

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Энергетики и управления

(наименование факультета)

А.С. Гудим

(подпись, ФИО)

«28» 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электротехнические материалы и элементы электронной техники»

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электроснабжение
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен	Кафедра «Электромеханика»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Кандидат технических наук

 Кузьмин Р.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
Кафедра «Электромеханика»

 Сериков А.В.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Электротехнические материалы и элементы электронной техники» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации от 28.02.2018 № 144, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Электроснабжение» по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 20.032 «РАБОТНИК ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ».

Обобщенная трудовая функция: I Инженерно-техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций.

НЗ-4 Методики определения параметров технического состояния оборудования и его оценки.

Задачи дисциплины	Формирование навыков выбора и применения электротехнических материалов различного назначения
Основные разделы / темы дисциплины	<p><b>Проводниковые материалы:</b> Введение и классификация электротехнических материалов, Основные электрофизические свойства металлов</p> <p><b>Диэлектрические материалы:</b> Электропроводность диэлектриков, Поляризация диэлектриков, Диэлектрические потери, Пробой диэлектриков</p> <p><b>Полупроводниковые материалы:</b> Электропроводность и физические процессы в полупроводниках, Термические и оптофотоэлектрические явления в полупроводниках</p> <p><b>Магнитные материалы:</b> Классификация, основные свойства и характеристики магнитных материалов, Потери в магнитных материалах</p>

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

Процесс изучения дисциплины «Электротехнические материалы и элементы электронной техники» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов	ОПК-5.1 Знает области применения, свойства, характеристики и методы исследования конструкционных и электротехнических	Знает основные свойства и характеристики электротехнических и конструкционных материалов. Умеет выбирать по справочни-

объектов профессиональной деятельности	<p>материалов ОПК-5.2 Умеет использовать свойства конструктивных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-5.3 Владеет навыками расчета параметров и режимов объектов профессиональной деятельности</p>	<p>кам материалы для конкретных конструкций электротехнических устройств.</p> <p>Владеет навыками проведения стандартных испытаний электротехнических материалов и методами их расчета для применения в различных электротехнических и электроэнергетических установках.</p>
--	---	--

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электротехнические материалы и элементы электронной техники» изучается на 1 курсе, 2 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Электротехнические материалы и элементы электронной техники», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Учебная практика (ознакомительная практика)».

Дисциплина «Электротехнические материалы и элементы электронной техники» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения лабораторных работ.

Дисциплина «Электротехнические материалы и элементы электронной техники» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	12
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации пе-	6

дагогическими работниками)	
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	6 4
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	124
Промежуточная аттестация обучающихся – Экзамен	8

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Проводниковые материалы</b>				
<b>Введение и классификация электротехнических материалов</b>	1			10
<b>Основные электрофизические свойства металлов</b>	1		2	30
<b>Диэлектрические материалы</b>				
<b>Электропроводность диэлектриков</b>	0,5			10
<b>Поляризация диэлектриков</b>	0,5		2*	10
<b>Диэлектрические потери</b>	0,5			10
<b>Пробой диэлектриков</b>	0,5		2*	11
<b>Полупроводниковые материалы</b>				
<b>Электропроводность и физические процессы в полупроводниках</b>	0,5			10

<b>Термические и оптофотоэлектрические явления в полупроводниках</b>	0,5			10
<b>Магнитные материалы</b>				
<b>Классификация, основные свойства и характеристики магнитных материалов</b>	0,5			12
<b>Потери в магнитных материалах</b>	0,5			11
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	<b>124</b>

\* реализуется в форме практической подготовки

### **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Самостоятельное изучение теоретических разделов курса	80
Подготовка РГР	20
Выполнение и подготовка к защите лабораторной работы	24
<b>ИТОГО</b>	<b>124</b>

### **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

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

#### **8.1 Основная литература**

1) Привалов, Е.Е. Электроматериаловедение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 196 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?>, ограниченный. – Загл. с экрана.

