

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»
Профиль «Промышленная электроника»
РПД Б1.О.11 «Материалы и компоненты электронной техники»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
по учебно-методической работе
филиала ФГБОУ ВО
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

В.В. Рожков

« 25 » 08 20 18 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Материалы и компоненты электронной техники**
(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность): **11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»**

Профиль: **«Промышленная электроника»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2018**

Смоленск

Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 927

Программу составил:

д-р техн. наук, профессор

подпись

Чернышев В.А.

ФИО

«26» июня 2018 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Теоретических основ электротехники»
«28» июня 2018 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой «Теоретических основ электротехники»:

к.т.н., доцент

подпись

Чернов В.А.

«02» июля 2018 г.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:

подпись

Якименко Игорь Владимирович

ФИО

«02» июля 2018 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

Зуева Елена Владимировна

ФИО

«02» июля 2018 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью является подготовка обучающихся к общепрофессиональной деятельности по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачи: является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Б1.О.11 «Материалы и компоненты электронной техники» относится к обязательной части программы.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Б1.О.04 «Высшая математика».

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной: Б1.О.10 «Методы анализа электрорадиоцепей», Б1.О.12 «Физические основы электроники», Б1.О.15 «Теория автоматического управления», Б1.О.16 «Математическое моделирование электронных цепей», Б1.О.18 «Цифровая обработка сигналов».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1 Использует положения, законы и методы естественных наук для решения задач инженерной деятельности	Знает: современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности. Умеет: организовывать метрологического обеспечение производства материалов и изделий электронной техники. Владет: способностью выполнять задания в области сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
	ОПК-1.2 Использует положения, законы и методы математики для решения задач инженерной деятельности	Знает: современные методы обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по тематике исследования, возможности использования достижений отечественной и зарубежной науки, техники и технологии. Умеет: собирать, анализировать и систематизировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по тематике исследования в области электроники и

		нанoeлектроники. Владеет: готовностью к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий электронной техники.
--	--	---

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»
 Профиль «Промышленная электроника»
 РПД Б1.О.11 «Материалы и компоненты электронной техники»



4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины:

Индекс	Наименование	Форма контроля							з.е.		Итого акад. часов	Курс 1																				
		Экзамен	Зачет	Зачет с оц.	КП	Реферат	РГР	Экспертное	Факт	Часов в з.е.		Экспертное	По плану	Контакт часы	СР	Контроль	Сем. 1								Сем. 2							
																	з.е.	Итого	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Контроль	з.е.	Итого	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Контроль
Б1.О.11	Материалы и компоненты электронной техники	2					2	4	4	36	144	144	42	66	36									4	144	16	26			66	36	

ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз — экзамен;

ЗаО — зачет с оценкой;

За — зачет;

Виды работ:

Контакт. — контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. — лекционные занятия;

Лаб. — лабораторные работы;

Пр. — практические занятия;

КРП — курсовая работа (курсовой проект);

РГР — расчетно-графическая работа (реферат);

СР — самостоятельная работа студентов;

з.е. — объем дисциплины в зачетных единицах.

