



КГУУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИЭЭ  
протокол № 7 от 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института электроэнергетики и  
электроники

\_\_\_\_\_ Р.В.Ахметова

« 30 » мая \_\_\_\_\_ 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.22 Структура и свойства материалов электроники

Направление  
подготовки

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Квалификация

Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
МВТМ	Доцент, к.т.н.	Бунтин А.Е.
МВТМ	Доцент, к.х.н.	Янова О.Ю.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	МВТМ	19.04.2023	№9	_____ Зав.каф., д.х.н., доц. Давлетбаев Р. С.
Согласована	ПЭ	12.05.2023	№18	_____ Зав.каф., д.ф.-м.н., проф. Голенищев-Кутузов А. В.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	30.05.2023	№8	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	№9	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Структура и свойства материалов электроники» является формирование знаний о структуре, свойствах, методах контроля качества электротехнических материалов, используемых в электронике

Задачами дисциплины являются:

- установление причинно-следственной связи между химическим составом, строением и свойствами материалов в электронике;
- установление физико-химических закономерностей изменения строения и свойств материалов под действием физических, химических, биологических и других факторов;
- формирование знаний о конкретных видах материалов, их свойствах и областях применения как компонентов электротехнического оборудования;
- приобретение студентами практических навыков по определению структуры и свойств материалов.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-1 – Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.5 – Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик электротехнических материалов, в соответствии с требуемыми параметрами
ОПК-2 – Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.3 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины : Физика, Химия, Материаловедение

Последующие дисциплины : Основы сквозного проектирования в электронике

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)	
			5	6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	106	56	50
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	2,61	94	50	44
Лекции	0,89	32	16	16

Практические (семинарские) занятия	-	-	-	-
Лабораторные работы	1,72	62	34	28
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,39	122	58	64
Проработка учебного материала	3,39	122	58	64
Курсовой проект	-	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	0	0	0	0
Промежуточная аттестация:			3	3

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	53	8	16	-	29	ТК1	ОПК-1.5; ОПК-3
Раздел 2	55	8	18	-	29	ТК2	ОПК-1.5; ОПК-3 ОПК-2.3; ОПК-3, У,В
Зачет						ОМ 1	ОПК-1.5; ОПК-3 ОПК-2.3; ОПК-3,У,В
<b>Итого за 5 семестр</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>58</b>		
Раздел 3	56	8	16	-	32	ТК3	ОПК-1.5; ОПК-3
Раздел 4	52	8	12		32	ТК4	ОПК-1.5; ОПК-3 ОПК-2.3; ОПК-3, У,В
Зачет						ОМ 2	ОПК-1.5; ОПК-3 ОПК-2.3; ОПК-3,У,В
<b>Итого за 6 семестр</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>64</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>	<b>32</b>	<b>62</b>	<b>-</b>	<b>122</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Предмет и задачи электротехнического материаловедения.  
Физико- химические основы строения электротехнических материалов.

Тема 1.1. *Введение*. Физико-химические основы строения материалов.

Общие требования, предъявляемые к материалам в электронике.  
Компоненты, размерные и энергетические характеристики химической связи и методы их оценки.

Тема 1.2. Классификация электротехнических материалов

Классификация электротехнических материалов по агрегатному состоянию, химическому составу, функциональному назначению, их роли в развитии электроэнергетики, основные свойства, характеристики и области применения проводниковых, диэлектрических, полупроводниковых и магнитных материалов.

Тема 1.3. Зонная теория твердого тела.

Раздел 2. Диэлектрические и полупроводниковые материалы.

Теоретические основы физико-химических процессов в диэлектрических материалах

Тема 2.1. Виды, строение, свойства и области применения диэлектрических материалов

Поляризация, электропроводность, диэлектрические потери и пробой диэлектриков, механические и физико-химические свойства диэлектрических материалов.

Электроизоляционные газы и жидкости, полимерные материалы, пластмассы и слоистые пластики, электротехнические резины, электроизоляционные лаки, эмали и компаунды, неорганические электротехнические стекла, керамические диэлектрики, слюды и материалы на их основе, активные и других виды диэлектриков.

Тема 2.2. Основы физико-химических процессов в полупроводниковых материалах. Виды, особенности строения, свойства и области применения полупроводниковых материалов.

Природа электропроводности полупроводников, энергетические диаграммы для собственных и примесных полупроводников, зависимости электропроводности полупроводников от температуры, напряженности электрического поля, интенсивности электромагнитного излучения, виды полупроводниковых материалов и области их применения в электроэнергетике и электротехнике.

Раздел 3. Проводниковые материалы

Тема 3.1. Виды, свойства и области применения проводниковых материалов

Природа электропроводности проводниковых материалов, их основные свойства, влияние типа сплава на электропроводность проводников (закономерности Курнакова), зависимость свойств проводниковых материалов от внешних факторов. Изучение видов проводниковых материалов их состава, строения, свойств и областей применения.

Раздел 4. Магнитные материалы

Теоретические основы физико-химических процессов в магнитных материалах.

