



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

04.02.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ***

Направление подготовки (специальность)  
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Промышленная электроника информационных систем

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроники и микроэлектроники
Курс	3, 4

Магнитогорск  
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники  
15.01.2025, протокол № 5

Зав. кафедрой  Д.Ю. Усатый

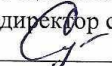
Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ЭиМЭ,  Мазитов Д.М.

Рецензент:

директор сервисного центра ООО «Техноап-Инжиниринг», к.т.н.  
 Суслицын Е.С.

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.Ю. Усатый

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.Ю. Усатый

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.Ю. Усатый

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.Ю. Усатый

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.Ю. Усатый

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины являются изучение физических закономерностей процессов, происходящих при движении носителей заряда в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения, что позволит разрабатывать на их основе электронные устройства, предназначенные для контроля и управления в промышленности.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Физические основы электроники входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математика

Физика

Информатика и информационные технологии

Теоретические основы электротехники

Физика конденсированного состояния

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Материалы и элементы электронной техники

Микроэлектроника

Расчет электронных схем

Наноэлектроника

Элементы цифровой техники

Электронные промышленные устройства

Схемотехнические средства сопряжения

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физические основы электроники» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений
ПК-1.1	Разрабатывает эскизный проект, включающий: выбор структурной схемы электронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов и их оценки с точки зрения технических и экономических требований; рассчитывает все необходимые показатели структурной схемы электронного устройства или системы, в том числе показатели качества; выбирает и обосновывает схемы вспомогательных устройств
ПК-1.2	Производит технико-экономическое обоснование принятого решения с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации; сравнивает с аналогами по технико-экономическим характеристикам

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц 360 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 29,9 акад. часов;
- аудиторная – 26 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 317,5 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - зачет с оценкой, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Твердотельная электроника								
1.1 Зонная теория. Энергетические диаграммы изолированного атома и группы атомов. Вид спектров излучения одноатомных и многоатомных газов и твёрдых тел.	3	0,1			3	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.2 Электропроводность твердых тел: металлы, полупроводники и диэлектрики		0,1			2	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.3 Собственные полупроводники. Процессы генерации и рекомбинации.		0,3			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №1 по физическим принципам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.4 Примесные полупроводники n-типа		0,3			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №1 по физическим принципам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2

1.5 Примесные полупроводники p-типа	0,3			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.6 Классификация носителей заряда в полупроводниках. Термодинамическое равновесие и рабочий диапазон температур полупроводников.	0,2			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.7 Дрейфовое и диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках	0,1			3	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.8 Процесс образования объемного заряда p-n-перехода при отсутствии внешнего электрического поля	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.9 Анализ равновесного состояния p-n-перехода	0,4			4	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.10 Анализ состояния p-n-перехода при прямом и обратном смещении	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.11 Идеализированная и реальная ВАХ диода, тепловой ток и потенциал	0,1			3	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.12 Емкостные свойства p-n-перехода. Виды пробоя p-n-перехода.	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №1 по физическим принципам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.13 Способ включения биполярного транзистора по схеме с общей базой.	0,6			9	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №1 по физическим принципам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2

1.14 Способ включения биполярного транзистора по схеме с общим эмиттером.	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №1 по физическим принципам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.15 Способ включения биполярного транзистора по схеме с общим коллектором.	0,2			4	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
1.16 Полевые транзисторы с управляющим р-п-затвором	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.17 МДП-транзисторы со встроенным каналом	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.18 МДП-транзисторы с индуцированным каналом	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.19 Тиристор: условные графические обозначения, структура, двухтранзисторная модель и принцип действия	0,4			6	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов. Промежуточная аттестация.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.20 Сравнительная характеристика электронных ключевых приборов на примере их использования в силовой электронике	0,1			2	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу	6			102			
2. Темы лабораторных занятий по разделу "Твердотельная электроника"							