2) Новиков И.Л. Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники [Электронный ресурс] /Новиков И.Л., Дикарева Р.П., Романова Т.С. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 56 с. // ZNANIUM.COM : элек-

тронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znaniium.com/catalog.php?>, ограниченный. – Загл. с экрана.

3) Богородицкий, Н.П. Электротехнические материалы: учебник для вузов / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 305с.

#### 8.2 Дополнительная литература

1) Пыхтин, В.В. Электроматериаловедение. Теория, лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / В. В. Пыхтин, Н. Н. Цыкунов. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та, 2003. - 127с.

2) Справочник по электротехническим материалам: в 3 т. Т. 2 / под ред. Ю.В. Корицкого [и др.]. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 464 с.

3) Справочник по электротехническим материалам: в 3 т. Т. 3 / под ред. Ю.В. Корицкого [и др.]. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 727 с.

4) Целебровский Ю.В. Материаловедение для электриков в вопросах и ответах [Электронный ресурс] / Целебровский Ю.В. - Новосиб.: НГТУ, 2016. - 64 с. // ZNANIUM.COM: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znaniium.com/catalog.php?>, ограниченный. – Загл. с экрана.

#### 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Электротехническое материаловедение» осуществляется в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студента (СРС). Аудиторные занятия проводятся в форме лекций и лабораторных занятий. Разделы дисциплины следует изучать последовательно, начиная с первого. Каждый раздел, формирует необходимые условия для создания системного представления о предмете дисциплины.

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. СРС включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение и оформление расчетно-графического задания;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к мероприятиям текущего контроля;
- подготовку к промежуточной аттестации (экзамену).

Студенту необходимо усвоить и запомнить основные термины, понятия и их определения, подходы, концепции и методики.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется посредством:

- дискуссии и выборочного опроса студентов на лекционных занятиях;
- защиты лабораторных работ;
- выполнения и защиты расчетно-графического задания;
- экзамена.

Текущий контроль качества освоения отдельных тем дисциплины осуществляется на основе рейтинговой системы. Этот контроль осуществляется в течение семестра и качество усвоения материала (выполнения задания) оценивается в баллах, в соответствии с таблицей 5.

Промежуточная аттестация (экзамен) производится в конце семестра и также оценивается в баллах. Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса.

Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов, полученных на промежуточной аттестации в конце семестра по результатам экзамена. Максимальный балл текущего контроля составляет 65 баллов, про-

межуточной аттестации (экзамен) – 35 баллов; максимальный итоговый рейтинг – 100 баллов. Оценке «отлично» соответствует 64-75 баллов; «хорошо» – 57-63; «удовлетворительно» – 49-56; менее 49 баллов – «неудовлетворительно».

8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1 Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM - <http://www.znanium.com>

2 Электронно-библиотечная система IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru>

3 Информационно-справочная система «Консультант плюс».

8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1 Электронные информационные ресурсы издательства SpringerSpringerJournals <https://link.springer.com>.

2 Единое окно доступа к образовательным ресурсам // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный] <http://window.edu.ru>.

3 Электронный портал научной литературы <http://www.elibrary.ru>.

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
MicrosoftImaginePremium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.



На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на

отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

### 9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## 10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

### 10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
302/3	Лаборатория электроматериаловедения	Лабораторные стенды для исследований свойств электротехнических материалов и процессов в них.

### 10.2 Технические и электронные средства обучения

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

## 11 Иные сведения

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**

**«Электротехнические материалы и элементы электронной техники»**

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электроснабжение
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен	Кафедра «Электромеханика»

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

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	<p>ОПК-5.1 Знает области применения, свойства, характеристики и методы исследования конструкционных и электротехнических материалов</p> <p>ОПК-5.2 Умеет использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-5.3 Владеет навыками расчета параметров и режимов объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Знает основные свойства и характеристики электротехнических и конструкционных материалов.</p> <p>Умеет выбирать по справочникам материалы для конкретных конструкций электротехнических устройств.</p> <p>Владеет навыками проведения стандартных испытаний электротехнических материалов и методами их расчета для применения в различных электротехнических и электроэнергетических установках.</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел 4	ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	РГР	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1-3	ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов, достоверность результатов экспериментов, обработка полученных данных