Тема 4.1. Магнитные характеристики материалов, классификация веществ по магнитным свойствам, свойства ферромагнитных и ферримагнитных материалов.

Основные характеристики магнитных материалов. Классификация веществ по магнитным свойствам: диамагнитные, парамагнитные, ферромагнитные, антиферромагнитные и ферримагнитные материалы. Свойства ферромагнетиков: магнитный гистерезис, магнитная анизотропия, магнитострикция, потери энергии магнитного поля в магнитном материале.

Магнитомягкие низкочастотные и высокочастотные материалы: виды, состав, свойства и области применения. Магнитотвердые материалы: виды, состав, свойства и области применения.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

*Данный вид работы не предусмотрен учебным планом*

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

Лабораторная работа № 1. Измерение удельного сопротивления проводников. Определение значения сопротивления проводников по результатам численного расчета электрического поля постоянных токов

Лабораторная работа № 2. Изучение температурной зависимости сопротивления проводников и резисторов

Лабораторная работа №3. Контактные явления в проводниках и термоэлектродвижущая сила

Лабораторная работа № 4. Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников

Лабораторная работа №5. Фотопроводимость

Лабораторная работа №6. Контактные явления в полупроводниках и барьерный фотоэффект

Лабораторная работа № 7. Измерение диэлектрической проницаемости и угла диэлектрических потерь твёрдых диэлектриков

Лабораторная работа №8. Измерение зависимости угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости диэлектрика от температуры

Лабораторная работа № 9. Измерение диэлектрической проницаемости и угла диэлектрических потерь активных диэлектриков

Лабораторная работа № 10. Изучение прямого и обратного пьезоэффекта

Лабораторная работа № 11. Электрический пробой в диэлектриках. Определение электрической прочности воздуха, бумаги. Численный расчет электростатического поля, определение значения напряженности и максимальной плотности энергии поля

Лабораторная работа № 12. Определение общезначимых характеристик электроизоляционных материалов

Лабораторная работа № 13. Основная кривая намагничивания ферромагнетика

Лабораторная работа № 14. Изучение свойств ферромагнетика при помощи петли гистерезиса

Лабораторная работа № 15. Определение точки Кюри

Лабораторная работа № 16. Изучение магнитотвердых материалов. Численный расчет магнитостатического поля, определение значения магнитной индукции

### **3.6. Курсовой проект /курсовая работа**

*Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.*

#### 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ОПК	1.5	знать:				
		физико-химические основы строения и свойства электротехнических материалов, закономерности их изменения под действием внешних факторов	Четкие знания о физико-химических основах строения электротехнических материалов и закономерностях их изменения под действием внешних факторов	Разбирается в физико-химических основах строения электротехнических материалов и закономерностях их изменения под действием внешних факторов	Слабо знает физико-химические основы строения электротехнических материалов и закономерности их изменения под действием внешних факторов	Не знает физико-химические основы строения электротехнических материалов и закономерности их изменения под действием внешних факторов
уметь:						
		Осуществлять обоснованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов	Продемонстрированы все основные умения осуществлять обоснованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов	Продемонстрированы все основные умения осуществлять обоснованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов	Продемонстрированы основные умения осуществлять обоснованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов	При решении стандартных задач не продемонстрированы умения осуществлять обоснованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации,

		гических и экономических факторов. Выполнены все задания в полном объеме	факторов, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	плуатации, экологических и экономических факторов, выполнены все задания, но не в полном объеме	экологических и экономических факторов, имеют место грубые ошибки
	владеть:				
	средствами и методами исследования строения и свойств электротехнических материалов	Продемонстрированы навыки владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов, имеют место грубые ошибки
2.3	знать:				
	средства и методы исследования строения и свойств электротехнических материалов	Демонстрирует полные знания о средствах и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов, без ошибок	Разбирается в средствах и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов, имеют место несколько негрубых ошибок	Слабо знает средства и методы исследования строения и свойств электротехнических и материалов, имеют место много негрубых ошибок.	Не знает средства и методы исследования строения и свойств электротехнических материалов, имеют место много грубых ошибок.
	уметь:				
	Применяет средства и методы исследования строения и свойств электротехнических материалов	Продемонстрированы все основные умения применять средства и методах исследования строения и	Продемонстрированы все основные умения применять средства и методах исследования строения и свойств	Продемонстрированы все основные умения применять средства и методах исследования строе-	При решении стандартных задач не продемонстрированы умения применять средства и методах исследования

		свойств электротехнических материалов, без ошибок	электротехнических материалов с некоторыми недочетами	ния и свойств электротехнических материалов, но не в полном объеме	строения и свойств электротехнических материалов
	владеть:				
	методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники	Продемонстрированы навыки владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы навыки владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники имеют и имеют грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1.1. Основная литература

1. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 448 с. – ISBN 978-5-8114-2003-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212135>.

2. Электротехническое материаловедение: учебное пособие / А. Е. Сухарников. - Казань: КГЭУ, 2019. - 180 с. - URL: [https://lib.kgeu.ru/irbis64r\\_plus/index.html](https://lib.kgeu.ru/irbis64r_plus/index.html).

