



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра общей и экспериментальной физики**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля) **Б1.В.14 Физика диэлектриков**

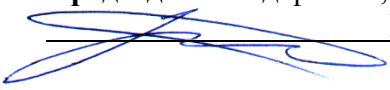
Направление подготовки: **03.03.02 Физика**

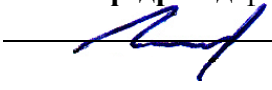
Направленность (профиль): **Физика материалов твердотельной электроники и фотоники**

Квалификация (степень) выпускника – Бакалавр (академический бакалавриат)

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
 Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
**общей и экспериментальной физики**  
Протокол № 7  
от «26» марта 2024 г.  
**Зав. кафедрой** д.ф.-м.н., профессор  
 А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2024 г.**

## Содержание

|   | стр. |
|---|------|
| 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)  | 3    |
| 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО  | 3    |
| 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)  | 3    |
| 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы  | 3    |
| 5. Содержание дисциплины (модуля)   | 4    |
| 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)   |      |
| 5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с<br>обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)   |      |
| 5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий   |      |
| 6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, 5<br>план самостоятельной работы студентов, методические указания по<br>организации самостоятельной работы студентов | 5    |
| 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)   | 9    |
| 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 9<br>(модуля) :  |      |
| а) основная литература;   |      |
| б) дополнительная литература;   |      |
| в) периодические издания  |      |
| г) программное обеспечение;   |      |
| д) базы данных, поисково-справочные и информационные<br>системы   |      |
| 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).   | 10   |
| 10. Образовательные технологии  | 10   |
| 11. Оценочные средства (ОС).  | 11   |

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса «Физика диэлектриков» является изучение физических процессов, происходящих в диэлектриках под действием электромагнитного и температурного полей. Ознакомление студентов с экспериментальными данными и теоретическими представлениями об указанных процессах.

### Задачи дисциплины

Задачами курса являются: знание основных экспериментальных данных и теоретических представлений о явлениях поляризации, потерь электропроводности и пробы газообразных, жидких и твердых диэлектриков, умение применять полученные знания в инженерной практике, связанной с выбором и эксплуатацией диэлектриков в электротехнических устройствах.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина «Физика диэлектриков» Б1.В.14 входит в модуль профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 «Физика». При изучении этой дисциплины используются знания, приобретенные при изучении курсов общей физики, высшей математики. Дисциплина «Физика диэлектриков» является базовой для прохождения преддипломной практики, а также для подготовки к государственной итоговой аттестации и защите выпускной квалификационной работы.

Общая трудоемкость дисциплины – 4 зачетные единицы.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- **Способность использовать специализированные знания в области физики и физики конденсированного состояния для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).**

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**знать:** теоретические основы, основные понятия, законы и модели физики диэлектриков;

**уметь:** понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;

**владеть:** методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информацией.

## 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

| Вид учебной работы                    | Всего часов / зачетных единиц | Семестры |   |   |   |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------|---|---|---|
|                                       |                               | 8        | - | - | - |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>     | 71/1,97                       | 71/1,97  | - | - | - |
| В том числе:                          | -                             | -        | - | - | - |
| Лекции                                | 24/0,66                       | 24/0,66  | - | - | - |
| Практические занятия (ПЗ)             | 36/1                          | 36/1     | - | - | - |
| Коллоквиум                            | -                             | -        | - | - | - |
| Консультации                          | 1/0,03-                       | 1/0,03-  | - | - | - |
| Контроль общий (КО)                   | 10/0,28                       | 10/0,28  | - | - | - |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b> | 73/2,03                       | 73/2,03  | - | - | - |



### 5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

| №            | Темы, разделы                          | Всего часов | Виды подготовки |                      |              | Самост. работа           |    |
|--------------|--|-------------|-----------------|----------------------|--------------|--------------------------|----|
|              |  |             | Лекции          | Практические занятия | Консультации | Самост. работа студентов | КО |
| 1            | Особенности диэлектрического состояния | 14          | 2               | 4                    | -            | 7                        | 1  |
| 2            | Поляризация диэлектриков               | 36          | 6               | 8                    | -            | 20                       | 2  |
| 3            | Электропроводность диэлектриков        | 15          | 2               | 4                    | -            | 8                        | 1  |
| 4            | Пробой диэлектриков                    | 22          | 4               | 6                    | -            | 10                       | 2  |
| 5            | Диэлектрические потери                 | 22          | 4               | 6                    | -            | 10                       | 2  |
| 6            | Фазовые переходы в диэлектриках        | 15          | 2               | 4                    | -            | 8                        | 1  |
| 7            | Активные диэлектрики                   | 19          | 4               | 4                    | -            | 10                       | 1  |
| ВСЕГО (часы) |  | 144         | 24              | 36                   | 1            | 73                       | 10 |
|              |  |             |                 |                      |              |                          |    |