Разделы 1-4	ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	Тестирование	Правильность выполнения задания
Разделы 1-4	ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	Контрольные вопросы к экзамену	Полнота и правильность ответа

## **2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<b>3 семестр</b> <b>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»</b>			
РГР	16 неделя	15	15 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличное владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. 10 баллов - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите. 5 баллов - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных

			<p>задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
Защита лабораторных работ	16 неделя	35	<p>35 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>30 баллов – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>25 баллов – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>10 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p>
Тестирование	16 неделя	15	<p>15 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний;</p> <p>12 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний;</p> <p>8 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний;</p> <p>4 балла – 51-60 % правильных ответов – низкий уровень знаний;</p> <p>0 баллов – 0-50 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.</p>
<b>Текущий контроль:</b>		65 баллов	
Экзамен	17 неделя	35	35 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы билета. Пока-

			<p>зал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>30 баллов - студент ответил на теоретические вопросы билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>20 баллов - студент ответил на теоретические вопросы билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>10 баллов - при ответе на теоретические вопросы билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>0 баллов – отсутствуют ответы на теоретические вопросы билета.</p>
<b>Экзамен:</b>		35 баллов	
<b>ИТОГО:</b>		100 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b></p> <p>0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);</p> <p>65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);</p> <p>75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);</p> <p>85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>			

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **Контрольные вопросы к экзамену**

1. Общая классификация электротехнических материалов.
2. Электропроводность диэлектриков. Основные положения.
3. Классификация магнитных материалов.
4. Электропроводность газов.
5. Процесс намагничивания и магнитная проницаемость.
6. Как экспериментально определяется электропроводность жидких диэлектриков.
7. Намагничивание ферро- и ферромагнетиков переменным магнитным полем. Кривая намагничивания.
8. Как экспериментально определяется электропроводность твердых диэлектриков.
9. Магнитный момент атома и его формирование.



10. Как экспериментально определяется зависимость  $\text{tg}\delta$  от температуры и частоты при дипольно-релаксационной поляризации.
11. Резонансная поляризация.
12. Зависимость электропроводности проводниковых материалов от температуры и деформаций.
13. Процесс перемагничивания. Петля гистерезиса.
14. Тепловой пробой.
15. Теплопроводность металлов и эффект термоЭДС.
16. Как экспериментально определяется диэлектрическая проницаемость композиционных диэлектриков.
17. Криопроводимость и сверхпроводимость.
18. Электронная поляризация.
19. Поверхностный эффект в проводниковых материалах.
20. Ионная поляризация.
21. Потери в магнитных материалах.
22. Ионно-релаксационная поляризация.
23. Эффект Холла.
24. Схема замещения гипотетического диэлектрика обладающего всеми видами поляризации.
25. Зависимость электропроводности примесного полупроводника от температуры.
26. Дипольно-релаксационная поляризация.
27. Диэлектрические потери. Общие понятия.
28. Основные внешние энергетические воздействия, влияющие на свойства полупроводников.
29. P –N переход.
30. Электронно-релаксационная поляризация.
31. Миграционная поляризация.
32. ВАХ полупроводника.
33. Электрический момент в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость и её физический смысл.
34. Как экспериментально определяется зависимость  $\text{tg}\delta$  от температуры при дипольно-релаксационной поляризации с учетом электропроводности.
35. Электропроводность полупроводников.
36. Самопроизвольная (спонтанная) поляризация.
37. Классификация проводниковых материалов.
38. Пробой газообразного диэлектрика.
39. Зависимость магнитной проницаемости от внешних факторов.
40. Как экспериментально определяется зависимость  $\text{tg}\delta$  от частоты при дипольно-релаксационной поляризации с учетом электропроводности.
41. Формирование магнитного момента атома.

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

### Задание.

Номера вариантов задания выбираются исходя из последней цифры зачетной книжки (студенческого билета) в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – варианты выполнения задания.

