

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

г.

**РАБОЧАЯ**

**Ы**

**ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ**

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 «Физика диэлектриков» 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:  
зав.кафедрой теоретической  
физики и нанотехнологий.  
докт.физ.-мат.наук,проф.



А.Г. Петренко

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: Структурообразование и явления переноса в кристаллах и тонких пленках, Производственная: преддипломная 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.В.ДВ.7.2 Физика диэлектриков
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	2 / 72

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+ контроль	всего	
Очная	4	8	20	20		32	72	зачет

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Углубление знаний студентов в области физических явлений, происходящих в диэлектриках при воздействии на них электрического поля: поляризация, диэлектрические потери и пробой, электропроводность.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-3. Способен проводить и управлять результатами научных исследований и опытно-	ПК-3.18. Использует знания о диэлектриках при решении научно-исследовательских задач	ПК-3.18.1. Знает основные понятия физики диэлектриков. ПК-3.18.2. Умеет использовать методы физики твердого тела для анализа диэлектриков. ПК-3.18.3. Владеет основами

конструкторских работ в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.		анализа свойств реальных диэлектрических материалов и их применения.
	ПК-3.19. Определяет электрические свойства диэлектрических материалов при проведении физических исследований	ПК-3.19.1. Знает параметры, определяющие электрические свойства диэлектрических материалов ПК-3.19.2. Умеет использовать специализированные знания в области физики ПК-3.19.3. Владеет навыками работы с лабораторным оборудованием

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Физика диэлектриков	
Поляризация диэлектриков	Основные определения и формулы. Механизмы поляризации. Виды поляризации. Электронная поляризация. Ионная поляризация. Упруго-дипольная поляризация. Ионно-релаксационная поляризация. Дипольно-релаксационная поляризация. Миграционная (межслоевая) поляризация. Электронно-релаксационная поляризация. Поляризация ядерного смещения. Остаточная (электретная) поляризация. Спонтанная (сегнетоэлектрическая) поляризация. Пьезоэлектрическая поляризация
Диэлектрические потери	Основные понятия и определения. Виды диэлектрических потерь. Потери на электропроводность. Релаксационные потери. Ионизационные потери. Резонансные потери. Диэлектрические потери в зависимости от агрегатного состояния вещества. Диэлектрические потери в газах. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках. Диэлектрические потери в твердых диэлектриках
Пробой диэлектриков	Основные понятия. Пробой газов. Механизм пробоя газа. Пробой газа в однородном поле. Пробой газа в неоднородном поле. Пробой жидких диэлектриков. Пробой твердых диэлектриков. Электрический пробой. Тепловой пробой. Электрохимический пробой. Поверхностный пробой
Электропроводность диэлектриков	Основные понятия. Электропроводность газов. Электропроводность жидких диэлектриков.

	Электропроводность твердых диэлектриков. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков
Основные определения теории надежности	Виды надежности. Отказы. Эффективность. Восстановление. Характеристики надежности электрической изоляции. Уравнение надежности электрической твердой изоляции. Расчет времени до отказа твердой изоляции. Уравнение надежности жидкой и газообразной изоляции. Условия работы электрической изоляции. Классификация действующих на электрическую изоляцию нагрузок. Электрические напряжения. Температурные условия работы. Механические напряжения. Прочие воздействия. Выбор расчетных условий эксплуатации

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 8

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Физика диэлектриков	20	20		32	72
Поляризация диэлектриков	4	4		6	14
Диэлектрические потери	4	4		6	14
Пробой диэлектриков	4	4		6	14
Электропроводность диэлектриков	4	4		6	14
Основные определения теории надежности	4	4		8	16
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	20	20		32	72

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

### 7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Механизмы поляризации
2. Виды поляризации
3. Электронная поляризация
4. Ионная поляризация
5. Упруго-дипольная поляризация
6. Ионно-релаксационная поляризация
7. Дипольно-релаксационная поляризация
8. Миграционная (межслоевая) поляризация
9. Электронно-релаксационная поляризация
10. Поляризация ядерного смещения
11. Остаточная (электретная) поляризация
12. Спонтанная (сегнетоэлектрическая) поляризация
13. Пьезоэлектрическая поляризация.
14. Основные понятия.
15. Пробой газов.

16. Механизм пробоя газа.
17. Пробой газа в однородном поле.
18. Пробой газа в неоднородном поле.
19. Пробой жидких диэлектриков.
20. Пробой твердых диэлектриков.
21. Электрический пробой.
22. Тепловой пробой.
23. Электрохимический пробой.
24. Электропроводность газов.
25. Электропроводность жидких диэлектриков.
26. Электропроводность твердых диэлектриков.
27. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков.
28. Виды надежности.
29. Отказы.
30. Эффективность. Восстановление .
31. Характеристики надежности электрической изоляции

## 7.2. Темы лабораторных работ:

- Влияние давления прессования на уплотнение компакта
- Рентгенографический метод определения размеров нанокристаллов, их объемной доли и плотности
- Исследование поверхности разрушения образца при помощи растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа
- Исследование многофазного образца при помощи растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа с применением энергодисперсионного спектрометра

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

## 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 8

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Лабораторная работа	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Зачет		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 лабораторных 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. Квантовая теория твердого тела : терминология / отв. ред. А. М. Косевич ; АН СССР, Ком. науч. техн. терминологии. - Москва : Наука, 1985. - 24 с.
2. Займан Дж. М. Принципы теории твердого тела : Пер. со 2-го англ. изд. / Дж. Займан ; Под ред. В. Л. Бонч-Бруевича. - М. : Мир, 1974. - 472 с.
3. Ермаков, С. С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения : Учеб. пособие / С. С. Ермаков ; Ленингр. политехн. ин-т им. М. И. Калинина. - Л. : Изд-во ЛГУ, 1989. - 271,[1] с.
4. Харрисон, У. Теория твердого тела / У. Харрисон ; пер. Г. Л. Краско ; под ред. С. А. Суриса. - Москва : Мир, 1972. - 616 с.

### **11.2. Дополнительная литература**

1. Ашкрофт Н. Физика твердого тела. Т. 1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; Пер. с англ. А. С. Михайлова ; Под ред. М. И. Каганова. - М. : Мир, 1979. - 399 с.
2. Ашкрофт Н. Физика твердого тела. Т. 2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; Пер. с англ. А. С. Михайлова ; Под ред. М. И. Каганова. - М. : Мир, 1979. - 422 с.
3. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела : [Учеб. для вузов] / Ч. Киттель ; Пер. с 4-го амер. изд. А. А. Гусева и А. В. Пахнева ; Под общ. ред. А. А. Гусева. - М. : Наука, 1978. - 791 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).