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>лекционные занятия 8 шт. по 2 часа:</p> <p>1.1. Введение. Строение твердого тела, дефекты кристаллической структуры и их роль в формировании свойств материалов. Классификация МЭТ исходя из зонной теории твердого тела. Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость и ее зависимость от различных факторов. Электрострикция и ее практические приложения. ϵ композиционных материалов. Постоянная времени саморазряда конденсатора.</p> <p>1.2. Электропроводность диэлектриков. Основные понятия и определения. Токи смещения, абсорбции и сквозной проводимости. Электропроводность газообразных жидких и твердых диэлектриков. Физическая сущность диэлектрических потерь. Угол диэлектрических потерь. Виды диэлектрических потерь. Векторная диаграмма токов. Зависимость ДП от температуры, частоты приложенного напряжения, влажности. Диэлектрические потери в композиционных материалах.</p> <p>1.3. Пробой диэлектриков. Основные представления о пробое диэлектриков. Механизм пробоя газообразных диэлектриков. Пробой газа в однородном и неоднородном электрическом поле. Зависимость $E_{пр}$ от давления и температуры. Пробой жидких диэлектриков. Влияние примесей. Пробой твердых диэлектриков: электрический, электротепловой, электрохимический ионизационный.</p> <p>1.4. Компоненты электронной техники, основанные на физических процессах, протекающих в диэлектрических материалах. Конденсаторы постоянной и переменной емкости, номинальные значения емкости. Типы конденсаторов постоянной емкости: бумажные, металлобумажные, слюдяные, полистирольные, керамические, стеклоэмалевые, электролитические. Номиналы рабочих напряжений. Диэлектрические усилители, диэлектрические трансформаторы, диэлектрические двигатели (микродвигатели в силовых микроскопах). Электреты и их классификация по способу получения. Приборы на их основе (микрофоны, дозиметры, источники опорных напряжений). Диэлькометры и электролитические гигрометры. Стабилитроны – диоды, предназначенные для работы в режиме пробоя. Прямой и обратный пьезоэффекты и приборы на их основе.</p> <p>1.5. Классификация диэлектрических материалов по агрегатному состоянию, поведению в электрическом поле, применению. Основные характеристики газообразных и жидких диэлектрических материалов. Особенности и области применения. Твердые органические диэлектрические материалы. Термопласты и реактопласты. Полярные и не полярные полимерные материалы, получаемые с помощью реакции полимеризации и поликонденсации. Кремний органические диэлектрики. Пластмассы и слоистые пластики. Лаки, эмали, компаунды. Эластомеры: резина, эбонит, эскапон. Волокнистые материалы, лакокраски.</p> <p>1.6. Твердые неорганические материалы. Слюда и материалы на ее основе. Неорганические стекла. Основные характеристики. Области применения. Типы технических стекол. Методы получения изделий Ситаллы. Электрокерамические материалы и изделия. Виды керамики по назначению. Методы получения изделий из керамики. Высокочастотная и низкочастотная керамика. Активные диэлектрики. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы квантовой электроники.</p> <p>1.7. Полупроводниковые материалы. Общие сведения и классификация. Собственные и примесные полупроводники. Их электропроводность. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры. Фотопроводимость. Пробой р-п – перехода. Свойства и технология получения полупроводниковых материалов. Проводниковые материалы. Их проводимость, зависимость ее от температуры, структуры и химического состава. Классификация проводниковых материалов. Сверхпроводники и криопроводники.</p> <p>1.8. Классификация магнитных материалов. Природа ферромагнетизма. Магнитные свойства ферромагнетиков. Магнитная анизотропия. Магнитоэлектрики. Механизмы намагничивания и магнитный гистерезис. Магнитные потери. Магнитомягкие материалы, их свойства и область</p>

	практического применения. Магнитотвердые материалы, их свойства и область применения.
2	<p>лабораторные работы 6 шт. по 4 часа и 2 часа на защиту:</p> <p>2.1. Электропроводность жидких диэлектриков. Изучение полевой и температурной зависимости проводимости жидких диэлектрических материалов. Определение параметров электропереноса в жидких диэлектрических средах.</p> <p>2.2. Электропроводность твердых диэлектриков. Изучение зависимости проводимости твердых диэлектрических материалов от температуры и напряженности электрического поля. Собственная и примесная проводимость. Значения их энергетических параметров.</p> <p>2.3. Электрическая прочность газообразных и жидких диэлектриков. Изучение процессов развития высокопроводящих каналов в газообразных и диэлектрических средах под действием электрических полей высокой напряженности.</p> <p>2.4. Пробой твердых диэлектриков. Изучение зависимостей электрической прочности и пробивного напряжения твердых диэлектриков при изменении толщины и температуры диэлектриков.</p> <p>2.5. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери диэлектриков. Изучение зависимости ϵ и $\text{tg}\delta$ от температуры и величины приложенного электрического поля. Мощность диэлектрических потерь в твердых и жидких диэлектрических материалах. Ионизационные потери в диэлектриках с воздушными порами.</p> <p>2.6. Электропроводность проводниковых и полупроводниковых материалов. Изучение процессов электропереноса в проводниковых и п/проводниковых материалах. Фотопроводимость п/п.</p> <p>2.7. Защита работ.</p>
3	расчетно-графическая работа на тему: «Материалы и компоненты электронной техники».
4	<p>самостоятельная работа студентов:</p> <p>4.1. Проработка лекционного материала.</p> <p>4.2. Подготовка к выполнению лабораторных работ, подготовка и оформление отчета по лабораторным работам.</p> <p>4.5. Подготовка к допуску и защите лабораторных работ.</p> <p>4.6. Выполнение расчетно-графической работы.</p>

