

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.18
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 39,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

(подпись)

П.С. Остапенков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сафин А.Р.
	Идентификатор	Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814

(подпись)

А.Р. Сафин

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины является формирование знаний по классификации, назначению и применению радиоматериалов и радиокомпонентов. Понимание физической сущности процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации. Изучение основных электрофизических, оптических, материалов. Изучение физических процессов и явлений, протекающих в радиоматериалах и радиокомпонентах

Задачи дисциплины

- приобретение студентами знаний о различных классах материалов, используемых в электронике и нанoeлектронике;
- научить студентов выявлять наиболее существенные физические процессы, протекающие в радиоматериалах и радиокомпонентах;;
- изучение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: температуры, электрических и магнитных полей и освещения;;
- изучение студентами основных явлений и процессов, происходящих в радиоматериалах и радиокомпонентах;;
- изучение студентами методов измерения электрофизических характеристик радиоматериалов и радиокомпонентов;
- приобретение студентами знаний в области материалов электронной техники 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-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-2 _{ОПК-1} Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - основные параметры и физические свойства диэлектрических, проводящих и полупроводниковых материалов; - различные классы материалов, используемых в электронике и нанoeлектронике. уметь: - рассчитывать электрофизические параметры материалов электронной техники по данным измерений; - использовать физические законы и математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, 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 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Диэлектрические материалы	18	3	4	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Диэлектрические материалы"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</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 "Диэлектрические материалы" материалу.</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание</p>
1.1	Диэлектрические материалы	18		4	4	-	-	-	-	-	-	-	10	

													индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Проводниковые материалы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 54-79 [2], 57-101
3	Магнитные материалы	18	4	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Магнитные материалы" <u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Магнитные материалы и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Магнитные материалы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и
3.1	Магнитные материалы	18	4	4	-	-	-	-	-	-	10	-	

													задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Магнитные материалы" материалу. <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Магнитные материалы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 88-122 [2], 122-154
4	Полупроводниковые материалы	17.7	4	4	-	-	-	-	-	-	9.7	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Полупроводниковые материалы"
4.1	Полупроводниковые материалы	17.7	4	4	-	-	-	-	-	-	9.7	-	<u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые материалы" <u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:

													<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Полупроводниковые материалы и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Полупроводниковые материалы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</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.</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 125-176 [2], 156-187</p>
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	72.0	16	16	-	-	-	-	-	0.3	39.7	-	
	Итого за семестр	72.0	16	16	-	-	-	-	-	0.3	39.7	-	

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

1.1. Диэлектрические материалы

Тангенс угла диэлектрических потерь. Виды диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость и ее связь с уравнениями Максвелла. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного электрического поля для различных типов диэлектриков. Схемы замещения диэлектриков. Эквивалентные схемы диэлектриков на высоких частотах. Виды диэлектрических потерь. Электропроводность диэлектриков. Основные методы исследования диэлектриков и определения их параметров. Керамические диэлектрики. Керамические диэлектрики, основы технологии их изготовления. Оксиды кремния, алюминия, шпинели, перовскиты и гранаты. Альтернативные диэлектрики для микросхем. Дискретные резисторы и конденсаторы. Неорганические стекла, ситаллы. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. 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. Пробой диэлектриков. Физические процессы в диэлектриках при электрическом, тепловом, и электрохимическом механизмах пробоя..

2. Проводниковые материалы

2.1. Проводниковые материалы

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. Электропроводность на постоянном токе. Зависимость удельного электрического сопротивления металлов от температуры и частоты электрического поля. Влияние структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электропроводность металлов на высоких частотах. Поверхностный эффект в металлах. Теория проводимости Зоммерфельда (модель свободных электронов). Система состояний в k -пространстве (пространстве импульсов). Система свободных электронов в основном состоянии. Характеристики основного состояния системы свободных электронов. Объяснение разделения веществ на проводники и изоляторы. Энергетический спектр электронов в металлах. Распределение частиц по энергиям. Кинетика электронов и уравнение Больцмана. Уровень Ферми. Скорость электронов в металле. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного объемного электрического сопротивления сплава от состава. 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. Сопротивление тонких металлических пленок. Размерные эффекты. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и термопары..

