

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»  
(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)



УТВЕРЖДАЮ:

директор института

Энергетики и автоматизированных систем

С.И. Лукьянов

20 сентября 2017г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физические основы электроники**

Направление подготовки

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль/ специализация) программы

«Промышленная электроника»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Очная

Институт энергетики и автоматизированных систем  
Кафедра электроники и микроэлектроники  
Курс – 3  
Семестр – 5, 6

Магнитогорск  
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. N 218.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры "Электроники и микрoeлектроники" 7 сентября 2017 г., (протокол № 1).

Зав. кафедрой  С.И. Лукьянов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института Энергетики и автоматизированных систем 20 сентября 2017 г. (протокол № 1).

Председатель  С.И. Лукьянов

Рабочая программа разработана: старшим преподавателем кафедры Э и МЭ

 Д.М. Мазитовым

Рецензент:

Начальник отдела инновационных разработок ЗАО «КОНСОМ ГРУПП», канд. техн. наук

 / А.Н. Панов /

### Лист регистрации изменений и дополнения

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	06.09.2018 г. протокол №1	
2.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	05.09.2019 г. протокол №1	
3.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	31.08.2020 г. протокол №1	

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является 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 в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Физические основы электроники» (ФОЭ) входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин естественнонаучного цикла блока 1, в том числе математики, физики, химии, информатики.

Знания (умения, владения), полученные в результате изучения данной дисциплины будут необходимы при изучении дисциплин блока 1:

- элементы цифровой техники;
- микроэлектроника;
- схемотехника;
- расчёт электронных схем;
- основы преобразовательной техники;
- энергетическая электроника;
- датчики первичной информации.

Для успешного усвоения дисциплины студент должен

### **знать:**

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений и элементов теории уравнений математической физики, теории вероятностей и математической статистики, математических методов решения профессиональных задач;
- технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;
- законы Ньютона и законы сохранения, принципы специальной теории относительности Эйнштейна, элементы общей теории относительности, элементы механики жидкостей, законы термодинамики, статистические распределения, законы электростатики, природу магнитного поля и поведение веществ в магнитном поле, законы электромагнитной индукции, волновые процессы, геометрическую и волновую оптику, основы квантовой механики, строение многоэлектронных атомов, квантовую статистику электронов в металлах и полупроводниках, строение ядра, классификацию элементарных частиц;
- электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния, химические свойства элементов различных групп Периодической системы, используемых при производстве электронных компонентов, и их важнейших соединений;

### **уметь:**

- проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы

дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам, применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;

- работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать внешние носители информации для обмена данными между машинами, создавать резервные копии и архивы данных и программ, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения;

- решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности;

- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач;

**владеть:**

- методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов;

- методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами;

- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента

- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов.

Студент, приступающий к изучению ФОЭ, должен обладать следующими компетенциями:

способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-2);

Освоение данной дисциплины как предшествующей необходимо при изучении следующих дисциплин:

- Элементы цифровой техники;
- Расчёт электронных схем.
- Микроэлектроника;
- Нанoeлектроника;
- Схемотехника;
- Основы проектирования электронной компонентной базы;
- Основы технологии электронной компонентной базы;
- Основы преобразовательной техники;
- Датчики первичной информации.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОПК-3 способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия и определения приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники;</li> <li>– основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов;</li> <li>– параметры и характеристики приборов и режимов их работы;</li> <li>– основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов;</li> <li>– методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам.</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– собирать схемы для снятия вольтамперных характеристик</li> <li>– определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</li> <li>– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований;</li> <li>– применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне.</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– практическими навыками использования измерительных приборов;</li> <li>– навыками обработки экспериментальных данных;</li> <li>– навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах;</li> <li>– терминами, определениями и профессиональным языком специальности.</li> </ul>
<b>ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия и определения приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники;</li> <li>– основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов;</li> <li>– параметры и характеристики приборов и режимов их работы;</li> <li>– основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов;</li> <li>– методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</li> <li>– простейшие физические и математические модели электронных приборов и их функциональное назначение</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</li> <li>– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований сопоставляя их со справочными данными;</li> <li>– применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне.</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств на их основе;</li> <li>– терминами, определениями и профессиональным языком специальности.</li> </ul>
<b>ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов.</li> </ul>

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– собирать схемы экспериментального исследования параметров и характеристик приборов;</li> <li>– определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</li> <li>– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований сопоставляя их со справочными данными;</li> <li>– применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне.</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– практическими навыками выбора эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов;</li> <li>– навыками обработки экспериментальных данных;</li> <li>– навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах;</li> <li>– терминами, определениями и профессиональным языком специальности.</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 единиц 360 часов:

- аудиторная работа – 136 часов;
- самостоятельная работа – 144,6 часа;
- подготовка к экзаменам – 71,4 часа.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр <sup>1</sup>	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) <sup>1</sup>				Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. занятия <sup>2</sup>	самост. раб.		
<b>1. Вакуумная и газоразрядная электроника</b>	5	2			2	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
1.1. Эмиссионная электроника	5	2			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
1.2. Формирование и транспортировка ПЗЧ	5	2			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
1.3. Взаимодействие ПЗЧ с веществом	5	2			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать. Уметь
1.4. Вакуумные микроволновые приборы	5	2			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
1.5. Методы генерации плазмы; типы и основные характеристики газовых разрядов.	5	2			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
1.6. Применение ПЗЧ, плазмы и газовых разрядов в электронике. Перспективы развития ВиГЭ.	5	2			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-2 Уметь ПК-2 Владеть
<b>Итого по разделу</b>		<b>12</b>			<b>22</b>		