2.1	Изучение характеристик полупроводниковых диодов	3		0,5	0,5	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования. Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов.	ПК-1.1, ПК-1.2
2.2	Исследование стабилитрона и стабилистра			0,5	0,5	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования. Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов.	ПК-1.1, ПК-1.2
2.3	Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой			1	1	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования. Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов.	ПК-1.1, ПК-1.2
2.4	Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером			1	1	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования. Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов.	ПК-1.1, ПК-1.2
2.5	Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком			0,5	0,5	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования. Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов.	ПК-1.1, ПК-1.2

2.6	Исследование тиристора		0,5	0,5	9,1	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования. Аудиторная контрольная работа №2 по схемам включения и режимам работы полупроводниковых приборов.	ПК-1.1, ПК-1.2
2.7	Консультации по оформлению и выполнению лабораторных работ					Изучение учебной литературы, материалов лекционных и практических занятий	Проверка домашних заданий	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу			4	4	59,1			
Итого за семестр		6	4	4	161,1		зао	
3. Вакуумная и газоразрядная электроника								
3.1	Свойства газа и понятие вакуума. Низкий, средний и высокий вакуум.	0,2			8	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
3.2	Электронная эмиссия и работа выхода электрона. Виды электронной эмиссии.	0,3			8	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
3.3	Элементы конструкции ламп и их функциональное назначение	0,2			8	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
3.4	Электривакуумные диоды: виды, условные графические обозначения, ВАХ и режимы работы, свойства	0,2			8	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
3.5	Закон степени трех вторых и уравнение Ричардсона-Дэшмана. Принцип действия электривакуумного	0,4			10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
3.6	Электривакуумные триоды: конструкция, условные графические обозначения, семейства ВАХ, параметры. Принцип действия электривакуумного триода.	0,4			10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
3.7	Электривакуумные тетроды: конструкция, условные графические обозначения, семейства ВАХ, параметры. Динатронный эффект.	0,3			8	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2

3.8 Электровакуумные пентоды: конструкция, условные графические обозначения, семейства ВАХ, параметры		0,2			8	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
3.9 Устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки		0,2			8	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		2,4			76			
4. Темы лабораторных и практических занятий по разделу "Вакуумная и газоразрядная электроника"								
4.1 Исследование электровакуумного триода	4		1	1	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования	ПК-1.1, ПК-1.2
4.2 Исследование динаatronного эффекта в электровакуумном тетроде			1	1	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования	ПК-1.1, ПК-1.2
4.3 Исследование электровакуумного пентода			1	1	10	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования	ПК-1.1, ПК-1.2
4.4 Работа с осциллографом, органы управления и настройка			1	1	10,4	Изучение лекционных материалов и учебной литературы, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы в форме индивидуального собеседования	ПК-1.1, ПК-1.2
4.5 Консультации по оформлению и выполнению лабораторных работ								ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу			4	4	40,4			
5. Оптическая и квантовая электроника								
5.1 Особенности оптической и квантовой электроники. Способы описания электромагнитного излучения оптического диапазона.	4	0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2

5.2 Взаимодействие ЭМИ с веществом. Фотоприёмники на основе внутреннего фотоэффекта.		0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
5.3 Инверсия населенностей. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.		0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
5.4 Принцип работы мазеров и лазеров		0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
5.5 Оптические резонаторы. Лазеры твердотельные, жидкостные, газовые.		0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
5.6 Полупроводниковые инжекционные излучатели – светодиоды и лазеры на гомо- и гетеропереходах		0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
5.7 Методы модуляции оптического излучения. Оптические методы передачи и обработки информации.		0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
5.8 Оптоэлектронные приборы. Перспективы развития оптической и квантовой электроники.		0,2			5	Изучение лекционных материалов и учебной литературы	Промежуточная аттестация	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		1,6			40			
6. Промежуточная аттестация								
6.1 Подготовка к экзамену	4					Изучение учебной литературы, материалов лекционных и практических занятий	Экзамен	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу								
Итого за семестр		4	4	4	156,4		экзамен	
Итого по дисциплине		10	8	8	317,5		зачет с оценкой, экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Перед изучением дисциплины проводится предварительный контроль, который направлен на выявление личного уровня подготовки студентов, достигнутого в результате изучения предшествующих дисциплин естественнонаучного цикла в соответствие с перечнем раздела 2 РПД. Предварительный контроль имеет большое значение: для определения познавательных возможностей студентов и осуществления индивидуализации и дифференциации обучения; диагностики исходного состояния обученности студента с целью отслеживания его дальнейшего продвижения в обучении.