### 6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов

#### 6.1 Перечень практических занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля) | Наименование практических занятий   | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства                   | Формируемые компетенции |
|-------|--------------------------------------|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1     | 2                                    | 3   | 4                   | 5                                    | 6                       |
| 1     | <b>Тема 1</b>                        | Особенности диэлектрического состояния. Основные определения и формулы. Уравнения Максвелла для диэлектриков.   | 14                  | Письменный и устный текущий контроль | ПК -1                   |
| 2     | <b>Тема 2</b>                        | Поляризация диэлектриков. Виды поляризации. Механизмы поляризации. Электронная поляризация. Ионная поляризация. Упругодипольная поляризация. Ионно-релаксационная поляризация. Дипольно-релаксационная поляризация. Миграционная(межслоевая) поляризация. Электронно-релаксационная поляризация. Поляризация ядерного смещения. Остаточная (электретная) поляризация. Спонтанная(сегнетоэлектрическая) поляризация. Пьезоэлектрическая поляризация. | 36                  | Письменный и устный текущий контроль | ПК -1                   |
| 3     | <b>Тема 3</b>                        | Электропроводность диэлектриков. Основные особенности электропроводности диэлектриков.  | 15                  | Письменный и устный текущий контроль | ПК -1                   |
| 4     | <b>Тема 4</b>                        | Пробой диэлектриков. Основные понятия. Пробой газов. Механизм пробоя газа. Пробой жидких диэлектриков. Пробой твердых диэлектриков.   | 22                  | Письменный и устный текущий контроль | ПК -1                   |

|   |               |   |    |                                      |       |
|---|---------------|---|----|--------------------------------------|-------|
| 5 | <b>Тема 5</b> | Диэлектрические потери. Основные понятия и определения. Виды диэлектрических потерь. Потери на электропроводность. Релаксационные потери. Ионизационные потери. Резонансные потери.   | 22 | Письменный и устный текущий контроль | ПК -1 |
| 6 | <b>Тема 6</b> | Фазовые переходы в диэлектриках. Фазовые переходы первого и второго рода. Физический смысл параметра порядка. Сегнетоэлектрические и антисегнетоэлектрические фазовые переходы.   | 15 | Письменный и устный текущий контроль | ПК -1 |
| 7 | <b>Тема 7</b> | Активные диэлектрики. Пьезоэлектрические явления. Пьезоэлектрический эффект в диэлектриках. Основные области применения пьезоэлектриков. Пироэлектрические явления. Пироэлектрический эффект в диэлектриках. Применение пироэлектриков. Основные свойства и теория сегнетоэлектриков. | 19 | Письменный и устный текущий контроль | ПК -1 |

## 6.2. План самостоятельной работы студентов

| № нед. | Тема | Вид самостоятельной работы  | Задание  | Рекомендуемая литература   | Количество часов |
|--------|------|---|--|--|------------------|
| 1      | Т.1. | Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом. | Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием литературы, Интернет - ресурсов | Источники из основной и из дополнительной литературы;<br>Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ | 7                |
| 2-3    | Т.2. |   |  |  | 20               |
| 4      | Т.3. |   |  |  | 8                |
| 5-6    | Т.4. |   |  |  | 10               |
| 7      | Т.5. |   |  |  | 10               |
| 8      | Т.6. |   |  |  | 8                |
| 9-10   | Т.7. |   |  |  | 10               |

## 6.3. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

**Самостоятельная работа помогает студентам:**

### 1) Овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа со справочниками и другой справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно – методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники, Интернета и др.;

## **2) Закреплять и систематизировать знания:**

- работа с конспектом лекций;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных источников;
- тестирование и др.;

## **3) Формировать умения:**

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к выпускной квалификационной работе.

