

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

Г.П. Старинов

2019 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электротехническое материаловедение

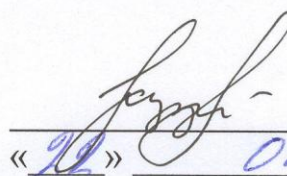
Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электроснабжение
Квалификация выпускника	бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2019
Форма обучения	заочная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
1	2	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен	ЭМ

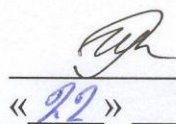
Комсомольск-на-Амуре 2019

Разработчик рабочей программы  
доцент каф. «ЭМ», канд. техн. наук

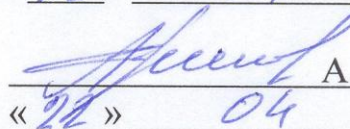
  
Р.В. Кузьмин  
« 22 » 04 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

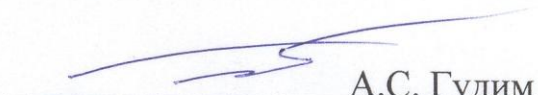
Директор библиотеки

  
И.А. Романовская  
« 22 » 04 2019 г.

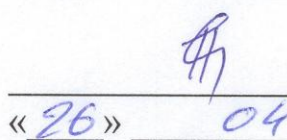
Заведующий кафедрой «ЭМ»

  
А.В. Сериков.  
« 22 » 04 2019 г.

Декан ЭТФ

  
А.С. Гудим  
« 24 » 04 2019 г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
Е.Е. Поздеева  
« 26 » 04 2019 г.

## 1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Электротехническое материаловедение» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28.02.2018, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Электроснабжение» по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Задачи дисциплины	Формирование навыков выбора и применения электротехнических материалов различного назначения
Основные разделы / темы дисциплины	Проводниковые и полупроводниковые материалы. Диэлектрические материалы. Магнитные материалы

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

Процесс изучения дисциплины «Электротехническое материаловедение» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-4 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Знает области применения, свойства, характеристики и методы исследования конструкционных и электротехнических материалов	Знать основные свойства и характеристики электротехнических и конструкционных материалов
	ОПК-4.2. Умеет использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности.	Уметь выбирать по справочникам материалы для конкретных конструкций электротехнических устройств.
	ОПК-4.3. Владеет навыками в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности.	Владеть навыками проведения стандартных испытаний электротехнических материалов и методами их расчета для применения в различных электротехнических и электроэнергетических установках.

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

Дисциплина «Электротехническое материаловедение» изучается на 1 курсе(ах) в 2 семестре(ах).

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

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и (или) опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин: «Химия» и «Физика».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Электротехническое материаловедение», будут востребованы при изучении последующих дисциплин, прохождения практик: «Физические основы электроники», «Электрические машины», «Измерение, испытание и монтаж электрооборудования / Электромонтажные работы», при прохождении производственной практики и для успешного прохождения ГИА.

Входной контроль не проводится.

### 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>	14
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	6
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	8
<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	126
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	4

**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>Раздел 1 Проводниковые и полупроводниковые материалы</b>				
<b>Тема 1</b> Проводниковые и полупроводниковые материалы. Их Основные свойства	2		2	45
<b>Раздел 2 Диэлектрические материалы</b>				
<b>Тема 2.1</b> Диэлектрические материалы и их основные свойства.	2		4	41
<b>Раздел 3 Магнитные материалы</b>				
<b>Тема 3.1</b> Магнитные материалы и их основные свойства	2		2	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>6</b>		<b>8</b>	<b>126</b>

**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

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	90
Подготовка к занятиям семинарского типа	15
Подготовка и оформление Расчетно-графическая работа	21
	126

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

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1,2,3	ОПК-4	Лабораторные работы	Аргументированность ответов
Разделы 1,2	ОПК-4	Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1,2,3	ОПК-4	Проверочная работа	Полнота и аргументированность ответов

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 5).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
2 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме Зачета с оценкой</i>				
1	Тест	в течение сессии	20 баллов	20 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 15 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний; 10 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний; 5 баллов – 51-60 % правильных ответов – низкий уровень знаний; 0 баллов – 0-50 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.
2	Лабораторная работа 1	в течение сессии	10 баллов	10 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 8 баллов – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 5 баллов – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного мате-
3	Лабораторная работа 2	в течение сессии	10 баллов	
4	Лабораторная работа 3	в течение сессии	10 баллов	