<b>2. Твёрдотельная электроника</b> 2.1. Статистика носителей в полупроводниках. Вырожденные и невырожденные полупроводники.	5	4			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
2.2. Контактные явления в полупроводниках. Контакт металл-полупроводник. <i>P-n</i> гомо- и гетеропереходы.	5	4			4	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
2.3. Полупроводниковые диоды.	5	2	8/2		10	Выполнение и защита лабораторных работ	ПК-1 Уметь Владеть
2.4. Полевые и биполярные транзисторы.	5	4	10/6		10	Выполнение и защита лабораторных работ. Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Уметь Владеть
2.5. Тиристоры.	5	2	8/4		10	Выполнение и защита лабораторных работ. Аудиторная контрольная работа	ПК-2 Уметь Владеть
2.6. Электронные устройства на основе полупроводниковых приборов: схемы выпрямления, генерации колебаний, усилительные каскады	5	4	8/2		10	Выполнение и защита лабораторных работ. Аудиторная контрольная работа	ПК-2 Уметь Владеть
2.7. Перспективы развития твердотельной электроники.	5	2			2,3		ПК-1 Знать.
<b>Итого по разделу</b>		<b>22</b>	<b>34/14</b>		<b>50,3</b>		
<b>Итого за семестр</b>		<b>34</b>	<b>34/14</b>		<b>72,3</b>	<b>Экзамен</b>	
<b>3. Оптическая и квантовая электроника</b> 3.1. Особенности оптической и квантовой электроники. Способы описания электромагнитного излучения (ЭМИ) оптического диапазона.	6	4		4	9	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Уметь

Раздел/ тема дисциплины	Семестр <sup>1</sup>	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) <sup>1</sup>				Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. занятия <sup>2</sup>	самост. раб.		
3.2.Взаимодействие ЭМИ с веществом. Фотоприёмники на основе внутреннего фотоэффекта.	6	5		6/5	9	Оформление и защита лабораторных работ. Аудиторная контрольная работа	ПК-2 Уметь Владеть
3.3. Инверсия населенностей. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.	6	4		4	9	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
3.4.Принцип работы мазеров и лазеров.	6	5		4	9	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
3.5.Оптические резонаторы. Лазеры твёрдотельные, жидкостные, газовые.	6	4		4/3	9	Оформление и защита лабораторных работ. Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
3.6.Полупроводниковые инжекционные излучатели – светодиоды и лазеры на гомо- и гетеропереходах.	6	4		4/3	9	Оформление и защита лабораторных работ. Аудиторная контрольная работа	ПК-2 Уметь Владеть
3.7.Методы модуляции оптического излучения. Оптические методы передачи и обработки информации.	6	4		4	9	Аудиторная контрольная работа	ПК-1 Знать.
3.8. Оптикоэлектронные приборы. Перспективы развития оптической и квантовой электроники.	6	4		4/3	9,3	Оформление и защита лабораторных работ.Аудиторная контрольная работа	ПК-2 Уметь Владеть
<b>Итого по разделу</b>		<b>34</b>		<b>34/14</b>	<b>72,3</b>		
<b>Итого за семестр</b>		<b>34</b>		<b>34/14</b>	<b>72,3</b>	<b>Экзамен</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>68</b>	<b>34/14</b>	<b>34/14</b>	<b>144,6</b>		

## 5. Образовательные и информационные технологии

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается – встреча с представителями предприятий НПО «Автоматика» и «Аэронавигация». Предполагаемые темы встреч связаны со всеми разделами изучаемой дисциплины, и посвящены вопросам использования приборов твёрдотельной, вакуумной, плазменной и оптической электроники на предприятиях ОАО ММК и Магнитогорского аэропорта.

Перед изучением дисциплины проводится предварительный контроль, который направлен на выявление наличного 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 (динамики обученности);

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 конструкции изучаемых приборов и устройств.

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

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
<b>1. Вакуумная и газоразрядная электроника</b> 1.1. Эмиссионная электроника	Реферат № 37.	3,5	Семинар.
1.2. Формирование и транспортировка ПЗЧ	Реферат № 31.	3,5	Текущий контроль.
1.3. Взаимодействие ПЗЧ с веществом	Реферат №27.	3,5	Текущий контроль.
1.4. Вакуумные микроволновые приборы	Реферат №33	3,5	Семинар.
1.5. Методы генерации плазмы; типы и основные характеристики газовых разрядов.	Реферат №29.	4	Семинар.
1.6. Применение ПЗЧ, плазмы и газовых разрядов в электронике. Перспективы развития ВиГЭ.	Реферат №31.	4	Семинар Фронтальный контроль.
<b>Итого по разделу</b>		<b>22</b>	
<b>2. Твёрдотельная электроника</b> 2.1. Статистика носителей в полупроводниках.	Предварительная подготовка по материалам литературных источников.	8,3	Текущий контроль

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
Вырожденные и невырожденные полупроводники.			
2.2. Контактные явления в полупроводниках. Контакт металл-полупроводник. <i>P-n</i> гомо- и гетеропереходы.	Реферат №22.	7	Фронтальный опрос.
2.3. Полупроводниковые диоды.	Обзор по Интернет-материалам. Реферат №9.	7	Семинар.
2.4. Полевые и биполярные транзисторы.	Реферат №38.	7	Семинар.
2.5. Тиристоры.	Реферат №39.	7	Семинар.
2.6. Электронные устройства на основе полупроводниковых приборов: схемы выпрямления, генерации колебаний, усилительные каскады	Предварительная подготовка по материалам литературных источников.	7	Семинар
2.7. Перспективы развития твердотельной электроники.	Реферат на одноимённую тему.	7	Семинар.
<b>Итого по разделу</b>		<b>50,3</b>	
<b>3. Оптическая и квантовая электроника</b>	Предварительная подготовка по материалам литературных источников.	9	Фронтальный опрос.
3.1. Особенности оптической и квантовой электроники. Способы описания электромагнитного излучения (ЭМИ) оптического диапазона.			
3.2. Взаимодействие ЭМИ с веществом. Фотоприёмники на основе внутреннего фотоэффекта.	Реферат №40.	9	Семинар.
3.3. Инверсия населенностей. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.	Предварительная подготовка по материалам литературных источников.	9	Фронтальный опрос.
3.4. Принцип работы мазеров и лазеров.	Реферат №41.	9	Семинар.
3.5. Оптические резонаторы. Лазеры твёрдо-	Предварительная подготовка по материалам ли-	9	Фронтальный опрос.