оследняя цифра учебного шифра	Номер выполняемого задания					
	1	1	11	21	31	41
2	2	12	22	32	42	52
3	3	13	23	33	43	53
4	4	14	24	34	44	54
5	5	15	25	35	45	55
6	6	16	26	36	46	56
7	7	17	27	37	47	57
8	8	18	28	38	48	58
9	9	19	29	39	49	59
10	10	20	30	40	50	60

Задания к выполнению работы:

### Строение вещества

- 1) Укажите важнейшие виды связи атомов и молекул в веществах. Приведите примеры веществ, в которых имеются эти виды связи, и отметьте их особенности.
- 2) В чем заключается различие полярных (дипольных) и неполярных (нейтральных) веществ? Приведите примеры тех и других. Дайте определение дипольного момента молекулы.
- 3) Охарактеризуйте строение и дефекты твердых тел.
- 4) Каким образом классифицируют вещества по электрическим свойствам с точки зрения теории твердых тел?
- 5) Как классифицируют вещества по магнитным свойствам?
- 6) Какие понятия используют для описания поведения диэлектрика в электрическом поле?
- 7) Охарактеризуйте процесс поляризации диэлектрика.  
Как количественно оценивается поляризация диэлектрика? Укажите наименьшее возможное значение относительной диэлектрической проницаемости.
- 8) Укажите основные виды поляризации диэлектриков.
- 9) Как классифицируют диэлектрики по виду поляризации?
- 10) Охарактеризуйте диэлектрическую проницаемость газов, жидких и твердых диэлектриков.

### Электропроводность диэлектриков

- 11) Охарактеризуйте электропроводность жидких диэлектриков.
- 12) Охарактеризуйте основные понятия процесса электропроводности диэлектриков.
- 13) Охарактеризуйте электропроводность газообразных диэлектриков.
- 14) Охарактеризуйте электропроводность твердых диэлектриков.
- 15) Охарактеризуйте поверхностную электропроводность твердых диэлектриков.

### Диэлектрические потери

- 16) Охарактеризуйте понятие "диэлектрические потери".
- 17) Назовите и охарактеризуйте виды диэлектрических потерь в электроизоляционных материалах.
- 18) Дайте характеристику диэлектрических потерь в газах.
- 19) Дайте характеристику диэлектрических потерь в твердых диэлектриках.
- 20) Дайте характеристику диэлектрических потерь в жидких диэлектриках.

**Пробой диэлектриков**

- 21) Дайте характеристику явления пробоя.
- 22) Охарактеризуйте пробой газов.
- 23) Охарактеризуйте пробой жидких диэлектриков.
- 24) Охарактеризуйте пробой твердых диэлектриков.
- 25) Охарактеризуйте тепловой и электрохимический пробой твердых диэлектриков.

**Физико-химические и механические свойства диэлектриков**

- 26) Дайте характеристику влажностных свойств диэлектриков.
- 27) Дайте характеристику механических свойств диэлектриков.
- 28) Дайте характеристику тепловых свойств диэлектриков.
- 29) Охарактеризуйте химические свойства диэлектриков и воздействие на материалы излучений высокой энергии.
- 30) Охарактеризуйте нагревостойкость диэлектриков.

**Проводниковые материалы**

- 31) Дайте классификацию проводниковых материалов и охарактеризуйте электропроводность металлов.
- 32) Охарактеризуйте свойства проводниковых материалов.
- 33) Дайте характеристику материалов высокой проводимости.
- 34) Охарактеризуйте сверхпроводники и криопроводники.
- 35) Дайте характеристику сплавов высокого сопротивления.
- 36) Охарактеризуйте неметаллические проводники.
- 37) Охарактеризуйте припой и флюсы.

**Полупроводниковые материалы**

- 38) Охарактеризуйте понятие "полупроводник".
- 39) Дайте характеристику электропроводности собственных и примесных полупроводников.
- 40) Назовите и охарактеризуйте методы определения типа электропроводности и параметров полупроводников.
- 41) Охарактеризуйте влияние тепловой энергии на электропроводность полупроводников.
- 42) Охарактеризуйте воздействие света на электропроводность полупроводников.
- 43) Назовите и охарактеризуйте химические элементы, обладающие свойствами полупроводников.
- 44) Назовите и охарактеризуйте полупроводниковые химические соединения и материалы на их основе.
- 45) Какие физические явления в полупроводниках являются наиболее важными, и для каких целей они используются?