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
				риала. 3 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
5	Расчетно-графическая работа	в течение семестра	30 баллов	30 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. 20 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. 10 баллов - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей. 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.
6	Проверочная работа	в течение сессии	20 баллов	20 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 30 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 20 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 10 баллов - при ответе на теоретиче-

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				ские вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. 0 баллов – отсутствуют ответы на теоретические вопросы.
ИТОГО:		-	<u>100</u> баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)				

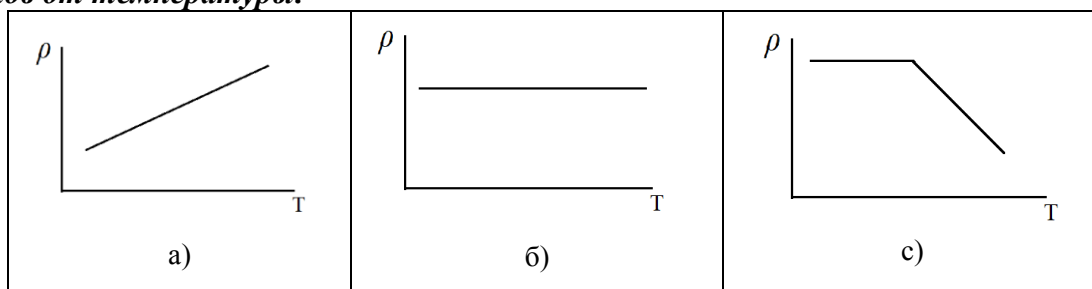
### Задания для текущего контроля

#### 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.

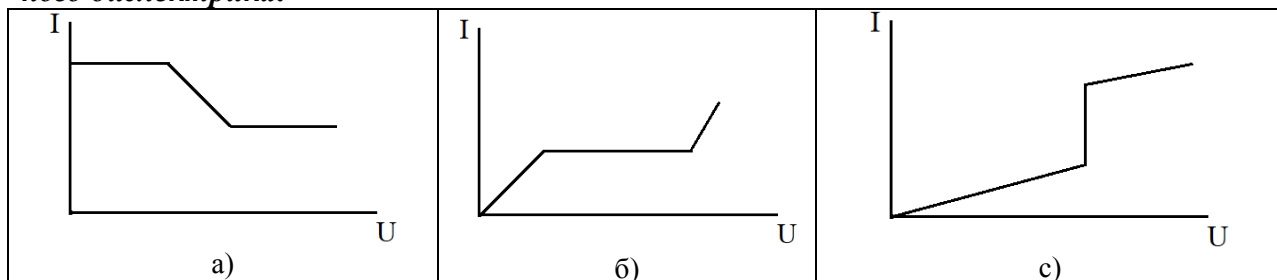
2. Укажите принципиальный вид зависимости удельного сопротивления металлов от температуры:



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:



5. Основным отличительным свойством полупроводников является: ...



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

**6. Основной величиной характеризующей потери в диэлектрических материалах является:**

- 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.

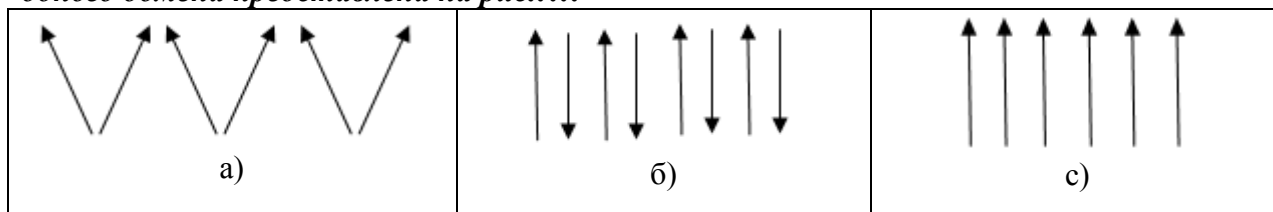
**8. С увеличением частоты диэлектрическая проницаемость полярных диэлектриков: ...**

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

**9. 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.:...**



## ВОПРОСЫ НА ЗАЩИТУ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 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) Почему и как зависит удельное электрическое сопротивление 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?

### Электропроводность диэлектриков

1) Нарисовать и объяснить зависимость удельной объемной проводимости твердого диэлектрика от температуры.

2) Нарисовать и объяснить зависимость удельного объемного сопротивления твердого диэлектрика от температуры.

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

4) Почему и по каким признакам диэлектрики делят на полярные и неполярные? Какая между ними разница?

#### **Поляризация полярных диэлектриков**

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?

#### **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  $\operatorname{tg} \delta$  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.