3. Дудкин, А. Н. Электротехническое материаловедение: учебное пособие / А. Н. Дудкин, В. С. Ким. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург:

Лань, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-5296-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139259>.

### 5.1.2. Дополнительная литература

4. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник для вузов / С.Н.Колесов, И.С.Колесов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2008. - 535 с. : ил. — ISBN 978-5-06-005950-2.

5. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург:Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2003-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212135>.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

Виртуальная лаборатория по материаловедению <https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2790>

Введение в материаловедение <https://openedu.ru/course/misis/MATSC1/>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

- |   |                        |  |
|---|------------------------|--|
| 1 | Nano                   | <a href="http://nano.nature.com">nano.nature.com</a>                       |
| 2 | Платформа SpringerLink | <a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>           |
| 3 | SpringerMaterials      | <a href="http://www.materials.springer.com">www.materials.springer.com</a> |
| 4 | КиберЛенинка           | В <a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>          |

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	ELCUT	Компьютерная программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов.	(профессиональная версия): договор №122/2020 от 11.08.2020, лицензиар - ООО ""Лабстенд"", тип (вид) лицензи - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно.
2	Комплекс компьютерных имитационных тренажеров "Материаловедение"	Комплекс тренажеров по теме материаловедение	ООО "Инфотех" №21/19 Неискл. право. Бессрочно
3	LMS Moodle	ПО для эффективного	Свободная лицензия

	онлайн- взаимодействия преподавателя и студента	Неискл. право. Бессрочно
--	---	--------------------------

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Электротехнические материалы», Б-315	Доска аудиторная; экран; проектор; автоматизированный лабораторный стенд для исследования свойств магнитных материалов; автоматизированный лабораторный стенд для исследования свойств полупроводниковых материалов; автоматизированный лабораторный стенд для исследования свойств проводниковых материалов; автоматизированный лабораторный стенд для исследования сегнетоэлектриков; мост переменного тока, осциллограф С1-1, генератор ГЗ-18 ("исследование диэлектрической проницаемости"); барометр БАММ; вискозиметр ВЗ-4; типовой комплект учебного оборудования "Электротехнические материалы" компьютерная версия; компьютеры в комплекте с монитором для типового комплекса учебного оборудования "Электротехнические материалы" (4 шт.); комплект плакатов: твёрдые диэлектрики, проводниковые материалы, магнитомягкие материалы, магнитотвёрдые материалы, жидкие диэлектрики, газообразные диэлектрики, классификация диэлектрических материалов, периодическая система гомоядерных химических связей элементов микроструктуры вещества
	Учебная лаборатория «Материаловедения», Б-315	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: Лабораторный стол; электронагреватель СНОЛ-1; печь лабораторная ЭКПС; проектор, экран; комплекс «Мобильный менеджер»; металлографический микроскоп МИМ-7; микроскоп бинакулярный (5 шт.); отрезной станок; микроскоп металлографический;

		шлифовально-полировальный станок двухдисковый с прижимными кольцами; комплекты для выполнения лабораторных работ (2 шт.); стационарный твердомер по Роквеллу (2 шт.); комплект образцов (6 шт.)
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www/kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;

- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Б1.О.22 Структура и свойства материалов электроники**

---

Направление  
подготовки

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Квалификация

Бакалавр

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

### 1. Технологическая карта

#### Семестр 5

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
<b>Раздел 1.</b> «Предмет и задачи электротехнического материаловедения. Физико-химические основы строения электротехнических материалов»	<b>ТК1</b>	<b>25</b>	<b>0-20</b>					<b>25-50</b>	<b>25-45</b>
Защита лабораторной работы		25							
Опрос по разделам (темам)			20						
<b>Раздел 2.</b> «Диэлектрические и полупроводниковые материалы»	<b>ТК2</b>			<b>30</b>	<b>0-15</b>			<b>15-40</b>	<b>30-45</b>
Защита лабораторной работы				30					
Опрос по разделам (темам)					15				
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>	<b>ОМ 1</b>								<b>0-10</b>
Задание промежуточной аттестации									0-10

#### Семестр 6

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели						
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого

<b>Раздел 3. Проводниковые материалы</b>	<b>ТК3</b>	<b>0-25</b>	<b>0-20</b>					<b>25-40</b>	<b>25-45</b>
Защита лабораторной работы		25							
Опрос по разделам (темам)			20						
<b>Раздел 4. Магнитные материалы</b>	<b>ТК4</b>			<b>30</b>	<b>0-15</b>			<b>30-50</b>	<b>30-45</b>
Защита лабораторной работы				30					
Опрос по разделам (темам)					15				
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>	<b>ОМ 2</b>								<b>0-10</b>
Задание промежуточной аттестации									0-10