### **Тематика докладов и рефератов:**

#### **Часть 1. СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

1. Пассивные диэлектрики: полимеры, композиционные пластмассы, электроизоляционные компаунды. Состав, свойства, применение.
2. Пассивные диэлектрики: неорганические стекла и ситаллы. Состав, свойства, применение.
3. Пассивные диэлектрики: керамика. Состав, свойства, применение.
4. Активные диэлектрики: сегнетоэлектрики. Структура, свойства, применение.
5. Активные диэлектрики: пьезоэлектрики. Структура, свойства, применение.
6. Активные диэлектрики: пироэлектрики. Структура, свойства, применение.
7. Активные диэлектрики: электреты. Структура, свойства, применение.
8. Активные диэлектрики: жидкие кристаллы. Структура, свойства, применение.
9. Активные диэлектрики: материалы для твердотельных лазеров. Структура, свойства, применение.
10. Активные диэлектрики: магнитные диэлектрики. Структура, свойства, применение.
11. Магнитоэлектрические явления в магнитных диэлектриках.
12. Low-k – диэлектрики. Технология, свойства, применение.
13. High-k – диэлектрики. Технология, свойства, применение.
14. Материалы с высокотемпературной сверхпроводимостью. Купраты.
15. Диэлектрические материалы квантовой и оптоэлектроники.
16. Сверхвысокочастотные (СВЧ) диэлектрики. *(Основные области применения диэлектриков на СВЧ. Физические механизмы, определяющие диэлектрические свойства кристаллов на СВЧ. Физические механизмы, определяющие термостабильность  $\epsilon$  в диапазоне СВЧ.)*

#### **Часть 2. СВОЙСТВА И ЭФФЕКТЫ В ДИЭЛЕКТРИКАХ**

## **1. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

Общие закономерности электропроводности диэлектриков. Электропроводность газов. Теория Таунсенда. Условия перехода к самостоятельному разряду. Формы самостоятельного разряда. Лавинно-стримерный процесс. Зависимость коэффициента ионизации от параметров газа. Пробивное напряжение.

Ионная и молекулярная электропроводность жидких диэлектриков. Связь электропроводности и вязкости. Теории пробоя жидких диэлектриков.

## **2. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

Ионная проводимость неорганических диэлектриков. Носители заряда в ионных кристаллах. Энергия образования дефектов по Френкелю и по Шоттки. Влияние иновалентных примесей. Модель периодических потенциальных барьеров. Электропроводность полимеров

## **3. ПРОБОЙ ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

Основные виды пробоя. Тепловой пробой. Теории Вагнера и Фока. Электрический пробой. Экспериментальные доказательства механизма ударной ионизации электронами. Теории пробоя твердого диэлектрика. Механизмы первоначального накопления электронов. Теории пробоя твердого диэлектрика, основанные на решении кинетического уравнения. Стадии развития пробоя. Энергия каналообразования.

Статистические модели электрической прочности твердого диэлектрика. Вероятностный характер пробоя твердого диэлектрика.

## **4. СТАРЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

Электрохимический пробой (старение). Основные закономерности старения органических диэлектриков. Факторы старения. Методы прогнозирования срока службы. Особенности старения неорганических диэлектриков.

**5. ФЕРРИТЫ.** Основные характеристики магнитных свойств веществ. Ферро-, антиферро- и ферримагнетики. Обменное взаимодействие.

## **6. ТОНКИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ.**

Области применения тонких диэлектрических пленок. Межслойная и межэлементная изоляция. Защитные и пассивирующие слои. Подзатворные диэлектрики. Резисторы. Особенности электропроводности и пробоя тонких пленок. Активные диэлектрики в тонкопленочном исполнении.

## **7. ПРОБОЙ ГАЗОВ**

Механизм пробоя газа. Пробой газа в однородном поле. Пробой газа в неоднородном поле.

## **8. ПРОБОЙ ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

Электрический пробой. Тепловой пробой. Электрохимический пробой. Поверхностный пробой.

## **9. 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)

## **10. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДЫ И УСТРОЙСТВА. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ДИЭЛЕКТРИКАХ.**

## **11. СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИКОВ В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ.**

## **12. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ И ПРОБОЙ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируется компетенции ПК-1.

Контроль самостоятельной работы проводится на практических занятиях по окончании Т.1, Т.2, Т.3. и Т.4.



**7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии): не предусмотрено**

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):**

**а) основная литература**

1. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники : учебное пособие / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-2002-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212243>.

2. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [Электронный ресурс] / В. С. Сорокин. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань", 2015. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71735](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71735)

3. Елифанов Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]. – 2022. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ. <https://e.lanbook.com/book/210671>

**б) дополнительная литература**

1. Антипов, Б. Л. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы : Учеб. для студ. вузов / Б. Л. Антипов, В. С. Сорокин, В. А. Терехов. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2003. - 208 с. : ил. ; 20 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 207. - ISBN 5-8114-0410-7. (10 экз.)
2. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [Электронный ресурс] / В. С. Сорокин. - Москва : Лань", 2015. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2003-2. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=67462](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=67462)
3. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. Учебное пособие. – М.: Изд-во ОНИКС 21 век, Изд-во Мир и Образование, 2005. – 463 с. (гл. II и гл. III, С. 84-200) (97 экз.)
4. Шалаев А.А. Основы физического материаловедения. Часть 1. Учебное пособие в 2-х частях. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 159 с. (14 экз.)