Раздел/ тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов	Формы контроля
тельные, жидкостные, газовые.	тературных источников.		
3.6.Полупроводниковые инжекционные излучатели – светодиоды и лазеры на гомо- и гетеропереходах.	Реферат №21.	9	Семинар.
3.7.Методы модуляции оптического излучения. Оптические методы передачи и обработки информации.	Реферат №42.	9	Семинар.
3.8. Оптоэлектронные приборы. Перспективы развития оптической и квантовой электроники.	Реферат №43.	9,3	Семинар.
<b>Итого по разделу</b>		<b>72,3</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>144,6</b>	

#### **Перечень тем рефератов и семинарских занятий :**

1. Физические основы и элементная база оптоэлектроники.
2. Светоизлучающие полупроводниковые приборы.
3. Полупроводниковые приемники излучения.
4. Световоды.
5. Криоэлектроника.
6. Акустоэлектроника.
7. Магнитоэлектроника.
8. Диэлектрическая электроника.
9. Приборы на эффекте Ганна.
10. Приборы с зарядовой связью.
11. Аморфные полупроводники и приборы на их основе.
12. Органические полупроводники и возможности их применения в электронной технике.
13. Приборы на основе арсенида галлия.
14. Биоэлектроника.
15. Хемотроника.
16. Фотоумножители на микроканальных пластинах.
17. Электронно-оптические преобразователи.
18. Применение волоконно-оптических и микроканальных пластин для усиления яркости изображения.
19. Лазеры на парах металлов.
20. Эксимерные лазеры.
21. Полупроводниковые лазеры.
22. Гетеропереходы и их применение в приборах.
23. Новые приборы на основе арсенида галлия.
24. Твердотельные приборы на основе соединений элементов второй и шестой групп.
25. Твердотельные приборы на основе соединений элементов четвертой группы.

26. Жидкокристаллические системы отображения информации.
27. Физика электролюминесцентных панелей.
28. Системы отображения информации на основе полупроводниковых приборов.
29. Газоразрядные индикаторные панели в системах отображения информации.
30. Новые электронно-лучевые приборы.
31. Электронные микроскопы. Принцип действия конструкции.
32. Клистроны и магнетроны как компоненты радиолокационных устройств.
33. Применение магнетронов в бытовой аппаратуре.
34. Применение мощных вакуумных ламп в промышленности и радиовещании.
35. Лампы бегущей волны как усилители и генераторы излучения сантиметрового диапазона.
36. Приборы вакуумной и газоразрядной электроники: прогнозы на будущее.
37. Материалы, используемые в качестве эмиттеров и их физические параметры.
38. Сравнительная характеристика полевых и биполярных транзисторов.
39. Применение тиристоров в промышленности.
40. Сравнительная характеристика вакуумных и полупроводниковых фотоприёмников.
41. Области применения лазеров и мазеров.
42. Лазерные устройства отображения информации.
43. Лазерные устройства передачи информации.

### ***Контрольные вопросы и задачи по итогам изучения дисциплины***

#### Раздел «Твёрдотельная электроника»

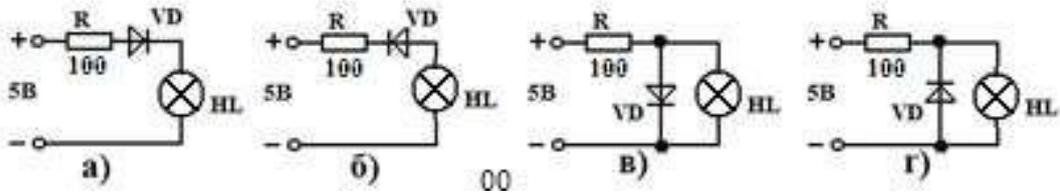
1. Что означает выражение «градиент концентрации»?
2. Что называют током дрейфа? Током диффузии?
3. В каких единицах измеряется проводимость вещества?
4. Чем объясняется различие в проводимостях проводников, полупроводников и диэлектриков?
5. Какой полупроводник называют собственным? Какова его проводимость?
6. Дайте сравнительную характеристику проводимости химически чистых германия и кремния.
7. Как влияет температура кристалла собственного полупроводника на его проводимость?
8. Ширина запрещенной зоны химически чистого германия составляет 0,72эВ, что соответствует тепловой энергии кТ, сообщаемой веществу при его нагреве до 12000К. Как тогда можно объяснить наличие собственной проводимости у германия при комнатной температуре в 300К?
9. Что называют процессом рекомбинации?
10. Что называют временем жизни носителя? Что называют ловушкой? Какова причина появления ловушек?
11. Как влияют ловушки на процессы, происходящие в полупроводнике?
12. Что называют донорами? Акцепторами? Какова их роль?  
Как влияет введение примеси в собственный полупроводник на его проводимость.
13. Что называют основными и неосновными носителями? Примеры таковых носителей .

14. Как понимать выражение «тип проводимости полупроводника», в чем отличие типов проводимости собственного и примесного полупроводников?
15. Какие носители являются основными при введении донорной или акцепторной примесей? Почему?
16. Если энергия ионизации доноров или акцепторов составляет  $0,01\text{эВ}$ , то сколько процентов их ионизировано при температуре  $300\text{К}$ ?
17. В чем отличие механизмов влияния температуры на проводимость полупроводников и металлов?
18. Что называют р-п переходом, как он образуется?
19. Что называют равновесным состоянием р-п перехода
20. Что означают выражения «прямое смещение перехода», «обратное смещение перехода»? Чем отличаются параметры перехода при указанных смещениях?
21. Что означает выражение «пробой р-п-перехода»? По каким признакам судят о наступлении пробоя? Физический механизм пробоя и его разновидности.
22. Назначение, условное обозначение, конструкция, физический принцип действия, ВАХ, параметры и маркировки выпрямительных диодов.
23. -//- стабилизаторов.
24. -//- туннельных диодов
25. -//- диодов Шоттки
26. -//- биполярных транзисторов.
26. -//- полевых транзисторов с управляющим р-п переходом.
27. -//- полевых транзисторов с изолированным затвором и индуцированным каналом.
28. -//- диодов.
29. -//- одно- и двухоперационных триодов.
30. -//- симисторов.
31. Одно- и двухполупериодная (мостовая) схемы выпрямления переменного однофазного напряжения.
32. Динамический режим работы биполярного транзистора в схеме с ОЭ. Необходимость предварительного смещения эмиттерного перехода при усилении разнополярного сигнала и способы его (смещения) организации.
33. Динамический режим работы полевого транзистора с управляющим переходом в схеме ОИ. Режим автоматического смещения.
34. Понятие усилительного каскада (УК) Каскады предварительного усиления на биполярных транзисторах. Расчет параметров УК, собранных по схеме ОЭ.
35. Расчет параметров УК на полевом транзисторе с управляющим переходом, собранного по схеме ОИ.

