

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электротехнологические установки и системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

|                                          |                                                     |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Блок:</b>                             | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                 |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | <b>Обязательная</b>                                 |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | <b>Б1.О.19</b>                                      |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b> | <b>4 семестр - 4;</b>                               |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>144 часа</b>                                     |
| <b>Лекции</b>                            | <b>4 семестр - 32 часа;</b>                         |
| <b>Практические занятия</b>              | <b>не предусмотрено учебным планом</b>              |
| <b>Лабораторные работы</b>               | <b>4 семестр - 32 часа;</b>                         |
| <b>Консультации</b>                      | <b>4 семестр - 2 часа;</b>                          |
| <b>Самостоятельная работа</b>            | <b>4 семестр - 77,5 часа;</b>                       |
| <b>в том числе на КП/КР</b>              | <b>не предусмотрено учебным планом</b>              |
| <b>Иная контактная работа</b>            | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b> |
| <b>включая:</b>                          |                                                     |
| <b>Отчет</b>                             |                                                     |
| <b>Контрольная работа</b>                |                                                     |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>         |                                                     |
| <b>Экзамен</b>                           | <b>4 семестр - 0,5 часа;</b>                        |

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|                                                                                   |                                                    |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|                                                                                   | Владелец                                           | Мирошниченко А.Ю.               |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rpa1ba695-MiroshnichenAY-fd29ca |

(подпись)

А.Ю.

Мирошниченко

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|                                                                                   |                                                    |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|                                                                                   | Владелец                                           | Кулешов А.О.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rc98b17a6-KuleshovAO-26442bb |

(подпись)

А.О. Кулешов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|                                                                                   |                                                    |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|                                                                                   | Владелец                                           | Цырук С.А.                  |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f |

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является формирование знаний по классификации, назначению и применению электротехнических материалов. Понимание физической сущности процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации. Изучение основных электрофизических, оптических, физико-механических характеристик электротехнических материалов. Изучение физических процессов и явлений, протекающих в электротехнических материалах при воздействии электромагнитных, тепловых полей.

### Задачи дисциплины

- изучение студентами основных явлений и процессов, происходящих в электротехнических материалах;
- студентами знаний о различных классах материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике;
- научить студентов выявлять наиболее существенные физические процессы, протекающие в электротехнических материалах;;
- приобретение студентами навыков и знаний в области электротехнических материалов для дальнейшего их использования в специальных курсах.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции                                                                                                                              | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                            | Запланированные результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности | ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик и методов исследования электротехнических материалов, выбирает электротехнические материалы в соответствии с требуемыми характеристиками | знать:<br>- различные классы материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике, их параметры и основные физические свойства;<br>- основные методы определения электрофизических параметров материалов электроэнергетики и электротехники.<br><br>уметь:<br>- использовать физические законы и математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах;<br>- рассчитывать электрофизические параметры материалов электроэнергетики и электротехники по данным измерений. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электротехнологические установки и системы (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| №<br>п/п | Разделы/темы<br>дисциплины/формы<br>промежуточной<br>аттестации | Всего часов<br>на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                      | Содержание самостоятельной работы/<br>методические указания |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|--------------|---|-----|----|----|----------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                 |                          |         | Контактная работа                                                    |     |    |              |   |     |    | СР |                      |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|          |                                                                 |                          |         | Лек                                                                  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в<br>семестре |                                                             | Подготовка к<br>аттестации<br>/контроль                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| КПР      | ГК                                                              | ИККП                     | ТК      |                                                                      |     |    |              |   |     |    |    |                      |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1        | 2                                                               | 3                        | 4       | 5                                                                    | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                   | 14                                                          | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1        | Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы          | 35                       | 4       | 8                                                                    | 16  | -  | -            | - | -   | -  | -  | 11                   | -                                                           | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br>Изучение материалов по разделу "Диэлектрические материалы" и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Диэлектрические материалы"<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Диэлектрические материалы"<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Диэлектрические материалы" материалу.<br><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br><div>[1], 23-323<br/>[2], 23-323<br/>[3], 25-211<br/>[4], 28-420</div> |
| 1.1      | Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы          | 35                       |         | 8                                                                    | 16  | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                    | 11                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|     |                         |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|-------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2   | Проводниковые материалы | 25 |  | 8 | 6 | - | - | - | - | - | - | 11 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Проводниковые материалы"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2.1 | Проводниковые материалы | 25 |  | 8 | 6 | - | - | - | - | - | - | 11 | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Проводниковые материалы" материалу.<br><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Проводниковые материалы"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 23-323<br>[2], 23-323<br>[3], 25-211<br>[4], 28-420 |
| 3   | Магнитные материалы     | 23 |  | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | 11 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Магнитные материалы"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3.1 | Магнитные материалы     | 23 |  | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | 11 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Магнитные материалы"<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Магнитные материалы" материалу.<br><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b>                                                                                                                                                                                                                                    |