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ОПК	1.5	знать:				
		физико-химические основы строения и свойства электротехнических материалов, закономерности их изменения под действием внешних факторов	Четкие знания о физико-химических основах строения электротехнических материалов и закономерностях их изменения под действием внешних факторов	Разбирается в физико-химических основах строения электротехнических материалов и закономерностях их изменения под действием внешних факторов	Слабо знает физико-химические основы строения электротехнических материалов и закономерности их изменения под действием внешних факторов	Не знает физико-химические основы строения электротехнических материалов и закономерности их изменения под действием внешних факторов
		уметь:				
		Осуществлять обоснованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа	Продемонстрированы все основные умения осуществлять обоснованный вы-	Продемонстрированы все основные умения осуществлять обоснованный выбор мате-	Продемонстрированы основные умения осуществлять обос-	При решении стандартных задач не продемонстрированы умения осуществлять

	условий эксплуатации, экологических и экономических факторов	бор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов. Выполнены все задания в полном объеме	риалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	нованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов, выполнены все задания, но не в полном объеме	обоснованный выбор материалов, средств и методов их исследования на основе анализа условий эксплуатации, экологических и экономических факторов, имеют место грубые ошибки
	владеть:				
	средствами и методами исследования строения и свойств электротехнических материалов	Продемонстрированы навыки владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения средствами и методами исследования строения и свойств материалов, имеют место грубые ошибки
	знать:				
2.3	средства и методы исследования строения и свойств электротехнических материалов	Демонстрирует полное знание о средствах и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов, без ошибок	Разбирается в средствах и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов, имеют место несколько негрубых ошибок	Слабо знает средства и методы исследования строения и свойств электротехнических и материалов, имеют место много негрубых ошибок.	Не знает средства и методы исследования строения и свойств электротехнических материалов, имеют место много грубых ошибок.

уметь:				
Применяет средства и методы исследования строения и свойств электротехнических материалов	Продемонстрированы все основные умения применять средства и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов, без ошибок	Продемонстрированы все основные умения применять средства и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов с некоторыми недочетами	Продемонстрированы все основные умения применять средства и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы умения применять средства и методах исследования строения и свойств электротехнических материалов
владеть:				
методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники	Продемонстрированы навыки владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы навыки владения методами анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования материалов электроники имеют и имеют место грубые ошибки

Оценка **«отлично»** выставляется за защиту лабораторных в устной письменной форме и ответы на вопросы зачета. При ответе на вопрос должно быть продемонстрировано прочное знания основных процессов изучаемой предметной области, глубина и полнота раскрытия темы (вопроса), владение терминологическим аппаратом, умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа;

Оценка **«хорошо»** выставляется за защиту лабораторных в устной письменной форме и ответы на вопросы зачета. Оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой

предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Допускается одна – две неточности в ответе.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за защиту лабораторных в устно-письменной форме и ответы на вопросы зачета. Оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за слабую и неполную защиту лабораторных в устно-письменной форме и ответы на вопросы зачета.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины

### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

*Пример задания*

**Для текущего контроля ТК1:**  
Проверяемая компетенция: ОПК-1.5

**Отчет по лабораторным работам (ОЛР) должен содержать следующие разделы:**

1. Цель работы.
2. Теоретические положения.

Раздел должен содержать определения тепловых свойства диэлектриков, включая табл. 2.8, виды нефтяных электроизоляционных масел, описание их свойств и областей применения; методы определения температуры вспышки и вязкости трансформаторного масла.

3. Практическая часть.

Раздел должен содержать необходимые расчеты и результаты проведенных экспериментов в виде графиков и таблиц.

4. Выводы по работе. Вывод должен состоять из констатирующей и объясняющих частей.

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 1 «Измерение удельного сопротивления проводников. Определение значения сопротивления проводников по результатам численного расчета электрического поля постоянных токов»**

1. Опишите механизм проводимости электрического тока в металлах.
2. Как влияют геометрические размеры проводника на его сопротивление?
3. Приведите закон Ома для участка электрической цепи.
4. Назовите методы измерения сопротивления проводника.
5. Какой метод измерения сопротивления, из рассмотренных в теоретической части, является более точными?
6. Приведите формулу определения удельного сопротивления однородного проводника.
7. Укажите тип задачи математической физики, решаемой в лабораторной работе.
8. Приведите определение скалярного электрического потенциала.
9. Перечислите граничные условия, применяемые при решении задачи математической физики.
10. Какие параметры материалов задаются при решении задачи электрического поля постоянных токов?
11. Приведите картину электрического поля проводника с током.

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2 «Изучение температурной зависимости сопротивления проводников и резисторов»**

1. В чем принципиальное отличие проводника от диэлектрика?
2. Приведите определение ТКС. Единицы его измерения.
3. Материалы с каким ТКС используются для изготовления резисторов?
4. Чем отличаются положительный и отрицательный ТКС.
5. Приведите формулу определения температурного коэффициента сопротивления.
6. Приведите погрешность мультиметра типа *MASTECH MY64* при измерении температуры.
7. Отличаются ли ТКС чистых атомарных металлов от ТКС металлов с примесями?