### Задачи

1, Необходимо осуществить выпрямление переменного напряжения с амплитудным значением  $300\text{В}$  с помощью однополупериодного выпрямителя. Однако, в наличии имеются диоды, чье обратное максимальное напряжение находится в диапазоне  $200 - 250\text{В}$  при обратном токе, изменяющемся в диапазоне  $1,0 - 2,0\text{мкА}$ . Можно ли использовать эти диоды, и как будет выглядеть схема выпрямления в этом случае для активной нагрузки без сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения с элементами защиты диодов от пробоя (выполнить расчёты элементов защиты).

2. Лампа накаливания, изображённая на рисунках, начинает светиться при напря-



жении на ней 2,0В и токе 10 мА. Диод, изображённый на рисунках, имеет прямое падение напряжения 0,8В при токе 10мА и допустимое обратное напряжение 50В. В каких схемах лампа будет светиться? Будет ли её свечение одинаковой яркости и почему? Может ли в какой-то из схем диод выйти из строя?

3. Стабилитрон используется в схеме параметрического стабилизатора напряжения в режиме ( $U_{ст}=7,5В$ ,  $I_{ст}=10мА$ ). Изобразить схему стабилизатора и определить, как и в каком направлении изменится напряжение на его выходе при увеличении тока, протекающего по стабилитрону на 20мА, если прямое падение напряжения на нём составляет 1,0В, а его дифференциальное сопротивление – восемь ом?

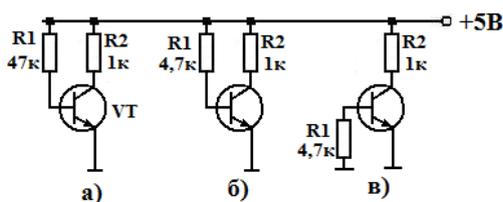
4. Выводам транзистора произвольным образом присвоили номера 1, 2, 3, после чего с помощью омметра измерили сопротивления между ними, записывая результаты измерений и полярность напряжения на щупах омметра (на щупах любого омметра всегда действует постоянное - в смысле постоянной полярности – напряжение, для биполярных транзисторов это напряжение безопасно). Результаты измерения сведены в таблицу. Запись +12 означает, что щупы были соединены с выводами 1и2, причём вывод 1 имел положительный, относительно вывода 2, потенциал. Запись -32 указывает на то, что вывод 3 находился под отрицательным потенциалом, а вывод 2 имел потенциал положительный. Таким образом, знак «плюс» или «минус» находится слева от того вывода, на котором действует этот потенциал. Знак ∞ не означает разрыва цепи, а указывает на то, что сопротивление очень велико, и не может быть измерено данным омметром.

измерение	+12	+13	+23	+21	+31	+32	-12	-13	-23	-21	-31	-32
Результат, кОм	0,2	0,2	100	∞	∞	350	∞	∞	∞	0,2	0,2	100

По результатам анализа таблицы определить, номер какого вывода соответствует базе, эмиттеру или коллектору

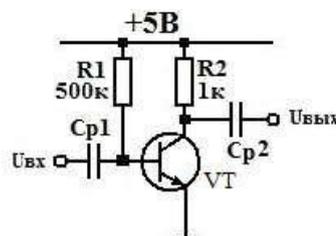
5. Ток базы БТ, работающего в активном режиме в схеме включения ОЭ, равен 20мкА, ток эмиттера при этом – 1мА. Чему равен коэффициент передачи транзистора по постоянному току?

6. Биполярный транзистор ( $B \approx h_{21Э} = 100$ ,  $h_{11Э} = 1кОм$ ,  $h_{12Э} = 0$ ,  $1/h_{22Э} = 20кОм$ ,  $U_{КЭ\max} = 50В$ ,  $U_{КЭ\text{нас}} = 0,4В$  при  $I_K = 10мА$ , схема включения ОЭ) работает в линейном режиме, при этом  $U_{КЭ} = 1В$ ,  $I_K = 1мА$ . Чему будет равен ток коллектора, если увеличить напряжение  $U_{КЭ}$  до 10В?



7. Используя данные задачи №6, выполнить расчёты и указать, в какой из приведенных схем транзистор работает в режимах: квазиотсечки, насыщения, активном (линейном).

8. На рисунке изображена схема усилительного каскада. Указать всех компонентов каскада и схему транзистора. Какие сигналы может усилить устройство: постоянные (однополярные), (разнополярные), и те, и другие.



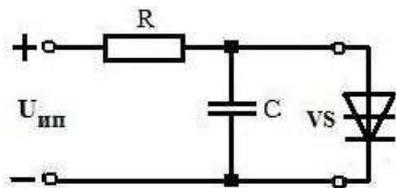
назначение включения усилить переменные

9. Для схемы задачи №8, используя параметры транзистора, приведенные в задаче №6, определить ток и напряжение коллектора покоя, если напряжение смещения составляет 0,8В.

10. Определить коэффициенты усиления каскада задачи №8, используя параметры транзистора, приведенные в задаче №6, для режима «холостого хода» на выходе устройства ( $R_H = \infty$ )

11. Напряжение отсечки полевого транзистора с р-п переходом и n-каналом составляет 3В. Каким должно быть сопротивление автоматического смещения, если предполагается использовать транзистор для усиления переменного напряжения с амплитудой 1В? Изобразить схему такого усилительного каскада.

12. Нарисовать осциллограмму напряжения на конденсаторе  $U_C(t)$ . В момент



включения питания конденсатор разряжен. Напряжение источника питания  $U_{ип} = U_{вкл}$  и . Как будет влиять на характер осциллограммы изменение сопротивления резистора и ёмкости конденсатора?