|     |                             |       |  |    |    |   |   |   |   |   |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----|-----------------------------|-------|--|----|----|---|---|---|---|---|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                             |       |  |    |    |   |   |   |   |   |     |    | Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br><u><b>Подготовка к контрольной работе:</b></u><br>Изучение материалов по разделу "Магнитные материалы" и подготовка к контрольной работе<br><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br>[1], 23-323<br>[2], 23-323<br>[3], 25-211<br>[4], 28-420 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4   | Полупроводниковые материалы | 25    |  | 8  | 6  | - | - | - | - | - | -   | 11 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые материалы"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 4.1 | Полупроводниковые материалы | 25    |  | 8  | 6  | - | - | - | - | - | -   | 11 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <u><b>Подготовка к контрольной работе:</b></u><br>Изучение материалов по разделу "Полупроводниковые материалы" и подготовка к контрольной работе<br><u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Полупроводниковые материалы" материалу.<br><u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u><br>Повторение материала по разделу "Полупроводниковые материалы"<br><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br>[1], 23-323<br>[2], 23-323<br>[3], 25-211<br>[4], 28-420 |
|     | Экзамен                     | 36.0  |  | -  | -  | - | - | 2 | - | - | 0.5 | -  | 33.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|     | Всего за семестр            | 144.0 |  | 32 | 32 | - | - | 2 | - | - | 0.5 | 44 | 33.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|  |                  |       |  |    |    |   |   |   |     |      |  |
|--|------------------|-------|--|----|----|---|---|---|-----|------|--|
|  | Итого за семестр | 144.0 |  | 32 | 32 | - | 2 | - | 0.5 | 77.5 |  |
|--|------------------|-------|--|----|----|---|---|---|-----|------|--|