**Магнитные материалы**

- 46) Охарактеризуйте магнитные свойства материалов.
- 47) Дайте характеристику магнитомягких материалов.
- 48) Охарактеризуйте магнитные материалы специализированного назначения.
- 49) Дайте характеристику магнитотвердых материалов.
- 50) Каковы требования к магнитным материалам и какие виды магнитных материалов используются в электротехнике?

**Задачи**

- 51) Радиочастотный коаксиальный кабель со сплошной изоляцией из полиэтилена имеет диаметр внутреннего провода  $7 \times 10^{-4}$  м и внешний диаметр по изоляции  $7 \times 10^{-3}$  м. Длина кабеля 1,0 м. Определите емкость между внутренним проводом и наружной оболочкой кабеля (в фарадах на метр длины). Диэлектрическая проницаемость полиэтилена  $\epsilon_{\text{пэ}} = 2,3$ .

- 52) Оценить значения тангенса угла диэлектрических потерь для нефтяного конденсаторного масла с удельным сопротивлением  $\rho_v = 4 \times 10^9 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,2$  при частотах 50 Гц и 1 кГц.
- 53) На две противоположные грани кубика из поливинилхлорида с ребром  $2 \times 10^{-2} \text{ м}$  нанесены слои металла, служащие электродами, через которые кубик включается в электрическую цепь. Определите значение установившегося тока через кубик при постоянном напряжении 2000 В, если удельное объемное сопротивление поливинилхлорида  $\rho_v = 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , а удельное поверхностное сопротивление  $\rho_s = 2 \times 10^{13} \text{ Ом}$ .
- 54) Плоский керамический конденсатор ( $\epsilon = 12$ ) был заряжен от источника напряжением 1500 В и оставлен разомкнутым. Через 600 с разность потенциалов на его обкладках оказалась равной 150 В. Определите удельное объемное сопротивление диэлектрика конденсатора (поверхностной утечкой пренебречь).
- 55) Диэлектрик плоского конденсатора имеет следующие характеристики:  $\rho_v = 10^{13} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;  $\text{tg} \delta = 0,001$ ;  $\epsilon = 5$ . Площадь обкладок конденсатора  $0,1 \text{ м}^2$ , толщина диэлектрика  $2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .  
Определите:
- значение тока утечки и рассеиваемую в диэлектрике конденсатора мощность при постоянном напряжении 5000 В;
  - рассеиваемую в диэлектрике конденсатора мощность при переменном напряжении 5000 В и частоте 50 Гц (поверхностной утечкой пренебречь).
- 56) Мощность, потребляемая электронагревательным элементом при напряжении 220 В, равна 500 Вт. Подсчитайте длину, необходимую для изготовления этого элемента, нихромовой (марки Х15Н60) и константановой проволоки диаметром  $2 \times 10^{-4} \text{ м}$ . Нагревательный элемент из константана работает при температуре  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , а из нихрома - при температуре  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ . ( $\rho_{\text{нихр}} = 1,2 \times 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,  $\alpha_{\rho \text{ нихр}} = 200 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ ,  $\rho_{\text{конст.}} = 0,5 \times 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,  $\alpha_{\rho \text{ конст.}} = 5 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ ).
- 57) Конденсатор типа КР, диэлектриком которого является конденсаторная слюда марки СО (мусковит), имеет емкость  $C = 470 \text{ пФ}$ . Найдите значения диэлектрических потерь в этом конденсаторе при напряжении 2000 В и двух различных частотах (1 кГц и 1 МГц), если известно, что угол диэлектрических потерь мусковита равен  $25 \times 10^{-4}$  при частоте 1 кГц и  $3,3 \times 10^{-4}$  при частоте 1 МГц.
- 58) Жидкий электроизоляционный материал - льняное масло - при температуре  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$  имеет динамическую вязкость  $55 \text{ Па} \cdot \text{с}$  и удельное объемное сопротивление  $\rho_v = 6,5 \times 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Определите удельное объемное сопротивление при  $+120 \text{ }^\circ\text{C}$ , если известно, что вязкость жидкости при этой температуре равна  $0,45 \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Концентрация, значения заряда и размеры носителей заряда в материале не изменяются с температурой.
- 59) При нормальных условиях ( $P = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $t = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) электрическая прочность воздуха при расстоянии между электродами Роговского (эти электроды позволяют получить однородное поле)  $1 \times 10^{-2} \text{ м}$ . составляет примерно 3 МВ/м. Оцените пробивные напряжения этого воздушного промежутка при нормальных условиях и при условии:  $t = +30 \text{ }^\circ\text{C}$ .  $P = 265 \text{ мм.рт.ст.}$
- 60) Полый цилиндр с наружным диаметром  $5 \times 10^{-2} \text{ м}$ , внутренним диаметром  $4 \times 10^{-2} \text{ м}$  и высотой 1,2 м, удельным объемным сопротивлением  $\rho_v = 5 \times 10^9 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  и удельным поверхностным сопротивлением  $\rho_s = 2 \times 10^{11} \text{ Ом}$  зажат между металлическими электродами, к которым приложено напряжение  $U = 1500 \text{ В}$  постоянного тока. Определите ток, протекающий через цилиндр и потери мощности в нем.

