэлектричество?
3. Как определить ненулевые компоненты пьезоэлектрического тензора в кристаллах определенной группы симметрии?
4. Сегнетоэлектричество. Спонтанная поляризация. ТД потенциал и его исследование.
5. Постоянный ток. Материальное соотношение. Электропроводность. Граничные условия.
6. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера.
7. Эффект Холла. Постоянная Холла.
8. Эффекты Томсона и Пельтье
9. Усреднение компонент магнитного поля в уравнениях Максвелла
10. Намагниченность и ее физический смысл
11. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Граничные условия.
12. Магнитное поле постоянного тока. Закон Био-Савара.
13. Термодинамические соотношения в магнитном поле.
14. Энергия системы токов. Формулы для коэффициентов самоиндукции и взаимной индукции.
15. Самоиндукция линейных проводников. Поле и индуктивность соленоида.

## 7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Интегрирование уравнений Максвелла в среде
- Метод изображений
- Симметричный анализ кристаллической структуры и материальные тензоры
- Нахождение коэффициентов деполяризации. Криволинейные системы координат
- Отражение и преломление электромагнитных волн
- Осцилляторная модель
- Цепи переменного тока
- Уравнение Ландау-Лифшица
- Термодинамика диэлектриков
- Фазовые переходы в магнетиках

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 Направление подготовки Профиль подготовки Форма обучения Семестр Дисциплина	Программа бакалавриата 03.03.02 Физика Физика Очная Пятый Теоретическая физика (Электродинамика сплошных сред)
Экзаменационный билет № 1	
1. Обобщенные координаты. Уравнения Лагранжа. 2. Теорема Лиувилля. Движение как каноническое преобразование. 3. Движение твердого тела. Угловая скорость	
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.).

### 8.1. Семестр 5

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Практическая работа	20



	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		60
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. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения практических 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 применяются 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.

## **11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **11.1. 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.

### **11.2. 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.

## 12. 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: 01.09.2023). – 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: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – 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: 01.09.2023). – 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: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 13. 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).