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы

##### 1.1. Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы

Введение в курс «Электротехническое материаловедение». Роль и значение материалов в производстве и эксплуатации электротехнических установок и электроэнергетических систем. Общая классификация материалов по электрофизическим свойствам и применению. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Особенности строения твердых тел. Виды химической связи. Строение кристаллических тел, полиморфизм. Образование и свойства энергетических зон. Классификация материалов по ширине запрещенной зоны. Распределение электронов в зонах для диэлектриков, проводников и полупроводников. Неупорядоченные среды, аморфные тела, полимерные материалы. Диэлектрические материалы Классификация диэлектриков. Физические процессы в диэлектриках. Пассивные диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Конденсаторные и изоляционные материалы. Электропроводность диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, напряжения, влажности, времени выдержки в электрическом поле. Тангенс угла диэлектрических потерь. Виды диэлектрических потерь. Диэлектрическая проницаемость и потери в диэлектриках Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного электрического поля для различных типов диэлектриков. Тангенс угла диэлектрических потерь. Схемы замещения. Эквивалентные схемы диэлектриков на высоких частотах. Виды диэлектрических потерь. Основные методы исследования диэлектриков и определения их параметров. Пробой диэлектриков Пробой диэлектриков. Физические процессы в диэлектриках при электрическом, тепловом, и электрохимическом механизмах пробоя. Пробой газов. Закон Пашена. Неоднородные электрические поля. Неоднородные композиционные материалы. Пробой твердых диэлектриков. Основные электрофизические, физико-механические и теплофизические и общие физико-химические свойства диэлектриков. Керамические диэлектрики Керамические диэлектрики, основы технологии их изготовления. Оксиды кремния, алюминия, шпинели, перовскиты и гранаты.. Неорганические стекла, ситаллы. Электропроводность керамических материалов. Сегнетоэлектрики. Титанат бария. Перовскиты. Фазовые переходы 2-го рода. Поли- и изоморфизм. Точка Кюри. Понятие доменной структуры в электро- и магнитоупорядоченных веществах. Пьезоэлектрики. Полимерные материалы Полимеры. Состав, электрофизические свойства, методы создания и обработки полимеров. Основы создания смесевых и наполненных полимерных изоляционных и полупроводящих композиций. Реакции полимеризации и поликонденсации..

#### 2. Проводниковые материалы

##### 2.1. Проводниковые материалы

Виды проводниковых материалов. Общие сведения о проводниках. Природа проводимости и основные характеристики проводниковых материалов. Классификация проводниковых материалов. Металлы высокой проводимости. Металлы и их сплавы со средним значением температуры плавления. Тугоплавкие металлы. Легкоплавкие металлы. Благородные металлы. Контактные материалы. Физическая природа электропроводности металлов. Теория Друде. Статическая электропроводность. Зависимость удельного электрического сопротивления металлов от температуры и частоты электрического поля. Контактная разность потенциалов. Влияние температуры, концентрации примесей, структурных дефектов на удельное сопротивление металлов Электропроводность металлов на высоких частотах. Электрические характеристики сплавов. Поверхностный эффект в металлах. Сплавы металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного

объемного электрического сопротивления сплава от состава, ТКР сплава. Сплавы высокого сопротивления. Металлы, используемые в качестве нагревательных элементов при высокотемпературном выращивании кристаллов. Сплавы с полной взаимной растворимостью в твердом состоянии и эвтектические сплавы. Физические ограничения для электропроводности металлов и сплавов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и термопары. Сверхпроводимость. Сверхпроводимость и ее применение в науке и технике. Сверхпроводники в магнитных полях. Криопроводники. Лондоновская глубина проникновения, длина когерентности, куперовские пары. Высокотемпературные сверхпроводящие материалы. Эффект Джозефсона. Текстурированная ВТСП керамика..

### 3. Магнитные материалы

#### 3.1. Магнитные материалы

Свойства ферро- и ферромагнетиков. Классификация веществ по магнитным свойствам. Ферро-, антиферро- и ферромагнетизм. Физическая природа ферромагнетизма. Доменные структуры. Намагничивание ферромагнетика. Обменное взаимодействие. Петля гистерезиса. Магнитная проницаемость и ее зависимость от напряженности магнитного поля. Электротехнические стали. Электротехнические стали, имеющие большие индукции насыщения. Литые высококоэрцитивные сплавы. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Сплавы на основе редкоземельных металлов (РЗМ). Получение, свойства и применение ферритов. Магнитные материалы специального назначения. Ферриты для устройств СВЧ. Магниты из порошков. Материалы для магнитной записи. Эффект Фарадея. Магнитооптическая запись информации. Магнитодиэлектрики, ферриты и магнитооптика..

