



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет»  
(ФГБОУ «ИГУ»)  
Факультет (институт) физический  
Физический факультет  
Кафедра общей и экспериментальной физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан ~~Физического факультета~~ Н.М. Буднев

«28» июня 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.8.1 **Физика диэлектриков**

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Физика конденсированного состояния

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр (академический бакалавриат)

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета.  
Протокол № 3  
от 28 июня 2016 г.

Зам. председателя УМІ  
В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой  
общей и экспериментальной физики.  
Протокол №1  
от 16 июня 2016 г.  
Зав. кафедрой

А.А. Гаврилук

Иркутск 2016 г.

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП.	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	5
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	6
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий	7
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) :	8
а) основная литература;	
б) дополнительная литература;	
в) программное обеспечение;	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).	9
9. Образовательные технологии	9
10.Оценочные средства. (ОС).	9
11.1.Оценочные средства	9
11.2.Оценочные средства текущего контроля	10
Приложение: Фонд оценочных средств.	

### 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 пробоя 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 ООП

Дисциплина Физика диэлектриков Б1.В.ДВ.8.1 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 изучения последующих дисциплин, связанных с теорией электроизоляционных материалов. Общая трудоемкость дисциплины – 3 зачетные единицы.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способность использовать специализированные знания в области физики 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 /	Семестры			
		8	-	-	-

	зачетных единиц				
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54/1.5	54/1.5	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	20/0,56	20/0,56	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	30/0,83	30/0,83	-	-	-
Коллоквиум	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4/0,11	4/0,11	-	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	18/0,5	18/0,5	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-
Расчетно-графические работы	18/0,5	18/0,5	-	-	-
Реферат (при наличии)	-	-	-	-	-
<i>Домашние контрольные работы</i>	-	-	-	-	-
Вид аттестации зачет	-	-	-	-	-
Общая трудоемкость	часы	72	72	-	-
	зачетные единицы	2	2	-	-

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины

*Тема 1. Диэлектрики. Строение вещества и его электрические свойства*

Предмет, структура, основные задачи курса. Краткие исторические сведения о развитии физики диэлектриков. Физика диэлектриков как теоретическая основа ряда специальных дисциплин электроизоляционной и кабельной техники.

Агрегатные состояния диэлектриков. Строение вещества и его диэлектрические свойства. Основные типы химической связи. Полярные и неполярные молекулы. Дипольный момент молекулы.

Диэлектрики, диэлектрические и электроизоляционные материалы, электрические, механические, термические, физико-механические и физико-химические свойства в связи с химическим составом и строением материала.

*Тема 2. Поляризация диэлектриков в постоянном поле.*

Задачи теории поляризации диэлектриков. Электрическая поляризация, поляризованность, поляризуемость. Основные формулы и соотношения.

Классификация видов поляризации. Физическая суть каждого из видов поляризации. Дипольно-релаксационная (дипольно-ориентационная) поляризация, ее сходство и отличие от

ионно-релаксационной поляризации. Межслойная (миграционная) поляризация. Причины, обуславливающие появление этого вида поляризации. Математическая модель межслойной поляризации, базирующаяся на процессах в конденсаторе с двухслойным диэлектриком. Остаточный и абсорбционный токи. Основные сведения об электронно-релаксационной остаточной поляризации и поляризации ядерного смещения.

Определение макроскопического и локального поля в диэлектрике. Поле Лоренца в диэлектрике. Вывод уравнения напряженности локального поля. Вывод уравнения Клаузиуса – Мосотти.

Уравнение Клаузиуса – Мосотти для полярных и неполярных диэлектриков.

Влияние температуры и давления на диэлектрическую проницаемость диэлектриков. Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости.

Уравнение Клаузиуса – Мосотти для полярных газов.

Поляризация неполярных жидкостей. Уравнение Клаузиуса – Мосотти для неполярных жидкостей. Связь температурного коэффициента диэлектрической проницаемости неполярной жидкости и ее коэффициентов линейного расширения.

Теории Онзагера и Кирквуда для полярных жидкостей: допущения, основное уравнение, недостатки теории. Редукционный и структурный факторы. Зависимость диэлектрической проницаемости полярных жидкостей от температуры. Определение дипольных моментов полярных жидкостей.

Поляризация дипольных полимеров. Механизм поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры.

*Тема 3. Электропроводность диэлектриков*

Природа сквозной электропроводности. Подвижность заряженных частиц. Виды электропроводности: ионная, электронная, молионная (электрофоретическая).