### 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. Изобразите в относительных единицах ВАХ фотоэлемента для положительных и отрицательных значений анодного напряжения. Фотоэлемент облучают порознь двумя монохроматическими потоками 1 и 2, которые «преодолевают» красную границу. Интенсивность первого потока -  $2 \cdot 10^{12}$  кв/с, длина волны - 555нм, интенсивность второго потока -  $4 \cdot 10^{12}$  кв/с, длина волны - 630нм. Бе ВАХ изобразить в одной системе координат.

1. Перечислите виды разрядов в газе и укажите на области их применения или условия существования.

2. Назначение, конструкция, принцип действия, ВАХ и параметры трёхэлектродной вакуумной лампы с катодом прямого накала.

3. Анодное напряжение вакуумного диода изменяется по закону  $u_A = \sin(\omega t)$ . Изобразите график зависимости анодного тока от времени. Будет ли изменяться этот график при росте частоты  $\omega$ ?

1. С какой целью создается разряжение внутри корпусов вакуумных приборов? Что произойдёт при нарушении вакуума у прибора с оксидным катодом?

2. Чем объяснить наличие экстремума на спектральной характеристике фотоэлемента?

3. Анодный ток вакуумного диода при напряжении на аноде 100В составляет 1мА. Сколько электронов в секунду уходит на анод, и с какой скоростью?

1. Используя уравнение Шрёдингера для одномерного случая, оценить вероятность самопроизвольной электронной эмиссии из вещества.

2. Укажите основные параметры фото, термо и вторично-электронных катодов.

3. Работа выхода вещества анода вакуумного диода с катодом косвенного накала составляет  $6,4 \cdot 10^{-19}$  Дж. Можно ли полагать, что при некотором значении анодного напряжения начнётся вторичная эмиссия из вещества анода, и если да, то при каком, а если нет, то почему?

1. Что называют работой выхода, в чем ее измеряют, какова методика её определения и какова (примерно) её величина для различных веществ?

2. Каким образом можно управлять поперечным размером электронного потока? Приведите пример реализации.

3. Фотоумножитель содержит 5 диодов. Каким будет его анодный ток, если коэффициент вторичной эмиссии для всех диодов одинаков и равен двум, квантовый выход катода равен единице, а катод поглощает монохромное излучение с длиной волны 0,5 мкм и мощностью 6 мВт?

1. Физическая сущность автоэлектронной эмиссии, примеры применения.

2. В каких приборах наблюдается явление вторичной эмиссии, в каких из них она представляет собой желаемое явление, а в каких – нежелательное.

3. Определить время пролёта электрона от катода до анода вакуумного диода при анодном напряжении 100 В и расстоянии между анодом и катодом 4 мм.

1. Физическая сущность взрывной эмиссии.

2. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов.

3. 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).

1. Физическая сущность фотоэлектронной эмиссии.

2. Конструкция, условное обозначение и принцип действия цифровых газоразрядных индикаторов.

3. Определить величину тока насыщения фотоэлемента для двух монохроматических потоков излучения с длинами волн 0,4 и 0,6 мкм при квантовых выходах 0,5 и 1,0 соответственно. Интенсивность обоих потоков одинакова и составляет  $2 \cdot 10^{12}$  кв/с. Какой должна быть красная граница для этих потоков?

1. Физическая сущность вторичной электронно-эмиссии?

2. Механизм свечения газа при «тлеющем разряде»? При каких условиях он возникает?

3. Радиус вращения электрона в атоме водорода, согласно классическим представлениям, составляет  $0,5 \cdot 10^{-10}$  м, а скорость вращения –  $2,3 \cdot 10^6$  м/с. Оценить возможность классического подхода, используя соотношение неопределённостей. Неопределённость координаты  $\Delta x$  взять величиной порядка размеров атома.

1. Что называют «красной границей» фотоэффекта, как она находится?

2. Назовите существующие в настоящее время типы термокатодов и дайте им сравнительную характеристику.

3. Изобразите ВАХ газонаполненного диода и схему эксперимента. Опишите процессы, происходящие в газе при увеличении анодного напряжения.

1. В чём состоит принципиальное отличие самостоятельного газового разряда от несамостоятельного?

2. Что называют фазовой фокусировкой, как её получают и с какой целью используют?

3. Ток термоэмиссии катода ЭЛТ составляет один миллиампер. 20% электронов, эмитированных катодом, поглощаются электродами прожектора, имеющими положительный - относительно катода – потенциал. Чему равен ток аквадага?

1. Физическая сущность катодoluminesценции, её применение.

2. Назначение, конструкция и принцип действия счётчика Гейгера. От каких параметров счётчика зависит его быстродействие?

3. Изменится ли напряжения запираения у вакуумного триода и почему при уменьшении расстояния между катодом и сеткой?

1. Природа темнового тока фотоэлемента и методика его измерения. Как влияет величина темнового тока на разрешающую способность фотоэлемента?

2. Вывод формулы Ричардсона-Дэшмана.

3. Изменится ли напряжения запираения у вакуумного триода и почему при уменьшении

расстояния между катодом и сеткой?