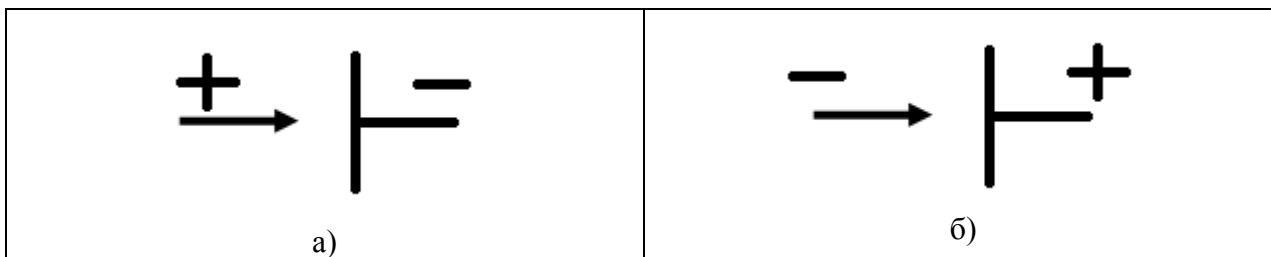
4) Нарисовать эквивалентную схему замещения конденсатора с неполярным диэлектриком.

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

#### **Пробой газообразного диэлектрика**

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

2) 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.

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

5) Нарисовать и объяснить зависимость электрической прочности газообразного диэлектрика от давления газа.

#### Исследование свойств магнитных материалов

1) Нарисовать и объяснить зависимость относительной магнитной проницаемости ферромагнетика от температуры.

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.

## 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.

последняя цифра учебного шифра	Номер выполняемого задания					
	1	11	21	31	41	51
1	1	11	21	31	41	51
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?

**Поляризация диэлектриков**

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  $\rho_v = 4 \times 10^9$  Ом·м и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,2$  при частотах 50 Гц и 1 кГц.
- 53) На две противоположные грани кубика из поливинилхлорида с ребром  $2 \times 10^{-2}$  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  $\rho_v = 10^{14}$  Ом·м, а удельное поверхностное сопротивление  $\rho_s = 2 \times 10^{13}$  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:  $\rho_v = 10^{13}$  Ом·м;  $\text{tg}\delta = 0,001$ ;  $\epsilon = 5$ . Площадь обкладок конденсатора  $0,1$  м<sup>2</sup>, толщина диэлектрика  $2 \cdot 10^{-2}$  м.  
Определите:
  - а) значение тока утечки и рассеиваемую в диэлектрике конденсатора мощность при постоянном напряжении 5000 В;
  - б) 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  $2 \times 10^{-4}$  м. Нагреватель-

ный 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  $2000\text{ В}$  и двух различных частотах ( $1\text{ кГц}$  и  $1\text{ МГц}$ ), если известно, что угол диэлектрических потерь мусковита равен  $25 \times 10^{-4}$  при частоте  $1\text{ кГц}$  и  $3,3 \times 10^{-4}$  при частоте  $1\text{ МГц}$ .

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  $3\text{ МВ/м}$ . 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  $1,2\text{ м}$ , 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.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОВЕРОЧНОЙ РАБОТЕ

1. Общая классификация электротехнических материалов.
2. Электропроводность диэлектриков. Основные положения.
3. Классификация магнитных материалов.
4. Электропроводность газов.
5. Процесс намагничивания и магнитная проницаемость.
6. Электропроводность жидких диэлектриков.
7. Намагничивание ферро- и ферромагнетиков переменным магнитным полем. Кривая намагничивания.
8. Электропроводность твердых диэлектриков.
9. Магнитный момент атома и его формирование.
10. 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. 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. Зависимость  $\tan\delta$  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. Зависимость  $\tan\delta$  от частоты при дипольно-релаксационной поляризации с учетом электропроводности.
41. Формирование магнитного момента атома.

## **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 : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.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.znanium.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.

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;
- проверочной работы.

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.

Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра. Максимальный итоговый рейтинг – 100 баллов. Оценке «отлично» соответствует 85-100 баллов; «хорошо» – 75-84; «удовлетворительно» – 65-74; менее 65 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 Springer Springer Journals <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>.

#### **8.4 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 7 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
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.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель может проводить инструктаж по выполнению задания. В инструктаж включается:

- цель и содержание задания;
- сроки выполнения;
- ориентировочный объем работы;
- основные требования к результатам работы и критерии оценки;
- возможные типичные ошибки при выполнении.

Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

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.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

#### **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 8 – Перечень оборудования лаборатории

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

## **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.