В процессе преподавания дисциплины «ФОЭ» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии. Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. В процессе обучения используются демонстрационные плакаты, а также натурные образцы изучаемых приборов и устройств.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — ISBN 978-5-8114-5149-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133479> (дата обращения: 21.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-4986-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130188> (дата обращения: 21.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/648> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. — 9-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-0368-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/300> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. —

Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2003-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/67462> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Владимиров, Г. Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1515-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/38838> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Фурсей, Г. Н. Автоэлектронная эмиссия : учебное пособие / Г. Н. Фурсей. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1232-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3805> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Курочка, С. П. Вакуумная и плазменная электроника : учебное пособие / С. П. Курочка, Г. Д. Кузнецов, А. С. Курочка. — Москва : МИСИС, 2009. — 162 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116672> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Сушков, А. Д. Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учебное пособие / А. Д. Сушков. — Санкт-Петербург : Лань, 2004. — 464 с. — ISBN 5-8114-0530-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/639> (дата обращения: 12.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-0523-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112073> (дата обращения: 27.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Смирнов, Ю. А. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1369-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5856> (дата обращения: 26.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Попов, А. Н. Вакуумная техника: Учебное пособие / А.Н. Попов. - Москва : НИЦ Инфра-М; Минск : Нов. знание, 2012. - 167 с.: ил.; . - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006031-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/317368> (дата обращения: 05.10.2020). - Режим доступа:

#### **в) Методические указания:**

1. Мазитов Д.М. Твердотельная электроника. Лабораторный практикум: учеб. пособие.- Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 58 с.

2. Леванов В.В. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Квантовая и оптическая электроника» для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 210106. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2010. 20 с.

3. Леванов В.В. Исследование диодного и транзисторного оптронов.

Методические указания к лабораторной работе по разделу «Квантовая и оптическая электроника» для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 210106. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2004. 12 с.

4. Леванов В.В. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Вакуумная и газоразрядная электроника» для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 210106. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2011. 28 с.

5. Леванов В.В. Одноканальные аналоговые и цифровые осциллографы как средство измерений параметров электрических сигналов. Учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2005. 55с.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
AdobeReader	свободно распространяемое	бессрочно
Double Commander	свободно распространяемое ПО	бессрочно

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>

#### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория 459 для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: Демонстрационные плакаты и натурные образцы изучаемых приборов.

Учебные аудитории 457, 459 для проведения практических занятий. Оснащение: Демонстрационные плакаты и натурные образцы изучаемых электронных приборов.

Учебная аудитория 457 для проведения лабораторных занятий. Оснащение: 10 универсальных лабораторных стендов 87Л-01, мультиметры, осциллографы.

Учебная аудитория 460 для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: 10 универсальных лабораторных стендов 87Л-01, мультиметры, осциллографы.

Помещения 457а, 460а, 457 для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Шкафы для хранения натуральных образцов изучаемых электронных приборов, учебного оборудования и учебных пособий.

Учебная аудитория 459 для проведения промежуточной аттестации.

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Контрольные вопросы по итогам освоения дисциплины.

Раздел «Твердотельная электроника»:

1. Что означает выражение «градиент концентрации»?
2. Что называют током дрейфа? Током диффузии?
3. В каких единицах измеряется проводимость вещества?
4. Чем объясняется различие в проводимостях проводников, полупроводников и диэлектриков?
5. Какой полупроводник называют собственным? Какова его проводимость?
6. Дайте сравнительную характеристику проводимости химически чистых германия и кремния.
7. Как влияет температура кристалла собственного полупроводника на его проводимость?
8. Что называют процессом рекомбинации?
9. Что называют донорами? Акцепторами? Какова их роль? Как влияет введение примеси в собственный полупроводник на его проводимость.
10. Что называют основными и неосновными носителями? Примеры таковых носителей.
11. Как понимать выражение «тип проводимости полупроводника», в чём отличие типов проводимости собственного и примесного полупроводников?
12. Какие носители являются основными при введении донорной или акцепторной примесей? Почему?
13. В чём отличие механизмов влияния температуры на проводимость полупроводников и металлов?
14. Что называют р-п-переходом, как он образуется?
15. Что называют равновесным состоянием р-п-перехода
16. Что означают выражения «прямое смещение перехода», «обратное смещение перехода»? Чем отличаются параметры перехода при указанных смещениях?
17. Что означает выражение «пробой р-п-перехода»? По каким признакам судят о наступлении пробоя? Физический механизм пробоя и его разновидности.
18. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки выпрямительных диодов.
19. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки стабилитронов.
20. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки диодов
21. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки диодов Шоттки
22. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки биполярных транзисторов.
23. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки полевых транзисторов с управляющим р-п переходом.
24. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки полевых транзисторов с изолированным затвором и индуцированным каналом.
25. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки диноисторов.
26. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки одно- и двухоперационных транзисторов.

27. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки симисторов.
28. Одно- и двухполупериодная (мостовая) схемы выпрямления переменного однофазного напряжения.
29. Динамический режим работы биполярного транзистора в схеме с ОЭ. Необходимость предварительного смещения эмиттерного перехода при усилении разнополярного сигнала и способы его (смещения) организации.
30. Динамический режим работы полевого транзистора с управляющим переходом в схеме ОИ. Режим автоматического смещения.

Раздел «Вакуумная и газоразрядная электроника»:

1. Приведите примеры вакуумных электронных приборов, каково их назначение и условное обозначение?
2. Как зависит коэффициент вторичной эмиссии от энергии первичных электронов?
3. Перечислите виды разрядов в газе и укажите на области их применения или условия существования.
4. Назначение, конструкция, принцип действия, ВАХ и параметры трёхэлектродной вакуумной лампы с катодом прямого накала.
5. С какой целью создается разряжение внутри корпусов вакуумных приборов? Что произойдёт при нарушении вакуума у прибора с оксидным катодом?
6. Что называют работой выхода, в чем ее измеряют, какова методика её определения и какова (примерно) её величина для различных веществ?
7. Каким образом можно управлять поперечным размером электронного потока? Приведите пример реализации.
8. Физическая сущность автоэлектронной эмиссии, примеры применения.
9. В каких приборах наблюдается явление вторичной эмиссии, в каких из них она представляет собой желаемое явление, а в каких – нежелательное.
10. Физическая сущность взрывной эмиссии.
11. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов.
12. Изобразить график зависимости анодного тока вакуумного диода с термокатодом прямого накала от температуры катода в диапазоне от нуля до номинального значения его температуры (в относительных единицах).
13. Физическая сущность фотоэлектронной эмиссии.
14. Конструкция, условное обозначение и принцип действия цифровых газоразрядных индикаторов.
15. Физическая сущность вторичной электронной эмиссии?
16. Механизм свечения газа при «тлеющем разряде»? При каких условиях он возникает?
17. Что называют «красной границей» фотоэффекта, как она находится?
18. Назовите существующие в настоящее время типы термокатодов и дайте им сравнительную характеристику.
19. В чём состоит принципиальное отличие самостоятельного газового разряда от несамостоятельного?
20. Что называют фазовой фокусировкой, как её получают и с какой целью используют?
21. Физическая сущность катодoluminesценции, её применение.
22. Назначение, конструкция и принцип действия счётчика Гейгера.
23. Изменится ли напряжения запирающего у вакуумного триода, и почему, при уменьшении расстояния между катодом и сеткой?
24. Природа темного тока фотоэлемента и методика его измерения. Как влияет величина темного тока на разрешающую способность фотоэлемента?
25. Уравнение Ричардсона-Дэшмана.
26. Что называют «электронной линзой», где она применяется и для чего?
27. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов?
28. Физический механизм дугового разряда и его применение.