Текущий контроль: опрос при допуске к выполнению лабораторных работ; защита лабораторных работ. Защита расчетно-графической работы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебных занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Лекции	Интерактивная лекция (лекция-визуализация).
2.	Лабораторная работа	<p>Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально.</p> <p>Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде).</p> <p>Допуск к лабораторной работе.</p>
3.	Самостоятельная работа сту-	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к

	дентов (внеаудиторная)	ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине).
4.	Контроль (промежуточная аттестация: экзамен)	Технология устного опроса.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

1. Дайте определение диэлектрика.
2. Что является количественной характеристикой (мерой) способности диэлектрика поляризоваться?
3. Что такое поляризация и в чём она проявляется?
4. Какие существуют механизмы поляризации?
5. Как связана частотная зависимость ϵ с механизмами поляризации?
6. Что является количественной мерой электропроводности?
7. Какими параметрами пользуются на практике для характеристики электропроводности?
8. Дайте определение подвижности носителей зарядов.
9. Какие токи протекают в диэлектрике?
10. Дайте определение $r_{\text{вирс}}$. В каких единицах они измеряются?
11. Как понимать потери в диэлектриках и в чём выражается это явление?
12. Назовите причины возникновения потерь в диэлектриках.
13. Что является количественным параметром, характеризующим потери в диэлектрике?
14. Что такое угол и тангенс угла диэлектрических потерь?
15. Изобразите схемы замещения диэлектриков и соответствующие им векторные диаграммы токов и напряжений.
16. Назовите условия эквивалентности схем замещения реальным диэлектрикам.
17. Для чего используются схемы замещения?
18. Что такое пробой диэлектрика? Дать определение.
19. Перечислите и охарактеризуйте механизмы пробоя диэлектриков.
20. Что является количественным параметром, характеризующим явление пробоя и в каких единицах он измеряется
21. Дайте определение термина «диэлектрические материалы» (ДМ).
22. Как подразделяются ДМ по агрегатному состоянию?
23. Назовите достоинства газообразных ДМ и области их применения.
24. Перечислите классы основных жидких ДМ.

