

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Электроснабжения и электротехники»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры электроснабжения и электротехники

Протокол №12 от 18 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ФИЗИКА И ХИМИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Оптимизация развивающихся систем электроснабжения

Квалификация: Магистр

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Потапов Василий Васильевич
Дата подписания: 14.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Шакиров
Владислав Альбертович
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Сулов
Константин Витальевич
Дата подписания: 14.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Физика и химия диэлектриков» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-3 Способен решать инженерные задачи по конструированию, эксплуатации, техническому обслуживанию, реконструкции оборудования. Выявлять технические и технологические недостатки	ПК-3.12
ПК-4 Способен проектировать, производить расчёты и выбирать оборудование систем электроснабжения	ПК-4.16

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-3.12	Знает назначение имеющихся показателей физических и химических свойств электротехнических материалов и как их интерпретировать на практике	Знать - назначение имеющихся показателей физических и химических свойств электротехнических материалов и как их интерпретировать на практике; - методы оценки физических и химических свойств способы улучшения физических и химических свойств; Уметь - проводить в практической деятельности (при наличии информационной базы) оценку возможностей использования физических и химических особенностей электротехнических материалов для производственных нужд; Владеть - способами определения качества физических и химических параметров электротехнических материалов.
ПК-4.16	Способен использовать основные физические и химические законы для выбора оптимальных схем и режимов технологии производства	Знать - основные физические и химические законы для выбора оптимальных схем и режимов технологий производства, переработки, эксплуатации и утилизации электротехнических материалов. Уметь - использовать основные физические и химические законы для выбора оптимальных схем и режимов технологий производства,

		переработки, эксплуатации и утилизации электротехнических материалов; Владеть терминологией
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физика и химия диэлектриков» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Монтаж, наладка и эксплуатация СЭС»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Физика и техника высоких напряжений», «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 1	Учебный год № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	36	72
Аудиторные занятия, в том числе:	16	2	14
лекции	6	2	4
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	10	0	10
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	88	34	54
Трудоемкость промежуточной аттестации	4	0	4
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Зачет		Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Учебный год № 1

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	классификация материалов;	1	1					1	34	Устный опрос
2	механические параметры;	2	1							Устный опрос

	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

Учебный год № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	физико-химические параметры	1	1					1	54	Устный опрос
2	физика проводниковых материалов;	2, 3	2			4	1			Устный опрос
3	физика диэлектриков;	4	1			3, 5, 6	3			Устный опрос
4	поляризация;					7, 8	2			Устный опрос
5	электропроводность;					9, 10	2			Устный опрос
6	диэлектрические потери;									Устный опрос
7	пробой газообразных и жидких диэлектриков;									Устный опрос
8	пробой и перекрытие твердых диэлектриков;									Устный опрос
9	строение и подвижность макромолекул									Устный опрос
10	синтез высокомолекулярных соединений;									Устный опрос
11	определение физических состояний полимеров;									Устный опрос
12	высокоэластичное состояние; стеклообразное состояние; вязкотекучее состояние; технологические свойства и состав пластмасс.									Устный опрос
	Промежуточная аттестация								4	Зачет
	Всего		4				8		58	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 1

№	Тема	Краткое содержание
1	классификация материалов;	Классификация электротехнических материалов. Виды химической связи в электротехнических материалах. Силы Ван-дер-ваальсовской связи. Силы ионной связи. Ковалентная связь. Силы металлической связи. Водородная связь.
2	механические параметры;	Механические параметры электротехнических материалов. Закон Гука. Механические напряжения и деформации, понятие о кристаллической структуре электротехнических материалов. Точечные, линейные и объёмные дефекты кристаллической структуры.

Учебный год № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	физико-химические параметры	Физико-химические параметры. Статистическая физика электронов- вырожденные и невырожденные состояния электронного газа в проводниковых полупроводниковых и диэлектрических материалах. Распределение Максвелл-ла-Больцмана. Распределение Ферми-Дирака. Распределение Бозе-Эйнштейна.
2	физика проводниковых материалов;	Физика проводниковых материалов. Понятие об электронах и дырках. Собственная и примесная электропроводность. Зонная энергетическая диаграмма металлов, полупроводников и диэлектриков. Понятие об энергетическом уровне Ферми. Излучательная и безизлучательная рекомбинация электронов и дырок.
3	физика диэлектриков;	Физика диэлектриков. Основные понятия физики диэлектриков. Органические и неорганические диэлектрики.
4	поляризация;	Поляризация. Поляризация диэлектриков. Электронная поляризация диэлектриков. Ионная поляризация диэлектриков. Дипольная поляризация диэлектриков. Неоднородная-междуслойная поляризация диэлектриков. Полярные и не полярные диэлектрики. Электрическое поле Лоренца. Сфера Лоренца Уравнение Клаузиуса-Мосотти для неполярных газов и жидкостей. Уравнение Клаузиуса-Мосотти для полярных жидкостей.
5	электропроводность;	Электропроводность. Электропроводность газов. Коэффициент ударной ионизации Таунсенда. Несамостоятельная электропроводность газов. Самостоятельная электропроводность газов. Электропроводность жидких диэлектриков. Явление электрофореза жидких диэлектриках. Электропроводность твёрдых диэлектриков.