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 3 «Контактные явления в проводниках и термоэлектродвижущая сила»**

1. Приведите определение термо-ЭДС.
2. В чем состоит эффект Зеебека?
3. Объясните механизм возникновения термо-ЭДС.
4. От каких параметров зависит величина термо-ЭДС?
5. Приведите определение и формулу удельной термо-ЭДС.

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 4 «Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников»**

1. В чем принципиальное отличие полупроводника от проводника?
2. Приведите определение терморезистора.
3. Какие материалы используются для изготовления терморезисторов?
4. Приведите качественный характер зависимостей сопротивления от температуры терморезисторов с отрицательным и положительным ТКС.
6. Приведите формулу для определения температурного коэффициента сопротивления.

**Опрос по разделам. Перечень определений основных понятий темы/дисциплины:**

1. Чем химическая связь отличается от физической ван-дер-ваальсовой и водородной связи?
2. Перечислите основные виды химической связи.
3. Что такое ковалентная связь и каковы ее отличия от других типов связи?
4. Что такое металлическая связь и каковы ее отличия от других типов связи?
5. Что такое ионная связь и каковы ее отличия от других типов связи?
6. Что такое молекула, какой тип химической связи элементов в ней преобладает?
7. Дайте определение длины химической связи.

8. Дайте определение энергии химической связи.
9. Продемонстрируйте, как изменяется удельное электрическое сопротивление собственного полупроводника с ростом температуры.
10. Покажите, при каких условиях удельное электрическое сопротивление полупроводника достигает максимума при  $T=300\text{ К}$ .
11. Объясните физический смысл ширины запрещенной зоны и как её можно экспериментально определить.
12. Опишите, от чего зависит удельная электропроводимость примесных полупроводников при постоянной температуре.
13. Определите условие, при котором уровень Ферми в собственном полупроводнике не зависит от температуры.
14. Покажите, как изменится положение уровня Ферми относительно границ разрешенных зон в примесном полупроводнике при увеличении концентрации примеси.
15. Охарактеризуйте, каким образом образуются в примесном полупроводнике носители заряда.
16. Укажите, как зависит концентрация носителей заряда в примесном полупроводнике от температуры.
17. Дайте определение подвижности носителей заряда. Объясните, от каких физических параметров она зависит.
18. Дайте определение основных и неосновных носителей заряда в полупроводниках.

**Для текущего контроля ТК2:**

Проверяемая компетенция: ОПК-1.5; ОПК-2.3

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 5 «Фотопроводимость»**

1. Опишите явление фотоэффекта.
2. Приведите определение фоторезистора.
3. Чем объясняется изменение фотопроводимости.
4. Какие параметры характеризуют быстрое действие фоторезисторов?
5. Приведите параметры фоторезисторов.
6. Приведите примеры источников света, какой источник света используется в данной лабораторной работе?

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6 «Контактные явления в полупроводниках и барьерный фотоэффект»**

1. Приведите определение и энергетические диаграммы  $p-n$  перехода.
2. Приведите определение фото-ЭДС.
3. Какие материалы используются для изготовления фотодиодов?
4. Приведите основные параметры фотодиода.
5. Приведите ВАХ фотодиода в различных режимах.
6. Опишите особенности фотогенераторного и фотодиодного режимов.
7. Что такое темновой ток фотодиода?

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7 «Измерение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твёрдых диэлектриков»**

1. Приведите определение поляризации диэлектрика.
2. Назовите основные механизмы поляризации диэлектрика.
3. Приведите определение относительной диэлектрической проницаемости материала.
4. Физическая природа диэлектрических потерь материалов.
5. Приведите определение тангенса угла диэлектрических потерь.
6. Перечислите основные виды диэлектрических потерь материалов по их особенностям и физической природе.
7. Приведите векторные диаграммы, соответствующие последовательной и параллельной схемам замещения конденсатора.
8. К чему могут привести высокие диэлектрические потери в конденсаторах и изоляционных материалах?
9. Приведите определение скалярного электрического потенциала.
10. Перечислите граничные условия, применяемые при решении задач математической физики.
11. Какие параметры материалов задаются при решении задачи электростатического поля?
12. Приведите картину электростатического поля плоского конденсатора.

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 8 «Исследование зависимости тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости диэлектрика от температуры»**

1. Приведите понятие диэлектрической проницаемости.
2. Приведите определение тангенса угла диэлектрических потерь конденсатора.
3. От каких факторов зависит тангенс угла диэлектрических потерь?
4. Приведите определение добротности конденсатора.
5. Какие физические процессы обуславливают нагрев диэлектрика, ведущие к изменению его основных параметров?

**Опрос по разделам. Перечень определений основных понятий темы/дисциплины:**

1. Чем различаются полярные и неполярные диэлектрики?
2. В чем отличие сильно связанных, слабо связанных и свободных зарядов диэлектрика?
3. Что такое поляризация, поляризованность и поляризуемость?
4. Что такое относительная диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon$ )? Что показывает численное  $\epsilon$ ?