25. Каковы методы получения полимерных ДМ?
26. Перечислите основные полимерные термопластичные ДМ.
27. Где в основном применяют полимерные терморезистивные материалы?
28. Какими свойствами и параметрами отличаются термопластичные и терморезистивные ДМ?
29. Каковы области применения пластмасс, пенопластов, эластомеров, компаундов?
30. Как классифицируются лаки по применению?
31. Перечислите основные типы волокнистых ДМ.
32. Каков основной недостаток волокнистых ДМ и как он устраняется?
33. Что такое слоистые пластики, как они называются и получают?
34. Перечислите основные классы неорганических ДМ.
35. Где применяются слюдяные ДМ?
36. Перечислите типы технических стёкол.
37. Что такое ситаллы и где они применяются?
38. Какие типы керамики используются в электротехнических изделиях и для чего?
39. Какие типы керамики выделяют по применению и по какому параметру их подразделяют?
40. Каковы основные операции процесса изготовления керамических изделий?
41. Перечислите наиболее известные типы активных ДМ.
42. Какие материалы и для чего используются в квантовой электронике?
43. Для каких целей применяются твердые и жидкие диэлектрические материалы?
44. Чем изолируются обмоточные провода?
45. Чем изолируются гибкие монтажные провода?
46. Какие ДМ используют в качестве диэлектриков для конденсаторов?
47. Какие существуют типы бумажных конденсаторов?
48. На какие номиналы рассчитаны бумажные и металлобумажные конденсаторы?
49. Какие существуют типоразмеры слюдяных конденсаторов и каков диапазон их номиналов?
50. Перечислите наиболее распространённые типы электролитических конденсаторов. Из каких материалов они изготавливаются?
51. Каков диапазон номиналов электролитических конденсаторов?
52. Какие ДМ используют для конструктивных изделий?
53. Перечислите основные конструктивные изделия из ДМ.
54. Что такое полупроводник? Определение.
55. Что такое собственный, примесный полупроводник?
56. Нарисуйте энергетические диаграммы собственных и примесных полупроводников.
57. Какими носителями заряда обеспечивается электропроводность собственных и примесных полупроводников?
58. Что такое основные и неосновные носители зарядов в полупроводниках?
59. Что такое подвижность носителей заряда и в каких единицах она измеряется?
60. Какие существуют основные механизмы рассеяния носителей заряда и как зависит подвижность носителей зарядов от температуры?
61. Напишите формулы для расчёта удельной проводимости собственных и примесных полупроводников.
62. Что такое уровень Ферми и где он расположен на энергетической диаграмме для собственных и примесных полупроводников при $T = 0\text{K}$?
63. Почему энергетическое положение электронов примесных атомов изображается на энергетической диаграмме в виде отдельного уровня, а не энергетической зоной?

64. Изобразите температурную зависимость уровня Ферми для собственного полупроводника.
65. Как следует понимать термины «температура истощения примеси T_s » и «температура перехода к собственной проводимости T_i »?
66. Что такое энергия активации собственной и примесной проводимости? Чему равны эти энергии?
67. Что такое фотопроводимость полупроводников и за счёт чего появляются фотоносители?
68. Чему равна энергия активации фотоносителей в собственном полупроводнике?
69. Как зависит фототок насыщения от интенсивности светового потока?
70. Что такое квантовый выход фотоэлектронов?
71. Объясните, почему зависимость фототока от напряжения между электродами нелинейна?
72. Что такое красная граница фотоэффекта?
73. Как влияет электрическое поле на электропроводность полупроводников?
74. В каких приборах используется явление электропроводности полупроводников под действием внешнего электрического поля?
75. Перечислите химические элементы, являющиеся простыми полупроводниками.
76. Назовите наиболее известные полупроводниковые химические соединения.
77. Дайте сравнительную характеристику свойств германия и кремния.
78. В чем сущность метода выращивания монокристаллов из расплава?
79. Перечислите методы выращивания монокристаллов из газовой фазы.
80. Для чего нужна очистка монокристаллов полупроводников и как она осуществляется?
81. Назовите наиболее известные полупроводниковые приборы.
82. Какие полупроводниковые материалы используют для изготовления мощных диодов и транзисторов?
83. Какие материалы используют для изготовления ВЧ- и СВЧ-транзисторов?
84. Какие элементы электроники изготавливают на основе полупроводниковых химических соединений?
85. В каких приборах используется SiC?
86. Что такое интегральная микросхема?
87. Изобразите типовой профиль биполярного транзистора.
88. Какие существуют типы биполярных транзисторов?
89. Изобразите профиль МДП-транзистора.
90. В чем достоинства группового метода и планарной технологии изготовления ИМС?
91. На какие классы делят ИМС по конструктивно-технологическому признаку?
92. Какие материалы используют в качестве подложек ИМС?
93. Что такое степень интеграции и на какие классы делят ИМС по этому признаку?
94. Что такое плотность упаковки и что она характеризует?
95. Изобразите типовой профиль биполярного транзистора, полупроводникового резистора и конденсатора полупроводниковых ИМС.
96. Какие существуют способы создания полупроводниковых слоев с различным типом проводимости?
97. В чем сущность термической диффузии?
98. В чем заключается ионная имплантация и для чего она необходима?
99. Перечислите способы создания топологического рисунка ИМС.
100. Что такое фотошаблоны и какими они бывают по назначению?