		Электропроводность ионных кристаллов. Опыт Тубандта. Электропроводность полимерных диэлектриков.
6	диэлектрические потери;	Диэлектрические потери. Понятие о тангенсе угла диэлектрических потерь. Представление диэлектрических потерь с помощью последовательной и параллельной RC –цепочек.
7	пробой газообразных и жидких диэлектриков;	Пробой газообразных и жидких диэлектриков. Виды пробоя диэлектриков. Электрический пробой. Тепловой пробой. Электрохимический пробой. Мостиковая теория пробоя трансформаторного масла.
8	пробой и перекрытие твердых диэлектриков;	Пробой и перекрытие твердых диэлектриков. Влияние загрязнения поверхности на пробой и перекрытие твёрдых диэлектриков.
9	строение и подвижность макромолекул	Строение и подвижность макромолекул. Валентный угол, межатомное расстояние и подвижность полимерной цепи.
10	синтез высокомолекулярных соединений;	Синтез высокомолекулярных соединений. Каталитический и некаталитический синтез полиэтилена. Полиэтилен высокого давления - низкой плотности-ПЭВД. Полиэтилен низкого давления-высокой плотности-ПЭНД.
11	определение физических состояний полимеров;	физические состояния полимеров.
12	высокоэластичное состояние; стеклообразное состояние; вязкотекучее состояние; технологические свойства и состав пластмасс.	Высокоэластичное состояние. Стеклообразное состояние. Вязкотекучее состояние. Технологические свойства и состав пластмасс.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Учебный год № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет энергии диполь-дипольного взаимодействия. Межмолекулярные силы взаимодействия.	1
2	Расчет электронной и ионной поляризуемости молекул диэлектрика.	1
3	Расчет энергии активации диэлектрической релаксации	1

4	Ток абсорбции в диэлектриках. Расчет поверхностной плотности заряда и постоянной времени спада тока	1
5	Особенности диэлектрической релаксации в полимерных диэлектриках	1
6	Расчет электрической прочности диэлектриков.	1
7	Расчет напряжения перекрытия изоляторов (семинар)	1
8	Расчёт параметров частичных разрядов в полимерной изоляции.	1
9	Расчёт коэффициента ударной ионизации Таунсенда-	1
10	Выполнить расчёт для напряженности поля электрического газового коронного разряда - ЭГКР.	1

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 1

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Проработка разделов теоретического материала	34

Учебный год № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	54

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

работа № 1

Расчет энергии диполь-дипольного взаимодействия. Межмолекулярные силы взаимодействия.

Цель занятия: Выполнить расчёт энергии диполь-дипольного взаимодействия.

Задание на занятие: 1. Записать, формулу для энергии диполь- дипольного взаимодействия –(по указанию преподавателя подставить расчётную формулу размера межатомных расстояний).

работа № 2

Расчет электронной и ионной поляризуемости молекул диэлектрика.

Цель занятия: Выполнить расчёт электронной и ионной поляризуемости молекул диэлектрика.

Задание на занятие: Рассчитать электронную и ионную поляризуемость молекулы NaCl.

работа № 3 Расчет энергии активации диэлектрической релаксации

Цель занятия: Выполнить расчёт энергии активации диэлектрической релаксации в полимерных диэлектриках.

Задание на занятие: Выполнить расчёт энергии активации диэлектрической релаксации в полиэтилене и поливинилхлориде.

работа № 4

Ток абсорбции в диэлектриках. Расчет поверхностной плотности заряда и постоянной времени спада тока

Цель занятия: Определить поверхностную плотность абсорбированного заряда и постоянную времени релаксации абсорбционного тока в полимерном диэлектрике.

Задание на занятие: Выполнить расчёт поверхностную плотность абсорбированного заряда и постоянную времени релаксации абсорбционного тока в полимерных диэлектриках- (ПЭ и ПВХ).

работа № 5

Особенности диэлектрической релаксации в полимерных диэлектриках

Цель занятия: Сравнить время релаксации абсорбционного заряда в высокоомных и низкоомных полимерных диэлектриках.

Задание на занятие: Выполнить расчёт времени релаксации абсорбционного заряда высокоомного- ПЭ и низкоомного-ПВХ.