29. Как влияет напряжение отражателя на режим работы отражательного клистрона?
30. Используемые в приборах плазменной электроники газы в нормальном состоянии являются изоляторами. Каким образом в них появляются носители тока?
31. Принцип отклонения луча от оси прожектора ЭЛТ посредством магнитного поля.
32. Что называют «электронным прожектором», какова его конструкция, назначение элементов и область применения?
33. Сравнительная характеристика вакуумного и газонаполненного фотоэлементов.
34. Физический механизм искрового разряда.
35. Является ли излучение катодолуминесцентного индикатора когерентным и почему?

Раздел «Квантовая и оптическая электроника»:

1. Влияние корпускулярно- волнового дуализма на способы описания электромагнитного излучения оптического диапазона.
2. Конструкция и принцип действия фототиристоров. Основные характеристики и параметры
3. Энергетические и фотометрические характеристики излучения оптического диапазона.
4. Сравнительная характеристика светодиодов и инжекционных лазеров как источников излучения
5. Понятие инверсной населенности в свете статистики Больцмана. Механизм и способы создания инверсной населенности.
6. Назначение, условное обозначение, конструкция, параметры и принцип действия фоторезисторов. Применение фоторезисторов.
7. Поглощение оптического излучения веществом. Закон Бугера-Ламберта.
8. Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации.
9. Физические принципы функционирования волоконных световодов.
10. Понятие накачки, обоснование ее необходимости и способы осуществления.
11. Основные характеристики и параметры фоторезисторов. Способы защиты от их отказа.
12. Спонтанное и вынужденное излучения. Уширение спектральных линий, связанное со спонтанными переходами. Примеры спонтанного излучения.
13. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с р-п-переходом. Применение фотодиодов.
14. Понятие активной среды лазера, требования, предъявляемые к активным средам, типы активных сред.
15. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия и параметры светодиодов. Применение светодиодов.
16. Сравнительная характеристика фоторезисторов, основанных на явлениях собственной и примесной проводимостей. Особенности эксплуатации фоторезисторов с примесным типом проводимости.
17. Свойства лазерных пучков. Параметры лазерного излучения.
18. Расшифруйте понятие «одномодовый» лазер. Является ли таковым инжекционный лазер и почему? Зачем вообще нужен одномодовый режим? Является ли одномодовое излучение когерентным, и какими свойствами обладает когерентное излучение?
19. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с р-і-п структурой. Сравнение с фотодиодами р-п структуры.
20. Лавинные фотодиоды: область применения, сравнительная характеристика (с р-п и р-і-п фотодиодами), особенности эксплуатации.
21. Амплитудно-импульсная модуляция светового пучка инжекционных лазеров. Схемная реализация устройства модулятора.
22. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия, характеристики и параметры биполярных фототранзисторов.
23. Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации. Физические принципы функционирования волоконных световодов.

24. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов.
25. Конструкции однодиодных и многодиодных волноводов, особенности применения.
26. Чем объясняется то обстоятельство, что при работе фотодиода в диодном режиме фототок практически не изменяется в широком диапазоне сопротивлений нагрузки (см. результаты лабораторной работы), и начинает уменьшаться только при достижении ею определенного значения. В то же время при работе в гальваническом режиме рост сопротивления нагрузки вызывает закономерное уменьшение фототока.
27. Какими факторами объясняется инерционность фоторезистора?
28. Назначение, условное обозначение, конструкция и принцип действия полевых фототранзисторов. Основные характеристики и параметры фототранзисторов.
29. Физическая сущность затухания и искажения сигнала, передаваемого по оптическому кабелю. Параметры оптических кабелей, характеризующих указанные явления.
30. Известно, что в приводе компакт-диска используется источник оптического излучения. Может ли им быть микроминиатюрная лампа накаливания или светодиод? Почему? Какой из параметров излучения определяет тип его источника?
31. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода с p-n переходом в режиме холостого хода при облучении светом?
32. Конструкция и принцип действия твердотельных (рубиновых) лазеров.
33. Оптроны. Назначение оптронов, их разновидности и сравнительная характеристика. Условное обозначение и параметры тиристорных оптронов.
34. Какие механизмы поглощения света используются в фоторезисторах? Дайте им сравнительную характеристику.
35. Параметры фоторезисторов с указанием их размерности и методики определения.
36. В чем отличие параметров фоторезисторов, изготовленных из собственного и примесного полупроводников?
37. Какова причина высокой инерционности фоторезисторов?
38. В каком случае фоторезисторы необходимо охлаждать?
39. Как определить чувствительность фоторезистора?
40. Изобразите схему включения фоторезистора как фотоприёмника.
41. Чем кристалл фотодиода отличается от кристалла фоторезистора?
42. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода при облучении?
43. Что называют «красной границей внутреннего фотоэффекта», как её определяют?
44. Каков механизм возникновения фотоЭДС?
45. Какой режим работы фотодиода обладает большей чувствительностью и почему?
46. Как влияет режим работы фотодиода на его быстродействие?
47. Параметры фотодиода с указанием их размерности и методики определения.
48. сравнительная характеристика фоторезистора и фотодиода. Чем объясняется различие их параметров?
49. Какой из фотоприемников может работать без источника питания и почему?
50. Схемы усиления сигнала фотоприемников.
51. По каким причинам фотоприёмники могут выйти из строя?
52. Внешний вид фотоприемников может быть совершенно одинаков. Как с помощью мультиметра определить вид фотоприемника и определить – где какой вывод фотодиода?
53. Каково практическое использование однородных примесных полупроводников?
54. Если фоторезистор имеет в качестве фоточувствительного элемента плёнку химически чистого кремния, то каково минимальное значение энергии кванта света, вызывающего изменение проводимости фоторезистора (методика расчета)?