101. Перечислите методы получения тонких пленок на основе проводниковых, резистивных и диэлектрических материалов
102. Дать определение термина «магнетик».
103. Перечислите известные классы магнетиков по способности к намагничиванию.
104. Каковы основные свойства магнетиков, используемых в промышленных изделиях?
105. Изобразите схематично магнитный атомный порядок ферро-, ферри- и антиферромагнетиков.
106. Что такое первоначальная (основная) кривая намагничивания и для чего она нужна?
107. Что является количественной мерой способности веществ к намагничиванию и по какой формуле она рассчитывается?
108. Дайте определение основной кривой намагничивания.
109. Что такое начальная магнитная проницаемость, что она характеризует и по какой формуле рассчитывается?
110. Что такое предельная петля гистерезиса? Каким критериям она должна соответствовать?
111. Что такое магнитные потери? Объясните причины их возникновения.
112. Перечислите основные количественные параметры магнитных материалов.
113. Что представляет собой остаточная индукция B_r и коэрцитивная сила H_c ?
114. По какому количественному параметру магнитные материалы подразделяют на МММ и МТМ? Каковы значения этого параметра?
115. Перечислите основные требования к МММ.
116. Какие группы материалов на основе железа относятся к МММ?
117. Что такое пермаллой и где они применяются?
118. Что такое ферриты и в чем их основные достоинства?
119. На какие группы делятся ферриты по составу, свойствам и областям применения?
120. Перечислите основные количественные параметры МТМ.
121. Какие существуют группы МТМ, разделяемые по составу и способу получения?
122. Перечислите группы магнитных материалов специального назначения.
123. Дайте определение термина «проводник».
124. Что является количественной мерой электропроводности и какой параметр для ее характеристики используется в инженерной практике?
125. Запишите и поясните формулу для расчета температурного коэффициента удельного сопротивления.
126. Запишите и поясните формулу для расчета температурного коэффициента линейного расширения.
127. Что такое работа выхода и как она отображается на энергетической диаграмме проводника?
128. Перечислите проводниковые материалы с высокой удельной проводимостью.
129. Каков порядок величины удельной проводимости меди, алюминия, серебра?
130. Перечислите материалы, применяемые для изготовления постоянных резисторов.
131. Перечислите наиболее применимые типы постоянных резисторов, и какова область номиналов таких резисторов.
132. Какие существуют марки припоев, и при каких температурах производится пайка?

133. Что такое термопара? Перечислите наиболее известные материалы для термопар.

Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примеры вопросов к лабораторным работам):