работа № 6

Расчет электрической прочности диэлектриков.

Цель занятия: Определить электрическую прочность полиэтилена.

Задание на занятие: Выполнить расчёт электрической прочности полиэтилена.

работа № 7

Расчет напряжения перекрытия изоляторов (семинар)

Цель занятия: Рассчитать напряжение перекрытия гирлянды изоляторов.

Задание на занятие: Выполнить расчёт напряжения перекрытия изоляторов.

работа № 8

Расчёт параметров частичных разрядов в полимерной изоляции.

Цель занятия: Рассчитать кажущийся заряд и частоту следования ЧР.

Задание на занятие: Выполнить расчёт кажущегося заряда и частоты следования ЧР в полиэтиленовой кабельной изоляции.

работа № 9

Расчёт коэффициента ударной ионизации Таунсенда- .

Цель занятия: Рассчитать коэффициент ударной ионизации Таунсенда- .

Задание на занятие: Выполнить расчёт коэффициента ударной ионизации Таунсенда- на основании зависимости .

работа № 10

Выполнить расчёт для напряженности поля электрического газового коронного разряда - ЭГКР.

Цель занятия: Рассчитать напряженности поля электрического газового коронного разряда - ЭГКР для коронирующего провода.

Задание на занятие: Выполнить расчёт напряженности поля электрического газового коронного разряда - ЭГКР для коронирующего провода при нормальном атмосферном давлении-(диаметр провода выбрать по указанию преподавателя)

работа № 11

С помощью формулы Пика выполнить расчёт для напряженности поля электрического газового коронного разряда - ЭГКР

Цель занятия: Рассчитать напряженности поля электрического газового коронного разряда - ЭГКР для коронирующего провода.

Задание на занятие: Выполнить расчёт напряженности поля электрического газового коронного разряда - ЭГКР для коронирующего провода при пониженном атмосферном

давлении - (давление газа и диаметр провода выбрать по указанию преподавателя)
работа № 12

С помощью закона Пашена выполнить расчёт пробивного напряжения воздуха при нормальном давлении.

Цель занятия: Рассчитать напряжение пробоя воздушного промежутка при нормальном давлении.

Задание на занятие: Выполнить расчёт напряжения пробоя воздушного промежутка при нормальном давлении.

работа № 13

Выполнить расчёт пробивного напряжения воздуха при пониженном давлении.

Цель занятия: Рассчитать напряжение пробоя воздушного промежутка при пониженном давлении.

Задание на занятие: Выполнить расчёт напряжения пробоя воздушного промежутка при пониженном давлении.

работа № 14

Рассчитать электретную разность потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда.

Цель занятия: Рассчитать электретную разность потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в полиэтиленовой плёнке.

Задание на занятие: Выполнить расчёт электретную разность потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в полиэтиленовой плёнке (толщина плёнки и поверхностная плотность абсорбционного заряда по указанию преподавателя).

работа № 15

Рассчитать электретную разность потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда.

Цель занятия: Рассчитать электретную разность потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в плёнке ПВХ .

Задание на занятие: Выполнить расчёт электретную разность потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в плёнке ПВХ (толщина плёнки и поверхностная плотность абсорбционного заряда по указанию преподавателя).

работа № 16

Рассчитать время релаксации для электретной разности потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в полиэтилене.

Цель занятия: Рассчитать время релаксации для электретной разности потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в полиэтилене

Задание на занятие: Выполнить расчёт времени релаксации для электретной разности потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в полиэтилене

работа № 17

Рассчитать время релаксации для электретной разности потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в ПВХ.

Цель занятия: Рассчитать время релаксации для электретной разности потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в ПВХ

Задание на занятие: Выполнить расчёт времени релаксации для электретной разности потенциалов – $U_{\text{э}}$ абсорбционного заряда в ПВХ.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

1. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам.

Подготовка к практическим занятиям заключается в самостоятельной теоретической подготовке студента по теме практического занятия с использованием методических пособий, учебной литературы.

Подготовка к лабораторным работам включает самостоятельную теоретическую подготовку к лабораторной работе, в том числе изучение описания лабораторной

установки (оборудования), составление краткого конспекта, подготовку таблиц измеряемых величин. Оформление отчетов по лабораторным работам. Отчет по лабораторной работе должен быть оформлен после выполнения лабораторной работы и должен быть представлен для защиты лабораторной работы.

2. Промежуточный контроль знаний проводится в виде тестирования, устных и письменных опросов и предусматривает предварительную работу студента с учебными материалами, конспектами лекций, с использованием теоретических) и практических материалов, а также дополнительной учебной литературы и ресурсов Интернета.