**7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за определенный период обучения (семестр) и проводится в форме зачета с оценкой, экзамена.

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1	Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы электронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	
ПК-1.1	Разрабатывает эскизный проект, включающий: выбор структурной схемы электронного устройства или системы путем сопоставления различных вариантов и их оценки с точки зрения технических и экономических требований; рассчитывает все необходимые показатели структурной схемы электронного устройства или системы, в том числе показатели качества; выбирает и обосновывает схемы вспомогательных устройств	<p>Вопросы для подготовки к экзамену.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нарисуйте качественно вид ВАХ кремниевого выпрямительного диода. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</li> <li>2. Нарисуйте качественно вид ВАХ германиевого выпрямительного диода. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</li> <li>3. Нарисуйте качественно вид ВАХ стабилитрона с лавинным пробоем. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</li> <li>4. Нарисуйте качественно вид ВАХ стабилитрона с туннельным пробоем. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>5. Нарисуйте качественно вид ВАХ тиристора. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>6. Нарисуйте качественно вид ВАХ динистора. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>7. Нарисуйте качественно вид ВАХ симистора. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графика. Покажите на ВАХ участки известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>8. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с общей базой. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>9. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с общим эмиттером. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>10. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме включения с общим истоком. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>11. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ полевого МДП транзистора со встроенным каналом в схеме включения с общим истоком. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>12. Нарисуйте качественно вид семейств ВАХ полевого МДП транзистора с индуцированным каналом в схеме включения с общим истоком. Считая прибор маломощным, укажите приблизительные значения токов и напряжений на осях графиков. Покажите на ВАХ области известных режимов работы и основные справочные параметры.</p> <p>13. Приведите условное графическое обозначение выпрямительного диода в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии.</p> <p>14. Приведите условное графическое обозначение стабилитрона в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в режиме стабилизации.</p> <p>15. Приведите условное графическое обозначение стабилитрона в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов и укажите полярность включения в режиме стабилизации.</p> <p>16. Приведите условное графическое обозначение тиристора с управлением по катоду в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии.</p> <p>17. Приведите условное графическое обозначение тиристора с управлением по аноду в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии.</p> <p>18. Приведите способ включения биполярного транзистора р н р типа в схему усилителя с общей базой, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>19. Приведите способ включения биполярного транзистора п н п типа в схему</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>усилителя с общей базой, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>20. Приведите способ включения полевого транзистора с управляющим р n затвором и каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>21. Приведите способ включения полевого транзистора с управляющим р n затвором и каналом р типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>22. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в режиме обеднения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>23. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом р типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в режиме обеднения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>24. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в режиме обогащения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>25. Приведите способ включения полевого МДП транзистора со встроенным каналом р типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>действительные направления токов и напряжений в режиме обогащения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>26. Приведите способ включения полевого МДП транзистора с индуцированным каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>27. Приведите способ включения полевого МДП транзистора с индуцированным каналом p типа в схему усилителя с общим истоком, укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p>