5. Чем различаются упругие и релаксационные виды поляризации?
6. В чем отличие ионной и ионно-релаксационной поляризации?
7. В чем отличие дипольно-релаксационной, дипольно - сегментальной и дипольно-групповой поляризации?
8. Что такое диэлектрические потери?
9. Что такое векторная диаграмма токов в диэлектрике? Как определяются по векторной диаграмме угол диэлектрических потерь  $\delta$  и  $\operatorname{tg} \delta$ ?
10. Чем отличаются зависимости  $\varepsilon(T)$  для полярных и неполярных полимерных диэлектриков?
12. Чем отличаются зависимости  $\operatorname{tg}\delta(T)$  для полярных и неполярных полимерных диэлектриков?

**Для текущего контроля ТКЗ:**

Проверяемая компетенция: ОПК-1.5; ОПК-2.3

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 9 «Исследование диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков»**

1. Приведите определение поляризации
2. Назовите основные механизмы поляризации
3. Приведите определение относительной диэлектрической проницаемости.
4. Физическая природа диэлектрических потерь.
5. Приведите определение тангенса угла диэлектрических потерь.

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 10 «Изучение прямого и обратного пьезоэффекта»**

1. Какие диэлектрические материалы называются активными?
2. Что собой представляют пьезоэлектрики, пироэлектрики и электреты?
3. Назовите области применения активных диэлектриков?
4. Приведите определение прямого и обратного пьезоэффекта. В каких диэлектриках наблюдаются эти явления?
6. Какие параметры характеризуют пьезоэлемент?

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 11 «Электрический пробой в диэлектриках. Определение электрической прочности воздуха и бумаги. Численный расчет электростатического поля, определение значения напряженности и максимальной плотности энергии поля»**

1. Приведите определение электрической прочности.
2. Опишите процесс возникновения электрического пробоя диэлектрика.
3. Какие физические явления сопровождают электрический пробой

газообразного и твердого диэлектрика?

4. Какие параметры определяют электроизоляционные свойства бумаги?

5. Приведите формулу расчета электрической прочности диэлектрика.

6. Как влияет давление газа на его электрическую прочность?

7. Приведите зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами.

8. Опишите процесс возникновения электрического пробоя диэлектрика.

9. Какие физические явления сопровождают электрический пробой газообразного и твердого диэлектрика?

10. Какие параметры определяют электроизоляционные свойства бумаги?

11. Приведите формулу расчета электрической прочности диэлектрика.

12. Как влияет давление газа на его электрическую прочность?

13. Приведите зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами.

14. Приведите определение скалярного электрического потенциала.

15. Перечислите граничные условия, применяемые при решении задач математической физики.

16. Какие параметры материалов задаются при решении задачи электростатического поля?

17. Приведите картину электростатического поля двухточечных зарядов.

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 12 «Определение общезфизических характеристик электроизоляционных материалов»**

1. Какая величина называется температурой вспышки паров трансформаторного масла?

2. Как регламентируется скорость повышения температуры при проведении опыта по определению температуры вспышки паров трансформаторного масла, его увлажненность и почему?

3. Назовите классы нагревостойкости.

4. Как определяется вязкость жидких диэлектриков?

5. Что такое динамическая, кинематическая и условная вязкость?

6. Как связана вязкость с электропроводностью диэлектриков?

7. Какие методы определения вязкости Вы знаете?

**Опрос по разделам. Перечень определений основных понятий темы/дисциплины:**

1. Влияние температуры и частоты электрического поля на диэлектрическую проницаемость веществ со всеми видами поляризации.

2. Удельное объемное и удельное поверхностное сопротивления диэлектриков. Удельная проводимость диэлектриков.

3. Основное уравнение электропроводности. Носители зарядов в диэлектрике.

4. Электропроводность газообразных диэлектриков. Несамостоятельная и самостоятельная электропроводность. Зависимость плотности тока от напряженности электрического поля.

5. Электропроводность жидких диэлектриков. Собственная и примесная электропроводность. Зависимость проводимости и удельного сопротивления от температуры.

6. Электропроводность твердых диэлектриков. Ионная примесная и собственная электропроводность. Электронная проводимость твердых диэлектриков. Зависимость плотности тока от напряженности электрического поля. Зависимость удельного сопротивления от влажности диэлектрика.

7. Ток утечки. Полные и удельные диэлектрические потери при постоянном напряжении.

8. Угол диэлектрических потерь, тангенс угла диэлектрических потерь. Полные и удельные диэлектрические потери при переменном напряжении.

9. Виды диэлектрических потерь в электроизоляционных материалах. Диэлектрические потери в газообразных диэлектриках. Зависимость  $\operatorname{tg} \delta$  газообразных диэлектриков от напряжения.

10. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках. Зависимости  $\operatorname{tg} \delta$  от температуры и частоты приложенного напряжения для неполярных и полярных жидких диэлектриков.

11. Диэлектрические потери в твердых диэлектриках молекулярной, ионной, неоднородной структуры. Потери в сегнетоэлектриках.