Электропроводность газов. Ионизация газов. Зависимость подвижности ионов от различных факторов. Процесс рекомбинации газов: сущность, зависимость от времени. Зависимость тока от напряжения в газе. Ток насыщения.

Электропроводность жидких диэлектриков. Способы очистки жидкостей. Ионная электропроводность. Роль примесей в полярных и неполярных жидкостях. Теория электрической проводимости Френкеля. Влияние температуры на электропроводность жидких диэлектриков.

Электропроводность твердых диэлектриков. Ионная и электронная проводимости. Явление электролиза в твердых диэлектриках. Определение носителей зарядов в твердых диэлектриках (метод Турбандта). Падение тока в твердых диэлектриках во времени. Влияние примесей, влаги, температуры на структуру. Основные требования к полимерным диэлектрикам. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков.

*Тема 4. Диэлектрические потери. Пробой диэлектриков.*

Физическая сущность явления. Потери при поляризации, потери при электропроводности. Процессы абсорбции в диэлектриках. Ток абсорбции при макроскопическом поле. Теоретическая и экспериментальная зависимости тока абсорбции от времени.

Диэлектрические потери, обусловленные медленно устанавливающейся поляризацией (релаксационные потери), при переменном поле. Активный и реактивный токи. Тангенс угла диэлектрических потерь. Удельные диэлектрические потери. Потери и диэлектрическая проницаемость при учете сквозной проводимости и различных видов поляризации. Быстрые и медленные процессы в реальном диэлектрике. Зависимость диэлектрических потерь от частоты и температуры.

Природа пробоя газа при нормальном и повышенном давлениях (стримерная теория пробоя). Роль фотоионизации. Влияние на электрическую прочность газа формы электродов и расстояния между ними, давления, температуры, состава и влажности. Закон Пашена. Зависимость электрической прочности газа от длительного приложения напряжения и частоты переменного поля.

Возможные механизмы пробоя жидких диэлектриков. Примеси в жидкостях. Влияние воды и твердых примесей на электрическую прочность жидких диэлектриков. Зависимость пробивного напряжения от длительности его приложения.

Теории электрического пробоя: Роговского, Иоффе, Френкеля вследствие разрыва диэлектрика по микротрещине и квантово-механические теории электрического пробоя твердых диэлектриков неударным механизмом. Пробой твердых диэлектриков вследствие ударной ионизации электронами. Формирование и развитие разряда в твердых диэлектриках. Зависимость электрической прочности от времени воздействия напряжения и температуры.

## 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ № тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин (вписываются разработчиком)								
		Тема 2	Тема 3	Тема 4						
1.	Выпускные квалификационные работы									

## 5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№	Темы, разделы	Всего часов	Виды подготовки			Самост. работа	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самост. работа студентов	КСР
1	Диэлектрики. Строение вещества и его электрические свойства	25	6	6	-	12	1
2	Поляризация диэлектриков в постоянном поле	32	6	12	-	12	2
3	Электропроводность диэлектриков	29	5	10	-	12	2
4	Диэлектрические потери. Пробой диэлектриков	22	5	4	-	12	1
<b>ВСЕГО (часы)</b>		108	22	32	-	48	6

## 6. 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>	Агрегатные состояния диэлектриков. Строение вещества и его диэлектрические свойства.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1

2	<b>Тема 1</b>	Диэлектрики, электрические, термические свойства и строение материала	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
3	<b>Тема 2</b>	Задачи теории поляризации диэлектриков. Электрическая поляризация, поляризованность, поляризуемость. Основные формулы и соотношения.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
4	<b>Тема 2</b>	Классификация видов поляризации. Физическая суть каждого из видов поляризации. Дипольно-релаксационная (дипольно-ориентационная) поляризация, ее сходство и отличие от ионно-релаксационной поляризации. Межслойная (миграционная) поляризация. Причины, обуславливающие появление этого вида поляризации.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
5	<b>Тема 2</b>	Основные сведения об электронно-релаксационной остаточной поляризации ядерного смещения.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
6	<b>Тема 2</b>	Определение макроскопического и локального поля в диэлектрике. Поле Лоренца в диэлектрике. Вывод уравнения напряженности локального поля. Вывод уравнения Клаузиуса-Мосотти.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
6	<b>Тема 3</b>	Природа сквозной электропроводности. Подвижность заряженных частиц. Виды электропроводности: ионная, электронная, молионная (электрофоретическая).	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
7	<b>Тема 3</b>	Электропроводность газов. Ионизация газов. Зависимость подвижности ионов от различных факторов.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
8	<b>Тема 3</b>	Электропроводность твердых диэлектриков. Ионная и электронная проводимости. Явление электролиза в твердых диэлектриках.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1
9	<b>Тема 4</b>	Диэлектрические потери, обусловленные медленно устанавливающейся поляризацией (релаксационные потери) при переменном поле. Активный и реактивный токи. Тангенс угла диэлектрических потерь.	3	КВ	ОПК-3, ПК -1