1. Что называют «электронной линзой», где она применяется и для чего?
2. Конструкция и механизм свечения плазменных экранов?
3. Ток насыщения вакуумного фотоэлемента составляет 20мкА при потоке излучения 0,2лм и постоянном напряжении 100В. Будет ли функционировать указанный фотоэлемент при анодном напряжении, изменяющемся по закону:  $u_A = 100 \sin \omega t$ , и если да, то какой, при этом, будет его чувствительность?
1. Вывод формулы для определения величины отклонения луча в электростатическом постоянном поле.
2. Физический механизм дугового разряда и его применение.
3. Как влияет напряжение отражателя на режим работы отражательного клистрона?
1. Используемые в приборах плазменной электроники газы в нормальном состоянии являются изоляторами. Каким образом в них появляются носители тока?
2. Принцип отклонения луча от оси прожектора ЭЛТ посредством магнитного поля.
3. Расстояние между катодом и анодом у вакуумного диода с термокатодом составляет 2мм, его ток равен 1мА при анодном напряжении 100В. Определить равновесную концентрацию электронов в промежутке катод-анод в предположении однородности анодного поля.
1. Что называют «электронным прожектором», какова его конструкция, назначение элементов и область применения?
2. Сравнительная характеристика вакуумного и газонаполненного фотоэлементов.
3. . Изменится ли напряжения запириания у вакуумного триода и почему при уменьшении расстояния между катодом и сеткой?
1. Физический механизм искрового разряда.
2. Является ли излучение катодолюминесцентного индикатора когерентным и почему?
3. В момент перегорания лампы накаливания в её нити, изготовленной из вольфрама, образовался зазор в 0,5мм. При приложении к нити постоянного напряжения 300В амперметр, включенный последовательно с лампой и источником, показал ток величиной 1нА. Какова причина появления тока, ведь цепь разорвана? Изменится ли его (тока) величина при смене полярности напряжения? Какова плотность тока, если диаметр нити 0,4мм?

#### 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. Вывод закона Бугера-Ламберта.
8. Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации.

Физические принципы функционирования волоконных световодов.

9. Понятие инверсной населенности в свете статистики Больцмана. Механизм и способы создания инверсной населенности.

10. Назначение, условное обозначение, конструкция, параметры и принцип действия фоторезисторов. Применение фоторезисторов.

11. Понятие накачки, обоснование ее необходимости и способы осуществления.

12. Основные характеристики и параметры фоторезисторов. Способы защиты от их отказа.

13.. Спонтанное и вынужденное излучения. Уширение спектральных линий, связанное со спонтанными переходами. Примеры спонтанного излучения.

14. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с  $p$ - $n$  переходом. Применение фотодиодов.

15. Понятие активной среды лазера, требования, предъявляемые к активным средам, типы активных сред.

16. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия и параметры светодиодов. Применение светодиодов.

17. Сравнительная характеристика фоторезисторов, основанных на явлениях собственной и примесной проводимости. Особенности эксплуатации фоторезисторов с примесным типом проводимости.

18. Свойства лазерных пучков. Параметры лазерного излучения.

19. 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?

20. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодиодов с  $p$ - $i$ - $n$  структурой. Сравнение с фотодиодами  $p$ - $n$  структуры.

21. Лавинные фотодиоды: область применения, сравнительная характеристика (с  $p$ - $n$  и  $p$ - $i$ - $n$  фотодиодами), особенности эксплуатации.

22. Амплитудно-импульсная модуляция светового пучка инжекционных лазеров. Схемная реализация устройства модулятора.

23. Назначение, условное обозначение, конструкция, принцип действия, характеристики и параметры биполярных фототранзисторов.

24. Обоснование необходимости использования световых пучков для передачи информации. Физические принципы функционирования волоконных световодов.

25. Назначение, условное обозначение, принцип действия, конструкция и параметры фотодетекторов..

26. Конструкции одномодовых и многомодовых волноводов, особенности применения.

27. 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.

28. Какими факторами объясняется инерционность фоторезистора?

29. Назначение, условное обозначение, конструкция и принцип действия полевых фототранзисторов. Основные характеристики и параметры фототранзисторов.

30. Физическая сущность затухания и искажения сигнала, передаваемого по оптическому кабелю. Параметры оптических кабелей, характеризующих указанные явления.

31. 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?

32. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода с  $p$ - $n$  переходом в режиме хо-

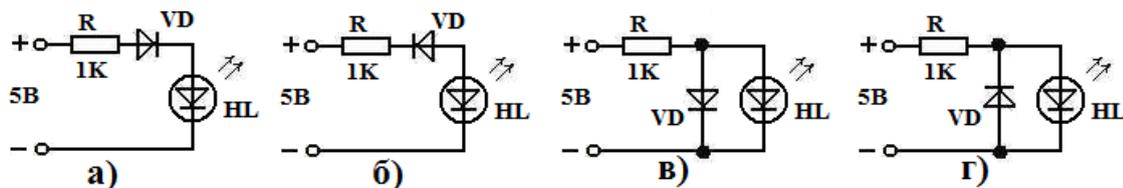
лостого хода при облучении светом?

33. Конструкция и принцип действия твердотельных (рубиновых) лазеров.
34. Оптроны. Назначение оптронов, их разновидности и сравнительная характеристика. Условное обозначение и параметры тиристорных оптронов.
35. Какие механизмы поглощения света используются в фоторезисторах? Дайте им сравнительную характеристику.
36. Параметры фоторезисторов с указанием их размерности и методики определения.
37. В чем отличие параметров фоторезисторов, изготовленных из собственного и примесного полупроводников?
38. Какова причина высокой инерционности фоторезисторов?
39. В каком случае фоторезисторы необходимо охлаждать?
40. Как определить чувствительность фоторезистора?
41. Изобразите схему включения фоторезистора как фотоприёмника.
42. Чем кристалл фотодиода отличается от кристалла фоторезистора?
43. Какие процессы происходят в кристалле фотодиода при облучении?
44. Что называют «красной границей внутреннего фотоэффекта», как её определяют?
45. Каков механизм возникновения фотоЭДС?
46. Какой режим работы фотодиода обладает большей чувствительностью и почему?
47. Как влияет режим работы фотодиода на его быстродействие?
48. Параметры фотодиода с указанием их размерности и методики определения. 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)?