## **ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ, ПРОВЕДЕННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

### **Электропроводность металлов**

- 1) Перечислить достоинства и недостатки основных проводниковых материалов (серебра, меди, алюминия).
- 2) Как происходит перенос электрических зарядов в металлических проводниках? Назвать проводники 1 и 2 рода.
- 3) От каких факторов зависит удельная электропроводность металлических проводников?
- 4) Как экспериментально определяется зависимость удельного электрического сопротивления металлических проводников от температуры?
- 5) Какие требования предъявляются к проводниковым материалам, используемым для изготовления реостатов и резисторов?

### **Исследование свойств полупроводниковых материалов**

- 1) С точки зрения зонной теории твердого тела объяснить различие между диэлектриком, полупроводником и проводником.
- 2) Поясните физический смысл энергии запрещенной зоны.
- 3) Какие дефекты кристаллической решетки могут быть в полупроводнике и как они участвуют в электропроводности?
- 4) Как изменяется концентрация и подвижность носителей зарядов в полупроводнике при изменении температуры?
- 5) Какие внешние факторы влияют на электрические свойства полупроводников и как это экспериментально определяется?

### **Электропроводность диэлектриков**

- 1) Нарисовать и объяснить зависимость удельной объемной проводимости твердого диэлектрика от температуры, пояснить, как это экспериментально определяется?
- 2) Нарисовать и объяснить зависимость удельного объемного сопротивления твердого диэлектрика от температуры, пояснить, как это экспериментально определяется?
- 3) Назвать типы зарядов, обуславливающих электропроводность жидких диэлектриков.
- 4) Нарисовать и объяснить график изменения тока через диэлектрик со временем при включении и выключении постоянного электрического поля.
- 5) Нарисовать и объяснить вольтамперную характеристику газообразного диэлектрика.

### **Поляризация неполярных диэлектриков**

- 1) Описать механизм электронной упругой поляризации диэлектрика.
- 2) Описать механизм ионной поляризации.
- 3) Нарисовать и объяснить график зависимости относительной диэлектрической проницаемости от частоты и от температуры для неполярного диэлектрика с ионным механизмом поляризации, пояснить, как это экспериментально определяется?
- 4) Почему и по каким признакам диэлектрики делят на полярные и неполярные? Какая между ними разница? Пояснить, как это экспериментально определяется?

**Поляризация полярных диэлектриков** (реализуется в форме практической подготовки)

- 1) Нарисовать зависимость поляризованности от времени для полярного диэлектрика с дипольно-релаксационным механизмом поляризации при включении и выключении постоянного электрического поля.
- 2) Описать механизм дипольно-релаксационной поляризации диэлектриков.