ПК-1.2	Производит технико-экономическое обоснование принятого решения с расчетами себестоимости устройства и стоимости его эксплуатации; сравнивает с аналогами по технико-экономическим характеристикам	<p>Вопросы для подготовки к экзамену.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зонная теория, вид энергетической диаграммы изолированного атома и группы атомов. Раскрыть связь зоной теории со спектроскопией материалов: атомные линейчатые, молекулярные полосовые, непрерывные (сплошные) спектры излучения и поглощения.</li> <li>2. Электропроводность твердых тел и ее связь с энергетическими диаграммами для металлов, полупроводников и диэлектриков. Перечислить основные материалы, имеющие широкое применение в электронике.</li> <li>3. Собственные полупроводники. Показать процесс генерации носителей заряда на энергетической диаграмме, раскрыть факторы, оказывающие на нее влияние. Рекомбинация и термодинамическое равновесие. Виды носителей заряда в собственных полупроводниках и их концентрации. Анализ механизма передвижения свободного положительного заряда в полупроводнике на плоскостной модели кристаллической решетки.</li> <li>4. Примесные полупроводники n типа. Анализ формирования преимущественной дырочной электропроводности с применением</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>плоскостной модели кристаллической решетки и энергетической диаграммы полупроводника. Обозначения концентраций: примесей, основных и неосновных носителей, собственных носителей. Соотношения этих концентраций.</p> <p>5. Примесные полупроводники р типа. Анализ формирования преимущественной дырочной электропроводности с применением плоскостной модели кристаллической решетки и энергетической диаграммы полупроводника. Обозначения концентраций: примесей, основных и неосновных носителей, собственных носителей. Соотношения этих концентраций.</p> <p>6. Классификация носителей заряда в полупроводниках: подвижные - неподвижные, положительные - отрицательные, основные - неосновные - собственные. Обозначение концентрации каждого вида носителей.</p> <p>7. Генерация, рекомбинация и термодинамическое равновесие. Раскрыть связь концентрации носителей заряда с рабочим диапазоном температур полупроводниковых материалов.</p> <p>8. Дрейфовое и диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках.</p> <p>9. Процесс образования объемного заряда р n перехода при отсутствии внешнего электрического поля.</p> <p>10. Анализ равновесного состояния р n перехода: распределение равновесных концентраций носителей заряда в структуре перехода, потенциальная диаграмма, потенциальный барьер, ширина обедненной зоны, сравнительная электропроводность области объемного заряда и нейтральных областей.</p> <p>11. Анализ состояния р n перехода при прямом смещении: влияние напряжения внешнего источника на величину потенциального барьера и ширину области объемных зарядов, величина прямого тока и состояние перехода.</p> <p>12. Анализ состояния р n перехода при обратном смещении: влияние напряжения внешнего источника на величину потенциального барьера и ширину области объемных зарядов, величина обратного тока и состояние перехода.</p> <p>13. Идеализированная ВАХ диода, тепловой ток и тепловой потенциал. Реальная</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>ВАХ диода, характерные участки режимов и состояний диода.</p> <p>14. Емкостные свойства р n перехода. Барьерная и диффузионная емкость, вольт-фарадные характеристики. Варикапы.</p> <p>15. Виды пробоя р n перехода, обратимость, механизмы, участки ВАХ стабилитронов для каждого типа пробоя, ТКН и свойство саморазогрева.</p> <p>16. Диод Шоттки и контакт металл-полупроводник. Выпрямляющие и невыпрямляющие контакты.</p> <p>17. Биполярные транзисторы: определение, свойства, условные графические обозначения. Структура и принцип действия транзистора включенного по схеме с общей базой, потоки носителей заряда, действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Количественная оценка свойств управления и конструктивные особенности изготовления биполярных транзисторов.</p> <p>18. Способ включения биполярного транзистора по схеме с общей базой, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с ОБ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы транзистора и их области на ВАХ.