1. В чем заключается классическая теория электропроводности металлов?
2. Изобразите и объясните зависимость удельного электрического сопротивления металлов от температуры (в широком интервале температур).
3. Назовите основные носители заряда в проводниковых материалах.
4. Каким образом можно определить коэффициент удельного сопротивления металлов по температурной зависимости $\rho = f(T)$?
5. В чем состоит электропроводность полупроводников?
6. Укажите основные носители заряда в полупроводниках? В чем заключается отличие собственных и примесных полупроводников?
7. Изобразите и объясните зависимость $\ln \mu$ от $1/T$ для полупроводниковых материалов, обладающих собственной проводимостью?
8. Изобразите и объясните зависимость $\ln \mu$ от $1/T$ для полупроводниковых материалов, обладающих собственной и примесной проводимостью?
9. Как определить ширину запрещенной зоны полупроводника по экспериментальной зависимости $\ln \mu$ от $1/T$?
10. В чем заключается фотопроводимость полупроводников?
11. Укажите и охарактеризуйте зависимость фотопроводимости от интенсивности облучения.
12. На какие группы можно разделить все вещества? В чем их отличие?
13. Укажите основные особенности строения ферромагнетиков. Назовите основные параметры магнитных материалов?
14. Изобразите и объясните зависимость магнитной индукции от напряженности внешнего постоянного магнитного поля для ферромагнетиков.
15. Изобразите и объясните зависимость магнитной проницаемости от напряженности внешнего постоянного магнитного поля.
16. Изобразите и объясните зависимость магнитной индукции от напряженности внешнего переменного магнитного поля для ферромагнетиков. В чем заключается явление гистерезиса?
17. Что такое коэрцитивная сила? На какие группы подразделяются магнитные материалы по величине коэрцитивной силы?
18. Укажите основные характеристики и области применения магнитомягких материалов.
19. Укажите основные характеристики и области применения магнитотвердых материалов.
20. Изобразите и объясните зависимость магнитной проницаемости от температуры ферромагнетика.
21. Что такое точка Кюри для ферромагнетика? Как определить точку Кюри по экспериментальной зависимости $\mu = f(T)$?
22. Что характеризует величина TK_{μ} ? Как определить данный коэффициент по экспериментальной зависимости $\mu = f(T)$?
23. В чем заключается явление магнитострикции?
24. В чем заключается пробой газообразных диэлектриков? Опишите процессы ударной ионизации и фотоионизации.
25. Изобразите и объясните зависимость электрической прочности $E_{пр}$ от толщины

h газообразного диэлектрика.

26. Изобразите и объясните зависимости пробивного напряжения от расстояния между электродами, при пробое газообразного диэлектрика: а) в однородном электрическом поле; б) в неоднородном электрическом поле при разной полярности электродов в формах иглы и плоскости.

27. Изобразите и объясните зависимость электрической прочности $E_{пр}$ от давления для газообразного диэлектрика.

28. Какие теории пробоя жидких диэлектриков Вы знаете? Охарактеризуйте их.

29. Изобразите и объясните зависимость $E_{пр}$ от влажности для жидких диэлектриков.

30. Какие диэлектрики (газообразные, жидкие) находят широкое применение в энергетических установках высокого напряжения?

31. Изобразите и охарактеризуйте зависимость $U_{пр}$ трансформаторного масла от температуры?

32. Опишите алгоритм и укажите основные формулы для расчета величины пробивного напряжения газообразного диэлектрика.

Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примеры вопросов и задач к защите расчетно-графической работы):

1. Для плоского конденсатора с диаметром электродов $D=10$ мм, толщиной диэлектрика $d=0,01$ м при напряжении на электродах $U=100$ В рассчитать заряд Q , который будет на электродах конденсатора при заданном материале диэлектрика и напряжении U на обкладках.

Варианты диэлектриков:

1. Вакуум, полистирол
2. Воздух, фторопласт-4
3. Слюда, полиэтилен.

2. Определить ёмкость плоского конденсатора с площадью обкладок $S=100$ мм², толщиной диэлектрика $d=0,02$ м, проанализировать результаты и записать ответ на вопрос, какую роль играет материал диэлектрика для значения ёмкости конденсатора заданного размера. Значение ϵ найти в соответствующих таблицах.

Варианты диэлектриков:

1. Вакуум, слюда
2. Воздух, полиэтилен
3. Слюда, фторопласт-3.

3. Определить заряд Q на обкладках плёночного конденсатора с площадью $S=0,25$ см² при напряжениях $U(10, 20, 30, 40, 50)$ В и построить зависимость $Q=f(U)$ для двух толщин конденсаторов.

Варианты диэлектриков:

1. Плёнка SiO_2

2. Плёнка SiO
3. Плёнка Ta₂O₅
4. Плёнка Si₃N₄
5. Плёнка Al₂O₃.

4. Цилиндрический образец диэлектрика диаметром $D=10$ мм и длиной $l=15$ мм торцами подключен к источнику питания с напряжением $U=100$ В. Определить ток, протекающий через образец, и возникающие при этом диэлектрические потери.