3) Показать на рисунке, откуда, какие и почему появляются заряды в конденсаторе с диэлектриком, подключенном к источнику постоянного тока.

4) Как определяется относительная диэлектрическая проницаемость?

5) У каких диэлектриков относительная диэлектрическая проницаемость зависит от температуры? Можно ли исключить эту зависимость? Пояснить, как это экспериментально определяется?

#### Диэлектрические потери

1) Нарисовать графики "ПОЛЯРИЗОВАННОСТЬ" =  $f(\omega t)$  и  $i = f(\omega t)$  на фоне  $u = U_m \sin \omega t$  для диэлектрика с электронной упругой поляризацией.

2) Нарисовать и объяснить зависимость  $tg\delta$  от температуры для неполярного диэлектрика.

3) Нарисовать графики "ПОЛЯРИЗОВАННОСТЬ" =  $f(\omega t)$  и  $i = f(\omega t)$  на фоне  $u = U_m \sin \omega t$  для условия, когда время релаксации соизмеримо с периодом изменения напряжения для диэлектрика с чисто дипольно-релаксационной поляризацией.

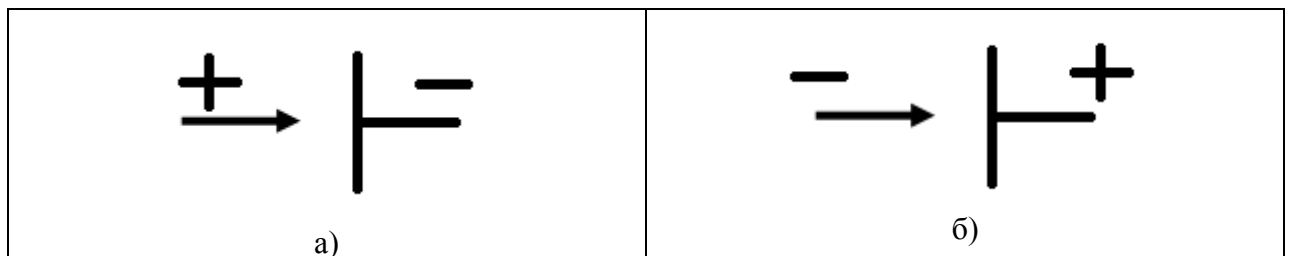
4) Нарисовать эквивалентную схему замещения конденсатора с неполярным диэлектриком.

5) Нарисовать эквивалентную схему замещения конденсатора с полярным диэлектриком (полагать наличие в диэлектрике электронной упругой и дипольно-релаксационной поляризации).

**Пробой газообразного диэлектрика** (реализуется в форме практической подготовки)

1) Построить диаграмму тепловой устойчивости твердого диэлектрика и проиллюстрировать с ее помощью критерий теплового пробоя диэлектрика.

2) В ходе проведения эксперимента испытанию на пробой в постоянном электрическом поле подвергается газообразный диэлектрик в системе электродов игла – плоскость различной полярности.



Сопоставить пробивные напряжения рис. (а и б) и объяснить различия.

3) Нарисовать и объяснить зависимость электрической прочности газообразного диэлектрика от расстояния между электродами. ? Пояснить как это экспериментально определяется?

4) Записать условие, при котором электрон может инициировать процесс ударной ионизации.

5) Нарисовать и объяснить зависимость электрической прочности газообразного диэлектрика от давления газа. ? Пояснить как это экспериментально определяется?

#### Исследование свойств магнитных материалов

1) Нарисовать и объяснить зависимость относительной магнитной проницаемости ферромагнетика от температуры. ? Пояснить как это экспериментально определяется?

2) Нарисовать петлю гистерезиса для ферромагнетика и показать на ней характерные точки.

3) Чем обусловлен магнитный момент атома?

4) Какие процессы происходят в ферромагнетике при его намагничивании внешним полем?