12. Пробой и перекрытие диэлектриков. Характеристики электрической прочности. Виды пробоя диэлектриков. Длина свободного пробега электрона.

**Для текущего контроля ТК4:**

Проверяемая компетенция: ОПК-1.5; ОПК-2.3

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 13 «Основная кривая намагничивания ферромагнетика»**

1. Приведите основные виды кривых намагничивания магнитомягких материалов.

2. Приведите определение магнитной проницаемости и её основные виды.

3. Приведите основные точки и участки кривой намагничивания.
4. Почему в области магнитного насыщения ферромагнетика индукция не возрастет с увеличением напряженности магнитного поля?

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 14 «Изучение свойств ферромагнетика при помощи петли гистерезиса»**

1. Какие параметры ферромагнетика определяются по предельной петле гистерезиса?
2. Как определить удельные потери на перемагничивание ферромагнетика?
3. Как изменяются удельные потери с увеличением частоты перемагничивания ферромагнетика?

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 15 «Определение точки Кюри»**

1. Приведите определение температуры точки Кюри.
2. Приведите определение парамагнитного состояния вещества.
3. Как изменяется намагниченность ферромагнетика при приближении к температуре точки Кюри?

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 16 «Изучение магнитотвердых материалов. Численный расчет магнитостатического поля, определение значения магнитной индукции»**

1. Какая часть петли гистерезиса магнитотвердых материалов называется прямой возврата, каков её физический смысл?
2. Какова величина магнитной индукции на поверхности замкнутого ферромагнитного сердечника?
3. Опишите методику измерения индукции магнитного поля в данной лабораторной работе.
4. Приведите качественно картину магнитного поля, создаваемого прямоугольным магнитом.
5. Приведите определение однородного магнитного поля.
6. Укажите тип задачи математической физики, решаемой в лабораторной работе.
7. Приведите определение магнитного потенциала.
8. Перечислите граничные условия, применяемые при решении задачи математической физики.
9. Какие параметры материалов задаются при решении задачи магнитостатического поля?
10. Приведите картину магнитного поля системы из двух магнитов.

**Опрос по разделам. Перечень определений основных понятий темы/дисциплины:**

1. Опишите процессы, происходящие в ферромагнитных материалах при их перемагничивании, в соответствии с кривыми намагничивания. Охарактеризуйте типы кривых намагничивания.
2. Назовите параметры петли гистерезиса и другие параметры, характеризующие магнитные свойства материалов.
3. Что такое начальная относительная магнитная проницаемость?
4. Дайте определение температуры Кюри.
5. Поясните различия между магнитомягкими и магнитотвердыми ферромагнитными материалами. Приведите примеры данных материалов.
6. Назовите виды потерь на перемагничивание в ферромагнитных материалах.
7. Приведите примеры областей применения ферромагнитных материалов с различными свойствами.

**Вопросы для подготовки к зачету ОМ1:**

1. Классификация электротехнических материалов (ЭТМ): проводники, полупроводники, диэлектрики, магнитные материалы. Зонная теория твердого тела.
2. Типы связей между структурными частицами вещества.
3. Типы зарядов в веществах: сильносвязанные, слабосвязанные и свободные.
4. Уравнение Клаузиуса-Мосотти. Виды поляризации диэлектриков (индуцированная электрическим полем, вызванная не электрическим полем и существующая без внешних воздействий). Механизм упругой и релаксационной поляризации.
5. Относительная диэлектрическая проницаемость диэлектриков. Поляризованность диэлектриков. Вектор электрического смещения. Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости. Поляризуемость диэлектриков.
6. Механизм упругой: электронной, ионной и дипольной поляризации диэлектриков.
7. Механизм релаксационной: электронной, ионной и дипольной поляризации диэлектриков.
8. Дипольно-релаксационная поляризация. Время релаксации. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости полярного диэлектрика от частоты приложенного напряжения и температуры.
9. Спонтанная (самопроизвольная) поляризация диэлектриков. Зависимость - поляризованности сегнетоэлектриков и относительной диэлектрической проницаемости от напряженности электрического поля и температуры.
10. Миграционная и остаточная поляризации диэлектриков.
11. Влияние температуры и частоты электрического поля на диэлектрическую проницаемость веществ со всеми видами поляризации.
12. Удельное объемное и удельное поверхностное сопротивления диэлектриков. Удельная проводимость диэлектриков.
13. Основное уравнение электропроводности. Носители зарядов в диэлектрике.
14. Электропроводность газообразных диэлектриков. Несамостоятельная и самостоятельная электропроводность. Зависимость плотности тока от напряженности электрического поля.

15. Электропроводность жидких диэлектриков. Собственная и примесная электропроводность. Зависимость проводимости и удельного сопротивления от температуры.

16. Электропроводность твердых диэлектриков. Ионная примесная и собственная электропроводность. Электронная проводимость твердых диэлектриков. Зависимость плотности тока от напряженности электрического поля. Зависимость удельного сопротивления от влажности диэлектрика.

17. Ток утечки. Полные и удельные диэлектрические потери при постоянном напряжении.

