Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Филиал в г.Душанбе (Республика Таджикистан)

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроснабжение. Гидроэлектростанция.

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

УТВЕРЖДАЮ
Директор ДФ НИУ «МЭИ»
_____ Б.А.Абдулкеримов
«_____» _____ 2025г.

Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Блок	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы	**Обязательная часть**
Индекс дисциплины по учебному плану	**Б1.О.21**
Трудоемкость в зачетных единицах	**3 семестр – 4**
Часов (всего) по учебному плану	**144**
Лекции	**3 семестр – 32 часа**
Практические занятия	**Учебным планом не предусмотрены**
Лабораторные работы	**3 семестр – 32 часа**
Консультации по курсовому проекту/ работе:	**учебным планом не предусмотрены**
Самостоятельная работа	**3 семестр – 44 часа**
Промежуточная аттестация: экзамен	**3 семестр – 2,5 часа**
Контроль: экзамен	**3 семестр – 33,5 часа**

Душанбе 2025 г

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Ст. преподаватель кафедры «Электроэнергетика»		Р.С. Ишан-Ходжаев
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

Согласованно:

Зав. кафедрой Электроэнергетики к.т.н., доцент		Х.Б. Назиров
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ 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 и изучение основных электрофизических, оптических, физико-механических характеристик электротехнических материалов.

Задачи дисциплины:

- изучение студентами основных явлений и процессов, происходящих в электротехнических материалах;
- Приобретение студентами знаний о различных классах материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике;
- научить студентов выявлять наиболее существенные физические процессы, протекающие в электротехнических материалах;
- изучение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий тепловых, электрических и магнитных полей, механического воздействия;
- изучение студентами методов измерения основных характеристик электротехнических материалов;
- 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-4 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	ИД-2$_{ОПК-4}$ Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик и методов исследования электротехнических материалов, выбирает электротехнические материалы в соответствии с требуемыми характеристиками	**знать:** – наиболее существенные физические процессы, протекающие в электротехнических материалах с целью оценки влияния, электрических и магнитных полей на параметры этих материалов; – различные классы материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике **уметь:** – прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: температуры, электрических и магнитных полей, освещения и радиационных воздействий, давления; – использовать математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах; – проводить обработку экспериментальных данных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: физика, высшая математика, химия, информатика, основы теории электрических цепей.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Воздушные и кабельные линии электропередач», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети», «Электроснабжение», «Электростанции на основе ВИЭ», «Специальные вопросы проектирования магистральных электропередач СВН»,», специальных дисциплин и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная						СР	Конт-роль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы	36	3	10	–	12	–	–	–	14	–	[1], стр. 5–26, 182-200 или [2], стр. 5–20, 23–51
2	Проводниковые материалы	28	3	8	–	8	–	–	–	12	–	[1], стр. 27–90 или [2], стр. 54;
3	Магнитные материалы	22	3	8	–	4	–	–	–	10	–	[1], стр. 325–349 или [2], стр. 97–130, 137–152;
4	Полупроводниковые материалы	22	3	6	–	8	–	–	–	8	–	[1], стр.91-182 или [2], стр. 153–156, [8], стр. 26–31
	Экзамен	36	3	–	–	–	–	–	2.5	–	33.5	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена
	Итого за семестр	**144**		**32**	**–**	**32**	**–**	**–**	**2.5**	**44**	**33.5**	

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

3.2. Краткое содержание разделов

3-й семестр

Раздел 1. Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы

Введение в курс «Электротехнические материалы»

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 полупровод-
ников. 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 магнито-упорядоченных 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. Термопласты/реактопласты. Композиционные материалы. Слоистые пластики. Свойства текстолитов и гетинаксов.

Раздел 2. 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, ТКρ 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. Выскотемпературные сверхпроводящие материалы. Эффект Джозеффсона. Текстурированная ВТСП керамика.

Раздел 3. Магнитные материалы

Свойства ферро- и ферримагнетиков

Классификация веществ по магнитным свойствам. Ферро-, антиферро- и ферримагнетизм. 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.