</p> <p>19. Способ включения биполярного транзистора по схеме с общим эмиттером, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ биполярного транзистора в схеме включения с ОЭ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы транзистора и их области на ВАХ.</p> <p>20. Простейшие схемы усилительных каскадов с ОЭ, ОБ и ОК. Возможные коэффициенты усиления в этих схемах.</p> <p>21. Полевые транзисторы. Раскрыть их двойное название. Способы изоляции затвора, виды полевых транзисторов и их условные графические обозначения. Сравнительная характеристика полевых и биполярных транзисторов.</p> <p>22. Полевые транзисторы с управляющим р-п-затвором. Условные графические</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>обозначения, внутренняя структура и принцип действия. Способ включения полевого транзистора по схеме с общим истоком, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ в схеме с ОИ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы полевого транзистора и их области на ВАХ.</p> <p>23. МДП транзисторы со встроенным каналом. Условные графические обозначения, внутренняя структура и принцип действия. Способ включения МДП транзистора по схеме с общим истоком, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ в схеме включения с ОИ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы МДП транзистора и их области на ВАХ.</p> <p>24. МДП транзисторы с индуцированным каналом. Условные графические обозначения, внутренняя структура и принцип действия. Способ включения МДП-транзистора по схеме с общим истоком, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Семейство ВАХ в схеме включения с ОИ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы МДП транзистора и их области на ВАХ.</p> <p>25. Тиристор: определение, свойства, условные графические обозначения, полярности и действительные направления токов и напряжений в различных режимах. Внутренняя структура тиристора, двухтранзисторная модель и принцип действия. Семейство ВАХ, режимы работы и их участки на ВАХ.</p> <p>26. Специальные виды тиристоров, их условные графические обозначения, свойства, параметры и ВАХ. Сравнительная характеристика электронных ключевых приборов.</p> <p>27. Определение электровакуумных приборов, их виды и применение.</p> <p>28. Свойства газа и понятие вакуума. Низкий, средний и высокий вакуум. Теплоизоляционные свойства вакуума.</p> <p>29. Электронная эмиссия и работа выхода электрона. Виды электронной эмиссии в электровакуумных приборах.</p> <p>30. Элементы конструкции электронных ламп, их функциональное назначение и</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>особенности изготовления: катоды, сетки, корпуса, электроды, геттеры.</p> <p>31. Электровакуумные диоды. Их виды и УГО, полярности и действительные направления токов и напряжений в открытом состоянии. ВАХ электровакуумного диода, режимы его работы и их участки на ВАХ. Закон степени трех вторых и уравнение Ричардсона-Дэшмана. Влияние тока накала катода на форму ВАХ и срок службы вакуумного диода.</p> <p>32. Принцип действия электровакуумного диода и кривые распределения потенциалов в пространстве анод-катод при различных напряжениях на аноде.</p> <p>33. Электровакуумные триоды, их отличие от диодов по конструкции и принципу действия. УГО и способ включения триода по схеме с общим катодом (ОК), полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. ВАХ триодов с сетками средней и высокой проницаемости и закон степени трех вторых. Параметры электровакуумных триодов.</p> <p>34. Электровакуумные тетроды, их отличие от триодов по конструкции, принципу действия и параметрам. УГО и способ включения тетрода по схеме с ОК, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. ВАХ тетродов и динаatronный эффект.</p> <p>35. Электровакуумные пентоды, их отличие от тетродов по конструкции, принципу действия и параметрам. УГО и способ включения пентода по схеме с ОК, полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. ВАХ пентодов.</p> <p>36. Устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) с электростатической фокусировкой и отклонением луча. УГО ЭЛТ и принцип действия осциллографа.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и защиты курсового

проекта.

Методические указания для подготовки к экзамену: для подготовки к экзамену студент должен освоить все изучаемые темы, в том числе и отведенные для самостоятельного изучения, выполнить и защитить все практические работы.

Критерии оценки освоения дисциплины (зачёт с оценкой и экзамен):

– на оценку **«отлично»** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– **«не зачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.