3. Самостоятельное изучение разделов курса включает в себя работу с источниками, которую необходимо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения. В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к рассматриваемым темам) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала.

4. Подготовка к зачету, экзамену способствует закреплению знаний, полученных во время лекций, практических занятий и лабораторных работ. Для этого необходимо использовать контрольные вопросы, которые помогут выявить пробелы в знаниях по дисциплине.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 учебный год 1 | Устный опрос

Описание процедуры.

выборочный устный опрос во время занятий

Критерии оценивания.

1) полнота и правильность ответа;

2) степень осознанности, понимания изученного;

При ответе в полном объеме, студент оценивается как «хорошо», при частичном (50% ответа) – «удовлетворительно», при отсутствии правильных ответов – «неудовлетворительно».

6.1.2 учебный год 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

выборочный устный опрос во время занятий

Критерии оценивания.

1) полнота и правильность ответа;

2) степень осознанности, понимания изученного;

При ответе в полном объеме, студент оценивается как «хорошо», при частичном (50% ответа) – «удовлетворительно», при отсутствии правильных ответов –

«неудовлетворительно».

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-3.12	Знает: функциональные свойства электротехнических и конструкционных материалов и их основные параметры, принцип функционирования электротехнических и конструкционных материалов, их типы и основные конструктивные и эксплуатационные характеристики, области применения. Умеет: определить оптимальный состав электротехнических и конструкционных материалов в зависимости от конструкции и назначения электротехнических устройств, а также провести расчет их основных характеристик. проводить в практической деятельности (при наличии информационной базы) оценку возможностей использования физических и химических особенностей электротехнических материалов для производственных нужд; ориентироваться, выбирая из множества показателей наиболее подходящие для исследуемого объекта и методы для расчёта этих показателей;	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практического задания
ПК-4.16	знает: физические процессы электрического пробоя в различных средах, принципы выполнения и испытания изоляции высокого напряжения; умеет: формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета с его	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практического задания

	публичной защитой; владеет: навыками проведения стандартных испытаний электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; методами испытаний электрической изоляции	
--	--	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 2, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен (зачет) по курсу проводятся в письменной или устной форме. Экзаменационный билет содержит теоретический вопрос и задачи. По теоретическому вопросу и каждой задаче выставляется оценка по пятибалльной системе.

Пример задания:

- классификация материалов;
- механические параметры;
- физико-химические параметры;
- физика проводниковых материалов;
- физика диэлектриков;
- поляризация;
- электропроводность;
- диэлектрические потери;
- пробой газообразных и жидких диэлектриков;
- пробой и перекрытие твердых диэлектриков;
- строение и подвижность макромолекул;
- синтез высокомолекулярных соединений;
- определение физических состояний полимеров;
- высокоэластичное состояние;
- стеклообразное состояние;
- вязкотекучее состояние;
- технологические свойства и состав пластмасс.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
результаты обучения соответствуют основным требованиям	результаты обучения не соответствуют основным требованиям, большая часть материала не усвоена

7 Основная учебная литература

1. Новиков Г. К. Физика диэлектрических материалов : учебное пособие / Г. К. Новиков, 2006. - 53.

2. Основы электротехнологий [Электронный ресурс] : методические указания по курсовому проектированию "Расчет основных параметров дуговых печей" / Иркут. гос. техн. ун-т; сост. Новиков Г. К., Бардаков В. М. Ч. 1, 2001. - 17.
3. Новиков Г. К. Плазменные электротехнологии сшивания и контроля дефектности полиолефиновой кабельной изоляции : монография / Г. К. Новиков, 2009. - 135.
4. Новиков Г. К. Электрические свойства полимеров [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. К. Новиков, В. В. Потапов, К. В. Суслов, 2012. - 79.
5. Новиков Г. К. Диагностика кабельных линий : учебное пособие / Г. К. Новиков, В. В. Потапов, К. В. Суслов, 2013. - 51.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Новиков Г. К. Плазмифизические электротехнологии модификации полиолефиновой кабельной изоляции : монография / Г. К. Новиков, 2007. - 103.
2. Новиков Г. К. Плазменные электротехнологии модификации и контроля дефектности полиолефиновой кабельной изоляции : монография / Г. К. Новиков, 2008. - 119.
3. Новиков Г. К. Кабельная изоляция и кабельная техника : учеб. пособие / Г. К. Новиков, А. С. Жданов, С. И. Добрецкий, 2005. - 153.
4. Новиков Г. К. Электротехнология синтеза озона : монография / Г. К. Новиков, В. В. Федчишин, 2011. - 87.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 316452 Прибор УПУ-10
2. 5063Термокамера ТК-500
3. 15224 Ячейка ЭС-1т
4. 12541 Сушильный шкаф