Раздел 3. 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 A_3B_5, A_2B_6, A_4B_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

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

3.4. Темы лабораторных работ

3 семестр

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (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	
Знать:						
наиболее существенные физические процессы, протекающие в электротехнических материалах с целью оценки влияния, электрических и магнитных полей на параметры этих материалов;	ИД-2$_{ОПК-4}$	X				защита лабораторных работ №№1,2,3
различные классы материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике	ИД-2$_{ОПК-4}$			X		Защита лабораторной работы №4,5
Уметь:						
прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: температуры, электрических и магнитных полей, освещения и радиационных воздействий, давления	ИД-2$_{ОПК-4}$		X			защита лабораторной работы №5
использовать математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах	ИД-2$_{ОПК-4}$		X		X	Защита лабораторной работы
проводить обработку экспериментальных данных	ИД-2ОПК-4					Защита лабораторных работ №№1-7

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

3-й семестр

– защиты лабораторных работ:

1. Определение объемного электрического сопротивления диэлектриков.
2. Определение поверхностного электрического сопротивления диэлектриков.
3. Определение удельного сопротивления проводников первого рода.
4 Определение удельной электрической проводимости проводников второго рода»
5. Исследование температурной зависимости сопротивления проводников первого рода.
6. Исследование температурной зависимости сопротивления проводников второго рода.
7. Исследование температурной зависимости сопротивления полупроводников.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

3 семестр

Экзамен.

Оценка определяется на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 3 семестр.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. **Пасынков В.В.,** Сорокин В.С. Материалы электронной техники: учебник. 5-е изд., стер.- СПб.: Издательство «Лань», 2003.- 368с.,ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

2. **Серебряков А.С.** Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы. М.: Маршрут, 2005. 280 с.

3. **Серебряков А.С.** Электротехническое материаловедение. Проводниковые, полупровод-никовые и магнитные материалы. М.: ООО «Издательский дом «Транспортная книга», 2008. 370 с.

4. **Электротехническое** материаловедение, материалы электронной техники, радио-материалы и радиокомпоненты: Сборник лабораторных работ, лабораторный практикум / В.Н. Гордеев, Ю.В. Зайцев и др. — М.: Издательский дом МЭИ, 2018. — 78 с. ISBN 978-5-7046-2010-5

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: ОС Windows, Microsoft Office, MathCAD

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

https://rosmintrud.ru/opendata

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/

Базы данных Министерства экономического развития РФ http://www.economy.gov.ru

База открытых данных Росфинмониторинга http://www.fedsfm.ru/opendata

Электронная база данных «Издательство Лань» https://e.lanbook.com

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» https://нэб.рф

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» https://openedu.ru

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" https://www.polpred.com

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии http://protect.gost.ru/

Электронная библиотека МЭИ https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php.

ЭУМК «Электротехническое материаловедение» http://etm.mpei.ru.

Сайт профессора Новосибирского государственного технического университета, д.ф.м.н. Коробейникова С.М. для изучающих курс «Электротехническое материаловедение» http://sermir.narod.ru .

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории.
Для проведения лабораторных занятий по дисциплине используется учебная лаборатория «Электротехническое материаловедение» кафедры Электроэнегетика (аудитория 209). Лабораторный практикум по данной дисциплине включает следующие лабораторные стенды:

- ИДМ-1 Исследование диэлектрических материалов.
- ИПП Исследование проводниковых и полупроводниковых материалов.

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехническое материаловедение

(название дисциплины)

3-й семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Защита лабораторной работы «Определение объемного электрического сопротивления диэлектриков»

КМ-2 Защита лабораторной работы «Определение поверхностного электрического сопротивления диэлектриков»

КМ-3 Защита лабораторной работы «Определение удельного сопротивления проводников первого рода»

КМ-4 Защита лабораторной работы «Определение удельной электрической проводимости проводников второго рода»

КМ-5 Защита лабораторной работы «Исследование температурной зависимости сопротивления проводников первого рода »

КМ-6 Защита лабораторной работы «Исследование температурной зависимости сопротивления проводников второго рода »

КМ-7 Защита лабораторной работы «Исследование температурной зависимости сопротивления полупроводников »

Вид промежуточной аттестации – экзамен

Трудоемкость дисциплины = 4 з.е.

	Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
		Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	3	5	7	9	11	13	15	15
1	Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы.		+	+	+					
			+	+	+					
			+	+	+					
						+				
							+	+	+	
2	Проводниковые материалы						+	+	+	
3	Магнитные материалы						+	+	+	
4	Полупроводниковые материалы									+
	Вес КМ:		10	10	15	15	10	10	15	15