



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и экспериментальной физики**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан Н.М. Буднев  
«31» марта 2022 г.  
Физический факультет

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины: Б1.О.07 Высокореzистивные материалы

Направление подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки: Измерение и модификация свойств наноматериалов и наноструктур

Квалификация выпускника: Магистр

Тип образовательной программы: Академическая магистратура

Форма обучения: очная.

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 33 от «31» марта 2022 г.

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

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики  
Протокол № 6 от «24» марта 2022 г.

**Зав.кафедрой** д.ф.-м.н.  
А.А. Гаврилюк

Иркутск 2022 г.

## Содержание

I	Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
II	Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	3
III	Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
IV	Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1	Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	4
4.2	План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	5
4.3	Содержание учебного материала.....	6
4.3.1	Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	7
4.3.2	Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	8
4.4	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
4.5	Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии).....	9
V	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	9
	а) перечень литературы.....	9
	б) периодические издания.....	9
	в) список авторских методических разработок.....	9
	г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	9
VI	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	10
6.1	Учебно-лабораторное оборудование.....	10
6.2	Программное обеспечение.....	10
6.3	Технические и электронные средства.....	10
VII	Образовательные технологии.....	11
VIII	Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	11

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника и предназначена для обеспечения курса «Высокореистивные материалы», изучаемого студентами в течение второго семестра.

### Основная цель курса:

-формирование у обучающихся знаний о фундаментальных физических эффектах, имеющих место в материалах, обладающих высоким электрическим сопротивлением.

### Для достижения данной цели были поставлены задачи:

-систематическое изложение способов и методов применения основных принципов физического материаловедения к исследованию свойств высокореистивных материалов.

Программа ориентирована на развитие у студентов интереса к познанию физических явлений, приобретение навыков самостоятельного изучения фундаментальных основ науки и их приложений.

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина «Высокореистивные материалы» входит в модуль Б1.О.07, относящийся к обязательной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

## III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) :

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК–3. Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ОПК 3.1. Знает принципы приобретения, обработки, анализа и использования необходимой информации в своей предметной области. ОПК 3.2. Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности. ОПК 3.3 Владеет методами математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий.	<b>знает:</b> теоретические основы физики диэлектрических материалов; понимает, излагает и критически анализирует базовую общефизическую информацию при помощи современных цифровых инструментов; использует возможности интернет ресурсов и программных продуктов при решении профессиональных задач.  <b>умеет:</b> пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики при коммуникациях с преподавателем и сокурсниками для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации.  <b>владеет:</b> методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации с помощью соответствующих программных продуктов; навыками поиска информации на электронных ресурсах оригинальных сайтов с электронными публикациями научных работ.

#### IV. Содержание и структура дисциплины

4

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа, в том числе 70 часов контактной работы. Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. На практическую подготовку отводится 20 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий). Форма промежуточной аттестации: экзамен.

##### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Поляризация диэлектриков. Виды поляризации.	2	12	2	6	2	-	4	Опрос
2	Раздел 2. Диэлектрические потери.	2	15	4	6	4	1	4	Решение задач
3	Раздел 3. Диэлектрические потери в зависимости от агрегатного состояния вещества.	2	18	4	6	4	2	6	Решение задач
4	Раздел 4. Пробой диэлектриков. Пробой газов.	2	9	-	4	-	1	4	Опрос
5	Раздел 5 Пробой диэлектриков. Пробой жидких и твердых диэлектриков.	2	11	2	4	2	1	4	Опрос
6	Раздел 6. Электропроводность диэлектриков.	2	12	4	4	2	2	4	Решение задач
7	Раздел 7. Фазовые переходы в диэлектриках.	2	18	2	6	4	2	6	Опрос
8	Раздел 8 Активные диэлектрики.	2	9	2	2	2	1	4	Опрос
9	Раздел 9. Основные свойства, особенности технологии и применение диэлектриков.	2	4	-	2	-	-	2	Опрос
КСР		2	<b>36</b>						Опрос
<b>Итого часов</b>		2	<b>144</b>	20	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>38</b>	

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся				Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)	Оценочное средство	
2	Разделы 4,5,7,8	Решение домашних задач	В течение семестра	18	Задачи и упражнения	Из списка основной и дополнительной литературы.
2	Разделы 1,2,3,6,9	Подготовка к контрольной работе	После завершения лекций по данным разделам	20	Контрольная работа	Из списка основной и дополнительной литературы.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>38</b>		

## 4.3 Содержание учебного материала

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### *Раздел 1. Поляризация диэлектриков. Виды поляризации.*

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.

#### *Раздел 2. Диэлектрические потери.*

Основные понятия и определения. Виды диэлектрических потерь. Потери на электропроводность. Релаксационные потери. Ионизационные потери. Резонансные потери.

#### *Раздел 3. Диэлектрические потери в зависимости от агрегатного состояния вещества.*

Диэлектрические потери в газах. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках.

Диэлектрические потери в твердых диэлектриках.

#### *Раздел 4. Пробой диэлектриков. Пробой газов.*

Основные понятия. Пробой газов. Механизм пробоя газа. Пробой газа в однородном поле. Пробой газа в неоднородном поле.