**в) периодические издания**

<http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst.htm>

*Сверено с №5 415*

**г) программное обеспечение**

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

**д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- 1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- 2) ЭЧЗ «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 3) ЭБС Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 4) ЭБС «Рукоонт» <http://rucont.ru> - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;

5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru> - интернет ресурсы в свободном доступе.

6) Научная электронная библиотека [www.eLibrary.ru](http://www.eLibrary.ru) (доступ к полным текстам ряда научных журналов с 2007 по настоящее время)

7) Научные публикации в реферативных журналах по актуальным проблемам физики твердого тела и физики полупроводников, твердотельной электроники и микроэлектроники. Электронные версии журналов: “Физика твердого тела”, “Журнал технической физики”, “Письма в журнал технической физики”, “Физика и техника полупроводников”  
<http://journals.ioffe.ru>.

8) Книгафонд - библиотека онлайн чтения. [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)

9) Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет. Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области физики диэлектрических материалов.

### 10. Образовательные технологии:

В соответствии с требованиями ФГОС ВО, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области исследований диэлектрического состояния вещества. На практических занятиях студенты используют авторские задачи. По материалам наблюдений они приобретают исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем, компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности для изучения диэлектрических материалов. Программа основана на использовании современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео), дистанционные, научно-исследовательской направленности и т. п.

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **лабораторные работы**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;

- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;

- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме.

| № п/п | Виды учебной работы  | Образовательные технологии   |
|-------|----------------------|--|
| 1-7   | Лекция               | Вводная лекция, информация лекция, лекция с элементами дискуссии, интерактивная лекция (лекция диалог), информационная лекция с элементами обратной связи, информационная лекция с элементами проблемных ситуаций. |
| 1-7   | Практическое занятие | Занятие – разбор теоретических вопросов, решение задач, выступления с докладами по темам, данным для самостоятельного рассмотрения.  |

## 11. Оценочные средства (ОС):

**Фонд оценочных средств представлен в Приложении к программе.**

**11.1. Оценочные средства для входного контроля** (могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

### 11.2. Оценочные средства текущего контроля

**Текущий контроль** осуществляется в устной и письменной форме на ПЗ.1-ПЗ.7 при выполнении студентами учебных заданий - решении задач и выполнении контрольных работ или тестовых заданий, выступлениях с докладами по предложенным темам на протяжении всего курса. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенции ПК-1. Ответы студентов оцениваются по пятибалльной шкале, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при аттестации студентов в середине семестра и получении студентом зачета с оценкой.

### 11.3 Оценочные средства для промежуточной аттестации

**Промежуточная аттестация** направлена на проверку сформированности компетенции ПК-1 и проводится в форме выступления с докладами, контрольных работ, тестирования или коллоквиума по ранее изученным темам. Оценка выставляется по пятибалльной системе.

#### *Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ПК-1:*

1. **Что такое поляризация?**

- 1) это перемещение зарядов под действием магнитного поля;
- 2) это упругое смещение связанных зарядов под действием электрического поля;
- 3) это направленное движение единичных зарядов в электрическом поле;
- 4) это вращение электронов вокруг своей оси в гравитационном поле;

2. **Что показывает относительная диэлектрическая проницаемость?**

- 1) на сколько диэлектрик увеличивает заряд конденсатора по сравнению с вакуумом;
- 2) прозрачность материала;
- 3) механическую вязкость по сравнению с вакуумом;