Варианты диэлектриков:

1. Полиэтилен
2. Полистирол
3. Фторопласт-4
4. Капрон.

5. Найти эффективную плотность состоящей из N_c зоны проводимости и N_v валентной зоны полупроводника при 300 К.

Варианты полупроводников:

1. Ge
2. GaAs
3. InP
4. CdTe.

6. Рассчитать равновесные концентрации электронов n_0 и дырок p_0 невырожденного полупроводника при комнатной температуре.

Варианты полупроводников:

1. Si
2. InAs
3. InP
4. CdS.

7. Найти положение уровня Ферми в собственном полупроводнике при комнатной температуре, оценить процентное отклонение от полуширины запрещённой зоны.

Варианты полупроводников:

1. Si
2. GaP
3. InAs
4. InSb.

Оцените влияние температуры на относительное изменение положения уровня Ферми для узко- и широкозонных полупроводников.

8. Рассчитать температуру истощения примеси T_S по величине энергии активации примесных носителей заряда ΔE_D , ΔE_A и концентрации примеси N_D , N_A , считая, что плотность состояний в зонах N_C , N_V не зависит от температуры.

Варианты материалов, энергий активации проводимости и концентраций примесных атомов:

1. Ge, $\Delta E_A = 0,05$ эВ, $N_A = 2 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$
2. Si, $\Delta E_D = 0,045$ эВ, $N_D = 5 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$
3. GaSb, $\Delta E_A = 0,03$ эВ, $N_A = 5 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$
4. InP, $\Delta E_D = 0,008$ эВ, $N_D = 5 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$.

9. Определить температуру перехода к собственной проводимости T_i по известной концентрации примеси N_D , N_A , считая, что плотность состояний в зонах N_C , N_V не зависит от температуры

Варианты материалов и концентраций примеси:

1. GaP, $N_D = 5 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$
2. InSb, $N_A = 2 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$
3. CdTe, $N_D = 3 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$
4. PbS, $N_A = 2 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$.

10. Рассчитать удельную проводимость σ_n , σ_p примесного полупроводника по заданной концентрации примеси N_D , N_A . Сравнить полученные значения, считая примесь донорной, а затем акцепторной. Объяснить разницу полученных значений σ_n , σ_p .

Варианты материалов и концентраций примеси:

1. GaAs, $N = 5 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$
2. InSb, $N = 2 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$
3. CdS, $N = 2 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$
4. CdTe, $N = 5 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$.

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену):

1. Электро-технические материалы. Определение. Классификация ЭТМ по группам и подгруппам.
2. Виды химической связи атомов веществ и их краткая характеристика.
3. Энергетическая структура материалов и деление веществ на классы. Энергетические диаграммы.
4. Проводники и их количественные характеристики.
5. Проводниковые материалы с высокой проводимостью и высоким удельным сопротивлением. Их применение.
6. Резистивные материалы и сплавы различного назначения.
7. Диэлектрики. Основное свойство диэлектриков и количественный параметр основного свойства.
8. Виды поляризации диэлектриков. Время установления поляризации. Дисперсия диэлектрической проницаемости.