#### *Раздел 5 Пробой диэлектриков. Пробой жидких и твёрдых диэлектриков.*

Пробой жидких диэлектриков. Пробой твердых диэлектриков. Электрический пробой.

Тепловой пробой. Электрохимический пробой. Поверхностный пробой.

#### *Раздел 6. Электропроводность диэлектриков.*

Основные понятия. Электропроводность газов. Электропроводность жидких диэлектриков. Электропроводность твердых диэлектриков. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков.

#### *Раздел 7. Фазовые переходы в диэлектриках.*

Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовые переходы с изменением агрегатного состояния. Фазовые переходы типа диэлектрик—металл.

Сегнетоэлектрические и антисегнетоэлектрические фазовые переходы.

Сегнетоэластичные фазовые переходы. Магнитные фазовые переходы в диэлектриках.

Фотостимулированные фазовые переходы. Фазовые переходы диэлектрик—сверхпроводник. Структурные фазовые переходы в твердых диэлектриках.

Фазовые переходы в жидких диэлектриках.

#### *Раздел 8 Активные диэлектрики.*

Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Пироэлектрики. Оптически активные среды.

Материалы для твердотельных лазеров. Жидкие кристаллы. Электреты.

#### *Раздел 9. Основные свойства, особенности технологии и применение диэлектриков.*

Классификация. Основные сведения о строении органических полимеров. Линейные полимеры. Композиционные порошковые пластмассы и слоистые пластики.

Неорганические стёкла. Ситаллы. Керамические диэлектрики.

### 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	1	Механизмы и виды поляризации	2	2	опрос, контрольное задание	ОПК - 3
2.	2	Виды диэлектрических потерь.	4	4	опрос, контрольное задание	
3.	3	Диэлектрические потери в кристаллах.	4	4	опрос, контрольное задание	
4.	5	Механизмы пробоя в твёрдых и жидких диэлектриках.	2	2	опрос, контрольное задание	
5.	6	Явления электропроводности в диэлектрических материалах.	2	2	опрос, контрольное задание	
6.	7	Фазовые переходы в диэлектриках.	4	4	опрос, контрольное задание	
7.	8	Активные диэлектрики. Классификация и свойства.	2	2	опрос, контрольное задание	

#### 4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Виды релаксационной поляризации в диэлектриках.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы.	Из списка литературы. Интернет источники.	4
2.	Резонансные диэлектрические потери.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	4
3.	Диэлектрические потери в газах.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	6
4.	Механизмы пробоя диэлектриков.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	4
5.	Электрохимический и поверхностный пробой в диэлектриках.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	4
6.	Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	4
7.	Магнитные фазовые переходы в диэлектриках. Фотостимулированные фазовые переходы.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка литературы. Интернет источники.	6
8.	Материалы для твердотельных лазеров.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Моделирование.	Из списка литературы. Интернет источники.	4
9.	Керамические диэлектрики. Классификация и применение.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы.	Из списка литературы. Интернет источники.	2
	Итого:				<b>38</b>



#### 4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий. При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведен опрос по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

### V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### *а) перечень литературы*

1. Физика диэлектриков [Электронный ресурс] : курс лекций / Иркутский гос. ун-т, Каф. общ. физики ; Сост. Л. А. Щербаченко. - Электрон. текстовые дан. - Иркутск : ИГУ, 2005.
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. Епифанов Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]. – 2022. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ. <https://e.lanbook.com/book/210671>

#### *б) периодические издания*

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

#### *в) список авторских методических разработок*

з) Базы данных, поисково-справочные и информационные системы

- Книгафонд - библиотека онлайн чтения. [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «РУКОНТ» <http://rucont.ru>
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

## VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете есть компьютеризированные аудитории, предназначенные для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

### 6.2. Программное обеспечение:

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

### 6.3. Технические и электронные средства:

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 высокорезистивных материалов.

## **VII. 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 высокорезистивных материалов.

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 высокорезистивных 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.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

Проводится опрос на первом занятии.

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Примерные тестовые задания по физике высокорезистивных материалов приведены в фондах оценочных средств.

### **8.1.3 Оценочные средства для промежуточной аттестации**


Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Опрос	Особенности ионной поляризации	ОПК-3
2.	Опрос. Проверка решения домашней задачи	Динамика упругой поляризации ионных кристаллов	ОПК-3
3.	Опрос. Проверка решения домашней задачи	Взаимодействие электромагнитных волн с кристаллами	ОПК-3
4.	Опрос	Основные особенности электропроводности диэлектриков	ОПК-3
5.	Опрос. Проверка решения домашней задачи	Ионная электропроводность диэлектриков	ОПК-3
6.	Опрос. Проверка решения домашней задачи	Тангенс угла диэлектрических потерь.	ОПК-3
7.	Опрос	Фазовые переходы первого и второго рода	ОПК-3
8.	Опрос	Технические применения сегнетоэлектрических пленок	ОПК-3

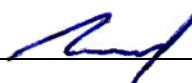
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и микроэлектроника.

**Разработчик:**

 к.ф.-м.н., доцент Зубрицкий С.М.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики  
« 24 » марта \_\_\_\_\_ 2022 г.

Протокол № 6

Зав. кафедрой  д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.

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