### Задачи

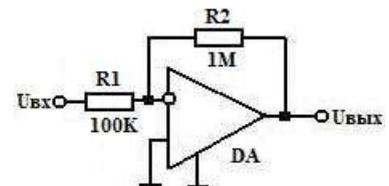
1. Определите частоту и энергию фотона гелий-неонового лазера при  $\lambda = 0,6328 \text{ мкм}$ . Может ли человек видеть излучение этого лазера ?
2. Найти длину оптического кабеля, при которой оптическая мощность вводимого излучения уменьшится в 10 раз, если коэффициент затухания составляет 0,2 дБ/км.
3. Энергия ионизации примеси у кристалла фоторезистора составляет 0,015 эВ. До какой температуры необходимо охлаждать фоторезистор?
4. Разработать схему защиты светодиода, входящего в состав оптрона, от импульсов обратного напряжения и указать её параметры.
5. Уменьшение оптической мощности  $P(x)$  при прохождении расстояния  $x$  выражается законом Бугера - Ламберта через коэффициент поглощения  $\alpha$ . Найти соотношение между  $\alpha$ , измеряемым в  $[\text{м}^{-1}]$  и коэффициентом поглощения, выраженном в  $[\text{дБ/км}]$ .
6. На каком расстоянии от фотодиода, имеющего площадь активной поверхности  $1 \text{ см}^2$  и величину квантового выхода 10% должен находиться светодиод, излучающей на длине волны с  $\lambda_{\text{max}} = 0,555 \text{ нм}$  при силе света в одну канделу, чтобы ток фотодиода имел импульсный характер с частотой импульсов 10 Гц?

9. Одномодовый точечный источник генерирует излучение с  $\lambda=4\text{мкм}$ . Мощность источника  $10^{10}$  квант/с. Определить энергетическую освещенность площадки в  $1\text{мм}^2$ , ориентированной нормально к источнику и расположенной от него на расстоянии 30см.
10. Показатель преломления сердцевины одномодового оптического кабеля составляет 1,213. Через какое время излучение достигнет фотоприемника, если длина кабеля составляет 2км?
11. По какой методике можно рассчитать ожидаемую скорость передачи информации по оптическому кабелю с известными параметрами?
12. В каких из нижеприведенных схем будет наблюдаться заметное свечение светодиода? При анализе используйте результаты, полученные в лабораторных работах (VD – обычный маломощный кремниевый выпрямительный диод).



13. Известно, что данный прибор является оптроном. У него пять внешних выводов. Как экспериментально, располагая средствами измерений, определить тип оптрона и функцию каждого вывода.

14. Входное напряжение ОУ формируется фотодиодом, имеющем чувствительность  $100\text{мкА/лм}$ . На фотодиод направлен поток излучения импульсного характера с амплитудой импульсов  $0,1\text{лм}$ . Изобразить схему формирования  $U_{\text{вх}}$  ОУ для случая работы фотодиода в диодном режиме, и определить амплитуду импульсов выходного сигнала, а также минимальное напряжение источника питания ОУ.



15. Ставится задача изменения коэффициента передачи масштабирующего усилителя на ОУ при изменении мощности внешнего излучения. Какой должна быть принципиальная схема данного устройства?
16. Длина волны инжекционного лазера, используемого для передачи информации по оптическому кабелю, составляет  $0,8\text{мкм}$ . Какая теоретически максимальная скорость передачи информации может быть достигнута?
17. Источник квазимонохромного излучения (IRE) с  $\lambda=1\text{мкм}$  и интенсивностью  $1\text{Вт/м}^2$  используется в системе охранной сигнализации. Расстояние до фотоприемника (фотодиода с диаметром линзы 5мм) составляет 6м. Какая энергия поглощается кристаллом полупроводника фотодиода с точки зрения корпускулярных и волновых представлений.
18. Разработать схему усиления сигнала фоторезистора с помощью биполярного  $n-p-n$  транзистора и методику ее 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 экзамена.