9. Электропроводность диэлектриков. Токи в диэлектрике. Удельная проводимость, удельное сопротивление (объёмное и поверхностное).
10. Потери и причины возникновения потерь в диэлектриках. Векторная диаграмма напряжения и токов в диэлектрике, тангенс угла диэлектрических потерь.
11. Схемы замещения диэлектриков. Условия эквивалентности схемы замещения реальному диэлектрику.
12. Пробой диэлектриков и виды пробоя. Количественный параметр пробоя.
13. Диэлектрические материалы. Классификация по существующим признакам.
14. Газообразные диэлектрические материалы. Основные параметры. Применение.
15. Жидкие диэлектрические материалы. Области их применения.
16. Твёрдые диэлектрические материалы. Классификация. Методы получения полимерных материалов.
17. Материалы для изоляции проводников и их сравнительные характеристики.
18. Пластмассы, пенопласты, эластомеры. Применение.
19. Лаки, клеи, компаунды. Применение.
20. Волокнистые диэлектрические материалы. Характеристики. Применение
21. Слоистые пластики. Типы. Применение.
22. Неорганические диэлектрические материалы. Классы. Области применения.
23. Стёкла. Классификационные признаки. Типы стёкол по техническому применению.
24. Керамика. Типы керамических изделий по применению. Ситаллы.
25. Полупроводники собственные и примесные. Энергетические диаграммы.
26. Подвижность носителей заряда. Температурная зависимость подвижности.
27. Температурная зависимость удельной проводимости примесных полупроводников.
28. Фотопроводимость полупроводников.
29. Полупроводниковые материалы. Получение монокристаллов из расплава.
30. Выращивание монокристаллов из жидкой и газовой фазы. Эпитаксия.
31. Основные характеристики кремния, германия, арсенида галлия, карбида кремния. Применение.
32. Магнетики. Классификация. Магнитный атомный порядок.
33. Процесс намагничивания. Магнитная проницаемость и её зависимость от напряжённости внешнего поля.
34. Намагничивание в переменном магнитном поле. Количественные параметры магнетиков.
35. Магнитные материалы: классификация магнитных материалов.
36. Магнитомягкие материалы, свойства, применение.
37. Ферриты: метод получения, свойства, применение.
38. Магнитные материалы специального назначения. Применение.
39. Магнитотвёрдые материалы: характеристики, применение.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок — «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено» (далее — пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – экзамен.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «эталонный».</p>
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «продвинутый».</p>
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «пороговый».</p>
«неудовлетворительно»/ не зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия проводятся в учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Для проведения занятий лабораторного типа используются специализированные лаборатории: лаборатория В-303 «Электротехническое материаловедение», расположенная по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (лабораторный корпус № 2).

Лаборатория оснащена стендами для исследования:

Лабораторная работа №1 «Электропроводность жидких диэлектриков»: термическая печь, образцы диэлектрических материалов, омметр для измерения сопротивления.

Лабораторная работа №2 «Электропроводность твердых диэлектриков»: термическая печь, образцы диэлектрических материалов, омметр для измерения сопротивления.

Лабораторная работа №3 «Электрическая прочность газообразных и жидких диэлектриков»: установка для пробоя газообразного диэлектрика, установка для пробоя жидких диэлектриков.

Лабораторная работа №4 «Пробой твердых диэлектриков»: установка для пробоя твердых диэлектриков, термическая печь.

Лабораторная работа №5 «Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери диэлектриков»: образцы диэлектрических материалов, термическая печь, мост переменного тока, трансформатор.

Лабораторная работа №6 «Электропроводность проводниковых и полупроводниковых материалов»: термическая печь, образцы проводниковых и полупроводниковых материалов, универсальный вольтметр В7-35 для измерения сопротивления;

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Моисеев, О.Н. *Материаловедение: учебное пособие* / О.Н. Моисеев, Л.Ю. Шевырев, П.А. Иванов; под общ. ред. О.Н. Моисеева. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 244 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=464215> – Библиогр.: с. 12. – ISBN 978-5-4475-9139-7. – DOI 10.23681/464215. – Текст: электронный.

Дополнительная литература.

1. *Материаловедение: учебное пособие* / С. Богодухов, А. Проскурин, Е. Шеин, Е. Приймак; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2013. – 198 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259154>. – Текст: электронный.

2. Сапунов, С. В. *Материаловедение: учебное пособие* / С. В. Сапунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1793-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/56171> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Список авторских методических разработок.

1. Лабораторный практикум по электротехническому материаловедению. Чернышев В.А., Чернов В.А., Кисляков М.А. Смоленск: РИО филиала ГОУВПО МЭИ (ТУ) в г. Смоленске, 2015.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер измене- ния	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изме- нения в данный экземпляр	Дата внесения изме- нения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	изме- ненных	замене- ных	новых	аннулиро- ванных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10