- 4) электрическую прочность по сравнению с вакуумом;
3. **Какие виды поляризации вызваны неэлектрическими воздействиями?**
- 1) Спонтанная
  - 2) Пьезополяризация
  - 3) Пирополяризация
  - 4) Остаточная
  - 5) Фотополяризация
4. **Какое из приведенных ниже соотношений правильно?  $E$  - электрическая прочность соответственно твердых, жидких и газообразных диэлектриков.**
- 1)  $E_{ж} > E_{газ} > E_{тв}$
  - 2)  $E_{ж} \leq E_{тв} < E_{газ}$ .
  - 3)  $E_{тв} \geq E_{ж} > E_{газ}$
  - 4)  $E_{тв} > E_{ж} > E_{газ}$
5. **Метод термостимулированной деполяризации используют для:**
- 1) изучения дефектов кристалла
  - 2) изучения электропроводности
  - 3) изучения теплопроводности
6. **Характерные свойства каких диэлектриков обусловлены наличием у них доменной структуры?**
- 1) пьезоэлектрики
  - 2) сегнетоэлектрики
  - 3) электреты
  - 4) пьезоэлектрики
7. **Угол диэлектрических потерь, это угол, дополняющий угол сдвига фаз между током и напряжением.**
- 1) в емкостной цепи до  $180^\circ$  градусов
  - 2) в индуктивной цепи до  $90^\circ$  градусов
  - 3) в емкостной цепи до  $90^\circ$  градусов
8. **К упругой поляризации относятся:**
- 1) электронная и дипольно-релаксационная
  - 2) спонтанная и дипольная
  - 3) электронная и ионная
9. **Электрической прочностью диэлектрика называют:**
- 1) Напряжение, при которой происходит пробой
  - 2) Напряженность электрического поля, при которой происходит пробой
  - 3) Механическую прочность диэлектрика в сильных электрических полях
10. **Какова должна быть наименьшая толщина изоляции, выдерживающая напряжение 40 кВ, если его электрической прочностью равна 20 кВ/мм.**
- 1) 2мм
  - 2) 0,5мм.
  - 3) Данных для решения задачи недостаточно.
  - 4) 5мм.

#### 11.4. Оценочные средства для итогового контроля

Итоговый контроль направлен на проверку сформированности компетенции ПК-1 проводится в форме **зачета**. Форма проведения зачета – устный по билетам или письменный в виде итогового теста. Зачет проводится перед экзаменационной сессией.

В течение семестра проводятся контрольные работы, устный опрос или промежуточное тестирование. Результат учитывается во время зачета.

| Критерии                            | Оценка  |   |   |  |
|-------------------------------------|---|---|---|--|
|                                     | «Зачтено»   |   |   | «Не зачтено»   |
|                                     | «Отлично»   | «Хорошо»  | «Удовлетворительно»   | «Неудовлетворительно»  |
| Знание                              | Всесторонние глубокие знания  | Знание материала в пределах программы   | Отмечены пробелы в усвоении программного материала  | Не знает основное содержание дисциплины  |
| Понимание                           | Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются           | Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы | Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные | С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы               |
| Применение проф. терминологии       | Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию | Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию                               | Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию  | Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию |
| Соблюдение норм литературного языка | Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения                    | Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки   | Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала  | Косноязычная речь искажает смысл ответа  |

**Примерный перечень вопросов и заданий к зачету с оценкой по курсу:  
«Физика диэлектриков»**

## **1. ПОЛЯРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

### **1.1. Основные определения и формулы**

### **1.2. Механизмы поляризации**

### **1.3. Виды поляризации**

- 1.3.1. Электронная поляризация
- 1.3.2. Ионная поляризация
- 1.3.3. Упруго-дипольная поляризация
- 1.3.4. Ионно-релаксационная поляризация
- 1.3.5. Дипольно-релаксационная поляризация
- 1.3.6. Миграционная (межслоевая) поляризация
- 1.3.7. Электронно-релаксационная поляризация
- 1.3.8. Поляризация ядерного смещения
- 1.3.9. Остаточная (электретная) поляризация
- 1.3.10. Спонтанная (сегнетоэлектрическая) поляризация
- 1.3.11. Пьезоэлектрическая поляризация

## **2. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ**

### **2.1. Основные понятия и определения**

### **2.2. Виды диэлектрических потерь**

- 2.2.1. Потери на электропроводность
- 2.2.2. Релаксационные потери
- 2.2.3. Ионизационные потери
- 2.2.4. Резонансные потери

### **2.3. Диэлектрические потери в зависимости от агрегатного состояния вещества**

2.3.1. Диэлектрические потери в газах

2.3.2. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках

2.3.3. Диэлектрические потери в твердых диэлектриках

### **3. ПРОБОЙ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

#### **3.1. Основные понятия**

#### **3.2. Пробой газов**

3.2.1. Механизм пробоя газа

3.2.2. Пробой газа в однородном поле

3.2.3. Пробой газа в неоднородном поле

#### **3.3. Пробой жидких диэлектриков**

#### **3.4. Пробой твердых диэлектриков**

3.4.1. Электрический пробой

3.4.2. Тепловой пробой

3.4.3. Электрохимический пробой

3.4.4. Поверхностный пробой

### **4. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

4.1. Основные понятия

4.2. Электропроводность газов

4.3. Электропроводность жидких диэлектриков

4.4. Электропроводность твердых диэлектриков

4.5. Поверхностная электропроводность

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки **03.03.02 «Физика»**.

**Разработчик:**



к.ф.-м.н., доцент Морозова Н.В.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

Протокол № 7 от 26. 03.2024 г.

Зав. Кафедрой  Гаврилюк А.А.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*