### 4. Полупроводниковые материалы

#### 4.1. Полупроводниковые материалы

Полупроводниковые материалы и их основные свойства. Полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов. Общие сведения о полупроводниках. Кристаллические структуры. Собственные и примесные полупроводники. Легирование. Донорные и акцепторные полупроводники. Полупроводниковые и диэлектрические химические соединения. Полупроводниковые соединения  $АЗВ_5$ ,  $А2В_6$ ,  $А4В_4$ . и их структура. Карбид кремния. Зависимость от температуры основных параметров полупроводников. Электропроводность полупроводников. Подвижность. Выращивание монокристаллов. Эффект Холла. Эффект Пельтье..

#### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

#### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. 6. Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов. (4 часа).;
2. 5. Исследование электрической прочности твердых диэлектриков (4 часа).;
3. 4. Исследование магнитных материалов (4 часа).;
4. 3. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах (4 часа).;
5. 2. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков на переменном токе (температурные зависимости) (4

часа).;

6. 1. Исследование температурной зависимости проводимости композиционных материалов (4 часа)..

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Диэлектрические материалы"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проводниковые материалы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Магнитные материалы"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полупроводниковые материалы"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Диэлектрические материалы"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Проводниковые материалы"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Магнитные материалы"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Полупроводниковые материалы"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)                                          | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                             |                  | 1                                                 | 2 | 3 | 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Знать:</b>                                                                                                               |                  |                                                   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| основные методы определения электрофизических параметров материалов электроэнергетики и электротехники                      | ИД-2ОПК-5        | +                                                 |   |   |   | Отчет/КМ1. Защита лабораторной работы «Определение удельных электрических сопротивлений твердых диэлектриков»<br><br>Отчет/Км-2. Защита лабораторной работы «Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков на частоте 50 Гц»<br><br>Отчет/Км-3. Защита лабораторной работы «Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах»<br><br>Контрольная работа/КМ-4. Контрольная работа №1" Температурные зависимости характеристик диэлектрических материалов»<br><br>Отчет/Км-5. Защита лабораторной работы «Исследование электрической прочности твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов)» |
| различные классы материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике, их параметры и основные физические свойства | ИД-2ОПК-5        |                                                   | + |   |   | Отчет/Км-6. Защита лабораторной работы «Исследование магнитомягких материалов»<br><br>Отчет/Км-7. Защита лабораторной работы «Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                    |                       |  |  |  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--|--|--|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                    |                       |  |  |  |   | материалов"<br>Контрольная работа/км-8. Контрольная работа №2.<br>Темы: Проводниковые материалы, Магнитные материалы, Полупроводниковые материалы                                                                                                                                              |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                      |                       |  |  |  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| рассчитывать электрофизические параметры материалов электроэнергетики и электротехники по данным измерений         | ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> |  |  |  | + | Отчет/Км-7. Защита лабораторной работы «Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов»<br>Контрольная работа/км-8. Контрольная работа №2.<br>Темы: Проводниковые материалы, Магнитные материалы, Полупроводниковые материалы |
| использовать физические законы и математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах | ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> |  |  |  | + | Отчет/Км-6. Защита лабораторной работы «Исследование магнитомягких материалов»                                                                                                                                                                                                                 |

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **4 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Км-2. Защита лабораторной работы «Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков на частоте 50 Гц» (Отчет)
2. Км-3. Защита лабораторной работы «Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах» (Отчет)
3. Км-5. Защита лабораторной работы «Исследование электрической прочности твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов)» (Отчет)
4. Км-6. Защита лабораторной работы «Исследование магнитомягких материалов» (Отчет)
5. Км-7. Защита лабораторной работы «Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов» (Отчет)
6. КМ1. Защита лабораторной работы «Определение удельных электрических сопротивлений твердых диэлектриков» (Отчет)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-4. Контрольная работа №1 " Температурные зависимости характеристик диэлектрических материалов» (Контрольная работа)
2. км-8. Контрольная работа №2. Темы: Проводниковые материалы, Магнитные материалы, Полупроводниковые материалы (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №4)