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-3 способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей		
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия и определения приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники;</li> <li>– основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов;</li> <li>– параметры и характеристики приборов и режимов их работы;</li> <li>– основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов;</li> <li>– методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам</li> </ul>	<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> <li>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.</li> <li>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</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>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 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>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– собирать схемы для снятия вольтамперных характеристик</li> <li>– определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</li> <li>– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований;</li> <li>– применять полученные знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне</li> </ul>	<p>Вопросы для подготовки к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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.</li> <li>2. Приведите условное графическое обозначение стабилитрона в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов, укажите полярность включения и действительные направления токов и напряжений в режиме стабилизации.</li> <li>3. Приведите условное графическое обозначение стабилитора в соответствии с ГОСТ, подпишите наименование выводов и укажите полярность включения в режиме стабилизации.</li> <li>4. 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.</li> <li>5. 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.</li> <li>6. Приведите способ включения биполярного транзистора р n 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.</li> <li>7. Приведите способ включения биполярного транзистора n p n 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.</li> <li>8. Приведите способ включения полевого транзистора с управляющим р n затвором и каналом n типа в схему усилителя с общим истоком, укажите</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>9. 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>10. 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>11. 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>12. 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>13. 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 обогащения. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>14. Приведите способ включения полевого МДП транзистора с индуцированным каналом n типа в схему усилителя с общим истоком,</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>укажите полярности и действительные направления токов и напряжений в активном режиме. Условное графическое обозначение транзистора должно соответствовать ГОСТ.</p> <p>15. Приведите способ включения полевого МДП транзистора с индуцированным 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>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– практическими навыками использования измерительных приборов;</li> <li>– навыками обработки экспериментальных данных;</li> <li>– навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах;</li> <li>– терминами, определениями и профессиональным языком специальности</li> </ul>	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <p>Исследование характеристик полупроводниковых диодов;</p> <p>Исследование стабилитрона и стабистора;</p> <p>Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой;</p> <p>Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером;</p> <p>Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком;</p> <p>Исследование тиристора;</p> <p>Исследование электровакуумного триода;</p> <p>Исследование динатронного эффекта в электровакуумном тетроде;</p> <p>Исследование электровакуумного пентода</p>
ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования		
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные понятия и определения приборов полупроводниковой, вакуумной и газовой электроники;</li> <li>– основные физические процессы и принципы функционирования изучаемых приборов;</li> <li>– параметры и характеристики приборов и режимов их работы;</li> </ul>	<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.</li> </ol> <p>Перечислить основные материалы, имеющие широкое применение в</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>– основные модели и схемы замещения исследуемых нелинейных элементов;</p> <p>– методики определения параметров приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</p> <p>– простейшие физические и математические модели электронных приборов и их функциональное назначение</p>	<p>электронике.</p> <p>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.</p> <p>4. Примесные полупроводники n 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>5. Примесные полупроводники p 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 p n перехода при отсутствии внешнего электрического поля.</p> <p>10. Анализ равновесного состояния p n перехода: распределение равновесных</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>концентраций носителей заряда в структуре перехода, потенциальная диаграмма, потенциальный барьер, ширина обедненной зоны, сравнительная электропроводность области объемного заряда и нейтральных областей.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>13. Идеализированная ВАХ диода, тепловой ток и тепловой потенциал. Реальная ВАХ диода, характерные участки режимов и состояний диода.</li> <li>14. Емкостные свойства р n перехода. Барьерная и диффузионная емкость, вольт-фарадные характеристики. Варикапы.</li> <li>15. Виды пробоя р n перехода, обратимость, механизмы, участки ВАХ стабилитронов для каждого типа пробоя, ТКН и свойство саморазогрева.</li> <li>16. Диод Шоттки и контакт металл-полупроводник. Выпрямляющие и невыпрямляющие контакты.</li> </ol>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</li> <li>– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований, сопоставляя их со справочными данными;</li> <li>– применять полученные знания в профессиональной деятельности;</li> <li>использовать их на междисциплинарном уровне</li> </ul>	<p>Вопросы для подготовки к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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.</li> <li>2. 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</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>включения с ОБ, принцип управления и коэффициент передачи, режимы работы транзистора и их области на ВАХ.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. 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.</li> <li>4. Простейшие схемы усилительных каскадов с ОЭ, ОБ и ОК. Возможные коэффициенты усиления в этих схемах.</li> <li>5. Полевые транзисторы. Раскрыть их двойное название. Способы изоляции затвора, виды полевых транзисторов и их условные графические обозначения. Сравнительная характеристика полевых и биполярных транзисторов.</li> <li>6. Полевые транзисторы с управляющим р-п-затвором. Условные графические 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.</li> <li>7. 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.</li> <li>8. МДП транзисторы с индуцированным каналом. Условные графические обозначения, внутренняя структура и принцип действия. Способ</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>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>9. 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>10. Специальные виды тиристоров, их условные графические обозначения, свойства, параметры и ВАХ. Сравнительная характеристика электронных ключевых приборов.</p> <p>11. Определение электровакуумных приборов, их виды и применение.</p> <p>12. Свойства газа и понятие вакуума. Низкий, средний и высокий вакуум. Теплоизоляционные свойства вакуума.</p> <p>13. Электронная эмиссия и работа выхода электрона. Виды электронной эмиссии в электровакуумных приборах.</p> <p>14. Элементы конструкции электронных ламп, их функциональное назначение и особенности изготовления: катоды, сетки, корпуса, электроды, геттеры.</p> <p>15. 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>16. Принцип действия электровакуумного диода и кривые распределения потенциалов в пространстве анод-катод при различных напряжениях на аноде.</p> <p>17. Электровакуумные триоды, их отличие от диодов по конструкции и</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>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>18. 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>19. 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>20. Устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) с электростатической фокусировкой и отклонением луча. УГО ЭЛТ и принцип действия осциллографа.</p>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств на их основе;</li> <li>– терминами, определениями и профессиональным языком специальности</li> </ul>	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Исследование характеристик полупроводниковых диодов;</li> <li>Исследование стабилитрона и стабистора;</li> <li>Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой;</li> <li>Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером;</li> <li>Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком;</li> <li>Исследование тиристора;</li> <li>Исследование электровакуумного триода;</li> <li>Исследование динаatronного эффекта в электровакуумном тетроде;</li> <li>Исследование электровакуумного пентода</li> </ul>
<p>ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</p>		

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов</li> </ul>	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Исследование характеристик полупроводниковых диодов;</li> <li>Исследование стабилитрона и стабистора;</li> <li>Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой;</li> <li>Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером;</li> <li>Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком;</li> <li>Исследование тиристора;</li> <li>Исследование электровакуумного триода;</li> <li>Исследование динатронного эффекта в электровакуумном тетраде;</li> <li>Исследование электровакуумного пентода</li> </ul>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– собирать схемы экспериментального исследования параметров и характеристик приборов;</li> <li>– определять основные параметры приборов по экспериментальным данным и вольтамперным характеристикам;</li> <li>– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований, сопоставляя их со справочными данными;</li> <li>– применять полученные знания в профессиональной деятельности;</li> <li>использовать их на междисциплинарном уровне</li> </ul>	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Исследование характеристик полупроводниковых диодов;</li> <li>Исследование стабилитрона и стабистора;</li> <li>Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой;</li> <li>Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером;</li> <li>Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком;</li> <li>Исследование тиристора;</li> <li>Исследование электровакуумного триода;</li> <li>Исследование динатронного эффекта в электровакуумном тетраде;</li> <li>Исследование электровакуумного пентода</li> </ul>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– практическими навыками выбора эффективной методики экспериментального исследования</li> </ul>	<p>Выполнение, расчёт, оформление и защита лабораторных работ на темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Исследование характеристик полупроводниковых диодов;</li> <li>Исследование стабилитрона и стабистора;</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	параметров и характеристик приборов; – навыками обработки экспериментальных данных; – навыками пусконаладочных работ по обнаружению и устранению неисправностей в электрических схемах; – терминами, определениями и профессиональным языком специальности	Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой; Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером; Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-затвором в схеме с общим истоком; Исследование тиристора; Исследование электровакуумного триода; Исследование динатронного эффекта в электровакуумном тетраде; Исследование электровакуумного пентода

**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.

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 (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.

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

### **а) Основная литература:**

1. 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.

2. 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: по подписке.

3. 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.

4. 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.

#### **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 лабораторным работам по разделу «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:**

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.gpntb.ru> , свободный.– Загл. с экрана. Яз. рус.

2. Российская национальная библиотека. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.nlr.ru> . Яз. рус.

3. Электронная библиотека <http://e.lanbook.com/>

4. Журнал радиоэлектроники - электронный журнал [Электронный ресурс], ISSN 1684-1719 Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/radioeng.html>

### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Windows 10 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Windows XP Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
Браузер Mozilla Firefox	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	<a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	<a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	<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="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: Демонстрационные плакаты и натурные образцы изучаемых приборов.

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

Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий . Оснащение: 10 универсальных лабораторных стендов 87Л-01, мультиметры, осциллографы.

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