### 6.1 План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
--------	------	----------------------------	---------	--------------------------	------------------

1-12	Расчетно-графические работы	Внеаудиторная работа.	Выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение.	Из списка основной и дополнительной литературы.	18
------	-----------------------------	-----------------------	--	---	----

## 6.2 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) Владеть 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;

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3, ПК-1.

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

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

#### Основная

1. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела. Учебное пособие. – С.Пб.: Изд-во Лань, 2007. – 537 с. (10 экз.)
2. Кузнецов С.И. Курс физики с примерами решения задач. [Электронный ресурс] Часть 2. Электричество и магнетизм. – 2014. – Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ.
3. Матухин В.Л., Ермаков В.Л. Физика твердого тела. [Электронный ресурс] Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ. – 2010.

*Сверено с №Б 415/1*

#### Дополнительная

1. 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.)
2. Шалаев А.А. Основы физического материаловедения. Часть 1. Учебное пособие в 2-х частях. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 159 с. (14 экз.)

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Стандартные средства для представления и демонстрации презентаций.

### 10. Образовательные технологии:

### 11. Оценочные средства (ОС):

**Фонд оценочных средств представлен в приложении.**

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

#### Тематика заданий для самостоятельной работы

1. Поляризация неполярных твердых диэлектриков. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры и давления. Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости.
2. Поляризация дипольных полимеров. Механизм поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры.
3. Поляризация ионных кристаллов с малой диэлектрической проницаемостью (теория Борна). Поляризация ионных кристаллов с большой диэлектрической проницаемостью. Формула

Сканави для рутила. Поляризация смеси твердых диэлектриков. Формулы Лихтенеккера, Оделевского. Температурный коэффициент для смеси твердых диэлектриков

4. Зависимость тока от напряжения для жидких диэлектриков в слабых и сильных электрических полях. (Теоретические и экспериментальные данные).

5. Электропроводность твердых диэлектриков. Ионная и электронная проводимости. Явление электролиза в твердых диэлектриках. Определение носителей зарядов в твердых диэлектриках (метод Турбандта).

6. Влияние примесей, влаги, структуру, температуры. Основные требования к полимерным диэлектрикам. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков.

7. Условия пробоя газов. Природа пробоя газа при нормальном и повышенном давлениях (стримерная теория пробоя). Роль фотоионизации. Влияние на электрическую прочность газа формы электродов и расстояния между ними, давления, температуры, состава и влажности.

8. Возможные механизмы пробоя жидких диэлектриков. Примеси в жидкостях. Влияние воды и твердых примесей на электрическую прочность жидких диэлектриков. Зависимость пробивного напряжения от длительности его приложения.

9. Возможные механизмы пробоя. Общая характеристика теплового и электрического пробоев. Теория теплового пробоя Вагнера и Фоак. Протекание теплового пробоя во времени. Теории электрического пробоя: Роговского, Иоффе, Френкеля вследствие разрыва диэлектрика по микротрещине и квантово-механические теории электрического пробоя твердых диэлектриков ударным механизмом.

#### **Перечень контрольных вопросов по СРС:**

1. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах

2. Электропроводность

3. Связь электрических параметров вещества и тел

4. Уравнение Максвелла, Лоренца

5. Теорема Гаусса для диэлектриков

6. Дипольно-релаксационная поляризация

**11.2. Оценочные средства текущего контроля** формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета (могут быть в виде тестов, ситуационных задач, деловых и ролевых игр, диспутов, тренингов и др. Назначение оценочных средств ТК - выявить сформированность компетенций – ОПК-3, ПК-1указать каких конкретно). Контрольные вопросы по практическим занятиям.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме зачета.**

**Разработчик:**

к.ф.-м.н., доцент Н.В. Морозова

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«\_16\_» \_\_июня\_\_ 2016 г.

Протокол № 1 Зав. кафедрой

д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.