18. Угол диэлектрических потерь, тангенс угла диэлектрических потерь. Полные и удельные диэлектрические потери при переменном напряжении.

19. Виды диэлектрических потерь в электроизоляционных материалах. Диэлектрические потери в газообразных диэлектриках. Зависимость  $\operatorname{tg} \delta$  газообразных диэлектриков от напряжения.

20. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках. Зависимости  $\operatorname{tg} \delta$  от температуры и частоты приложенного напряжения для неполярных и полярных жидких диэлектриков.

21. Диэлектрические потери в твердых диэлектриках молекулярной, ионной, неоднородной структуры. Потери в сегнетоэлектриках.

22. Пробой и перекрытие диэлектриков. Характеристики электрической прочности. Виды пробоя диэлектриков. Длина свободного пробега электрона.

23. Пробой газообразных диэлектриков. Механизм и стадии пробоя. Зависимость  $E_{\text{пр}}$  от давления, расстояния между электродами, частоты приложенного напряжения. Стример.

24. Пробой жидких диэлектриков. Виды пробоя. Механизм пробоя жидкостей с газовыми, жидкими и твердыми включениями.

25. Пробой твердых диэлектриков. Виды пробоя. Особенности теплового и электрохимического пробоя. Трекинговость и дугостойкость.

26. Тепловые и механические свойства диэлектриков: нагревостойкость, температуры вспышки, воспламенения, самовоспламенения; холодостойкость, теплопроводность, температурный коэффициент линейного расширения, вязкость жидких диэлектриков.

27. Классификация диэлектрических материалов. Газообразные диэлектрики.

28. Жидкие диэлектрики. Нефтяные масла: трансформаторное, конденсаторное, кабельное. Состав, технология производства, свойства, применение, очистка и регенерация.

29. Трудногорючие и негорючие жидкие диэлектрики: хлордифенилы, кремнийорганические и фторорганические жидкости. Состав, свойства, применение.

### **Вопросы для подготовки к зачету ОМ2:**

30. Общие свойства полимеров: группы высокомолекулярных соединений, реакции полимеризации и поликонденсации, линейные, пространственные, термопластичные и термореактивные полимеры, физические состояния полимеров.

31. Линейные неполярные полимеры: полиэтилен, политетрафторэтилен, полистирол. Общие и электрические свойства, применение.

32. Линейные полярные полимеры: поливинилхлорид, политрифторхлорэтилен. Общие и электрические свойства, применение.

33. Полярные поликонденсационные полимеры: эпоксидные, фенолформальдегидные и кремнийорганические смолы. Общие и электрические свойства, применение.

34. Пластмассы. Состав, способы переработки в изделия, применение.

35. Неорганическое стекло. Состав, строение, свойства, применение в электроэнергетике и других областях.
36. Электрорадиотехническая керамика. Виды, состав, способы переработки в изделия, свойства, применение.
37. Электротехнические резины. Состав, свойства, технология переработки в изделия, применение в электроэнергетике.
38. Активные диэлектрики: сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, пироэлектрики, и др.
39. Слоистые пластики: гетинакс, текстолит, ДСП и др.
40. Слюдавые материалы.
41. Природные смолы и воскообразные диэлектрики.
42. Электроизоляционные лаки, эмали и компаунды.
43. Классификация полупроводников по составу. Электропроводность полупроводников (собственная проводимость, примесная проводимость). Примеси замещения и внедрения.
44. Эффект холла и его применение. Метод нагрева полупроводников.
45. Воздействие внешних факторов на электропроводность полупроводников.
46. Полупроводниковые элементы и соединения. Германий. Кремний. Селен. Карбид кремния. Соединения типа  $A^{III}B^V$ . Соединения типа  $A^{II}B^{VI}$ .
47. Электрические характеристики проводниковых материалов: удельная проводимость, удельное сопротивление, температурный коэффициент удельного сопротивления. Зависимость удельного сопротивления сплавов от состава.
48. Металлы и сплавы высокой проводимости (Cu, Al, Fe): марки, свойства, применение.
49. Сверхпроводники и криопроводники. Классификация. Явление сверхпроводимости.
50. Сплавы с повышенным электрическим сопротивлением.
51. Контактные материалы.
52. Углеродные проводниковые материалы.
53. Сплавы для термопар.
54. Магнитное поле и его характеристики: напряженность, магнитная индукция. Магнитные характеристики вещества: магнитная индукция, намагниченность, относительная и абсолютная магнитная проницаемость.
55. Классификация веществ по магнитным свойствам: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
56. Зависимость магнитной индукции и относительной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля для ферромагнетиков (магнитный гистерезис).
57. Магнитная анизотропия, магнитострикция, потери энергии магнитного поля и магнитном материале.
58. Магнитомягкие низкочастотные материалы с высокой индукцией насыщения: технически чистое железо, нелегированная электротехническая сталь, легированная электротехническая сталь.
59. Магнитотвердые материалы. Свойства, виды: легированные мартенситные стали, литые сплавы.