По установленному алгоритму расчета итоговой оценки

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник для электротехнических и электромеханических специальностей вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2007 . – 535 с. - ISBN 978-5-06-005817-8 .;
2. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы : Учебник для электротехнических и энергетических специальностей вузов / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, В. М. Тареев . – 6-е изд., перераб. – Л. : Энергоатомиздат, 1977 . – 352 с.;

3. Антипов, Б. Л. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы : Учебник для вузов по специальностям электронной техники / Б. Л. Антипов, В. С. Сорокин, В. А. Терехов . – 3-е изд., стереотип . – СПб. : Лань-Пресс, 2003 . – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 5-8114-0410-7 .;
4. Сорокин В. С., Антипов Б. Л., Лазарева Н. П.- "Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (448 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/168852>.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Майнд Видеоконференции;
4. PascalABC;
5. Physical Reference Data;
6. GPSS World Student;
7. 7-zip.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
7. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
8. Журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG - <https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
11. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

| Тип помещения                                                           | Номер аудитории, наименование                                                                       | Оснащение                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-211, Компьютерный класс ИВЦ                                                                       | стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер                                        |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Е-318, Лаборатория электротехнических, радиотехнических материалов и материалов электронной техники | стол преподавателя, стол, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, доска маркерная передвижная, оборудование учебное, инвентарь учебный, стенд учебный |

|                                                           |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | Е-317, Учебная лаборатория электротехнических, радиотехнических материалов и материалов электронной техники | стол преподавателя, стол, стул, шкаф, доска меловая, лабораторный стенд, оборудование учебное, инвентарь учебный                                                                                           |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Е-318, Лаборатория электротехнических, радиотехнических материалов и материалов электронной техники         | стол преподавателя, стол, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, доска маркерная передвижная, оборудование учебное, инвентарь учебный, стенд учебный                              |
| Помещения для самостоятельной работы                      | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой                                              | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный                                                                                                                      |
| Помещения для консультирования                            | Е-310а, Кабинет сотрудников каф. "ФТЭМК"                                                                    | кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, сервер, компьютер персональный, принтер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря  | Е-301/1, Методический кабинет сотрудников каф. "ФТЭМК"                                                      | стол, стул, оборудование специализированное                                                                                                                                                                |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Электротехническое материаловедение

(название дисциплины)

## 4 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 КМ1. Защита лабораторной работы «Определение удельных электрических сопротивлений твердых диэлектриков» (Отчет)
- КМ-2 Км-2. Защита лабораторной работы «Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков на частоте 50 Гц» (Отчет)
- КМ-3 Км-3. Защита лабораторной работы «Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах» (Отчет)
- КМ-4 КМ-4. Контрольная работа №1 " Температурные зависимости характеристик диэлектрических материалов» (Контрольная работа)
- КМ-5 Км-5. Защита лабораторной работы «Исследование электрической прочности твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов)» (Отчет)
- КМ-6 Км-6. Защита лабораторной работы «Исследование магнитомягких материалов» (Отчет)
- КМ-7 Км-7. Защита лабораторной работы «Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов" (Отчет)
- КМ-8 км-8. Контрольная работа №2. Темы: Проводниковые материалы, Магнитные материалы, Полупроводниковые материалы (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины                                      | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 |
|---------------|--------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               |                                                        | Неделя КМ: | 10   | 10   | 10   | 10   | 15   | 15   | 15   | 15   |
| 1             | Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы |            | +    | +    | +    | +    | +    |      |      |      |
| 2             | Проводниковые материалы                                |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Проводниковые материалы                                |            |      |      |      |      |      | +    | +    | +    |
| 3             | Магнитные материалы                                    |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Магнитные материалы                                    |            |      |      |      |      |      | +    |      |      |
| 4             | Полупроводниковые материалы                            |            |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Полупроводниковые материалы                            |            |      |      |      |      |      |      | +    | +    |
| Вес КМ, %:    |                                                        |            | 10   | 10   | 10   | 10   | 15   | 15   | 15   | 15   |