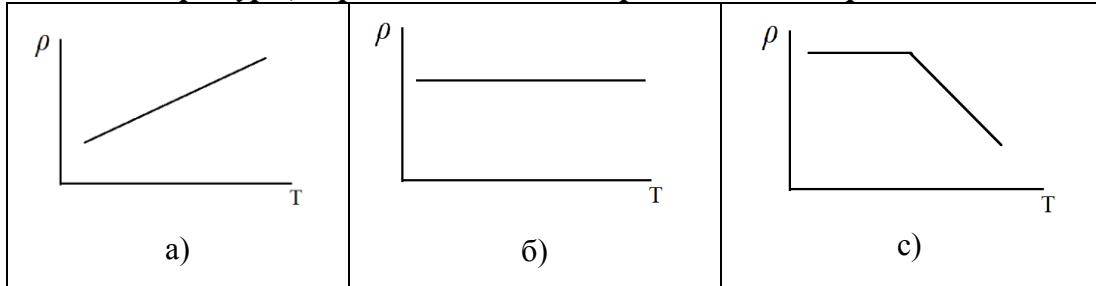
5) Нарисовать и объяснить зависимость  $\mu = f(H)$  для ферромагнетика

## ТЕСТ

**1. К основным отличительным свойствам диэлектриков относится: ...**

- а) высокое удельное сопротивление;
- б) сильная зависимость удельного сопротивления от внешних факторов;
- в) способность к поляризации и возможность существования электрического поля.

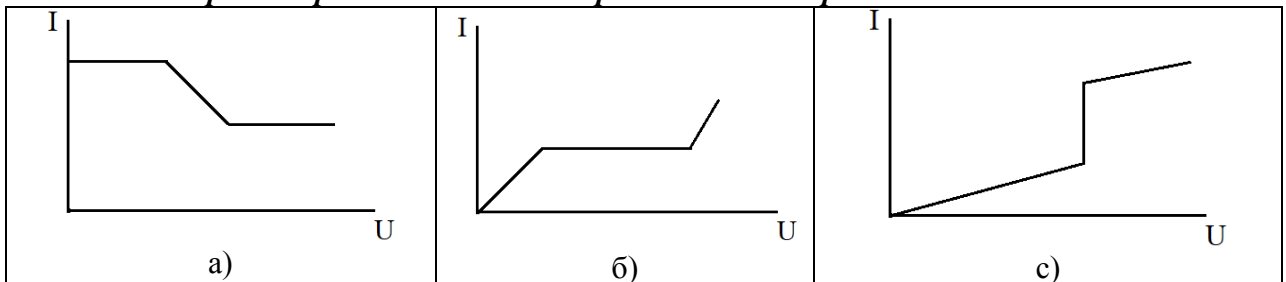
**2. Укажите принципиальный вид зависимости удельного сопротивления металлов от температуры, определяемой в ходе проведения эксперимента:**



**3. Какой из видов поляризации диэлектриков не вызывает диэлектрических потерь:**

- а) дипольно-релаксационная поляризация;
- б) миграционная поляризация;
- в) ионная поляризация.

**4. Укажите принципиальный вид вольт-амперной характеристики газообразного диэлектрика определяемой в ходе проведения эксперимента:**



**5. Основным отличительным свойством полупроводников является, которое можно определить в ходе проведения эксперимента: ...**

- а) высокая электропроводность;
- б) зависимость электропроводности от внешних факторов;
- в) способность к поляризации.

**6. Основной величиной характеризующей потери в диэлектрических материалах является при обработке экспериментальных данных:**

- а)  $\epsilon$
- б)  $\mu$
- в)  $\text{tg}\delta$

**7. Первопричиной развития процесса пробоя газообразного диэлектрика является:**

- а) электропроводность;
- б) ударная ионизация;
- в) потери в диэлектрике.

8. С увеличением частоты при проведении эксперимента диэлектрическая проницаемость полярных диэлектриков: ...

а) увеличивается; б) уменьшается; в) остается неизменной.

9. При проведении эксперимента с увеличением частоты диэлектрическая проницаемость неполярных диэлектриков: ...

а) увеличивается; б) уменьшается; в) остается неизменной.

10. Ориентация магнитных моментов ферромагнитного материала в пределах одного домена представлена на рис.:...