3. Магнитные материалы

3.1. Магнитные материалы

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 и температуры. Температура Кюри. 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). Магнитодиэлектрики. 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. Ферриты. Оксидные магнитные материалы на основе шпинелей. Переходная группа железа и роль 3d электронов в формировании магнитных свойств. Железоиттриевые гранаты. Лантаноиды и 4f-электроны в гранатах, легированных редкоземельными элементами. Алюмоиттриевые гранаты, образование 2S+1LJ уровней и их роль в формировании магнитных и оптических свойств. Материалы для твердотельных лазеров. Лазерные кристаллы..

4. Полупроводниковые материалы

4.1. Полупроводниковые материалы

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 A₃B₅, A₂B₆, A₄B₄ и их структура. Карбид кремния. Электропроводность полупроводников. Подвижность. Выращивание монокристаллов. Эффект Холла. Эффект Пельтье. Макроскопическая электродинамика. Единицы измерения частот электромагнитных волн. Экспериментальное определение оптических параметров. Соотношения Крамерса-Кронига. Спектр поглощения света. Микроскопическая теория диэлектрической функции. Собственное поглощение света при прямых переходах. Прямой край поглощения. Собственное поглощение света при не прямых переходах Экситонное поглощение света. Поглощение света свободными носителями заряда. Примесное поглощение. Решеточное поглощение и отражение. Спектроскопия рассеяния света. Спонтанное и вынужденное излучение атомов. Спектроскопия излучения. Люминесценция полупроводников. Стимулированное излучение в полупроводниках. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Внутренний фотоэффект. Фотопроводимость. Релаксация фотопроводимости..

3.3. Темы практических занятий не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа. Исследование магнитных материалов;
2. Лабораторная работа. Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов;
3. Лабораторная работа. Исследование электрической прочности твердых диэлектриков.;
4. Лабораторная работа. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.

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 (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:						
различные классы материалов, используемых в электронике и нанoeлектронике	ИД-2ОПК-1		+			Лабораторная работа/КМ-2 Лабораторная работа. Исследование электрической прочности твердых диэлектриков.
основные параметры и физические свойства диэлектрических, проводящих и полупроводниковых материалов	ИД-2ОПК-1	+				Лабораторная работа/КМ-1. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь
Уметь:						
использовать физические законы и математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах	ИД-2ОПК-1			+		Лабораторная работа/км-3 – Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов
рассчитывать электрофизические параметры материалов электронной техники по данным измерений	ИД-2ОПК-1				+	Лабораторная работа/км-4. Исследование магнитных 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

3 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-1. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь (Лабораторная работа)
2. КМ-2 Лабораторная работа. Исследование электрической прочности твердых диэлектриков. (Лабораторная работа)
3. км-3 – Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов (Лабораторная работа)
4. км-4. Исследование магнитных материалов (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. 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.;
2. Н. С. Легостаев- "Материалы электронной техники", Издательство: "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники", Томск, 2014 - (239 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480508>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. GPSS World Student.

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

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Н-202, Лекционная учебная аудитория	парта со скамьей, трибуна, доска меловая, экран, колонки
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, 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
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
	Б-318, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Радиоматериалы и радиокомпоненты

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь (Лабораторная работа)
- КМ-2 КМ-2 Лабораторная работа. Исследование электрической прочности твердых диэлектриков. (Лабораторная работа)
- КМ-3 км-3 – Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов (Лабораторная работа)
- КМ-4 км-4. Исследование магнитных материалов (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Диэлектрические материалы					
1.1	Диэлектрические материалы		+			
2	Проводниковые материалы					
2.1	Проводниковые материалы			+		
3	Магнитные материалы					
3.1	Магнитные материалы				+	
4	Полупроводниковые материалы					
4.1	Полупроводниковые материалы					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25