



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ**

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа  
**11.03.04- Электроника и наноэлектроника**

Профили подготовки:  
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования  
**Бакалавриат**

Форма обучения:  
**Очная**

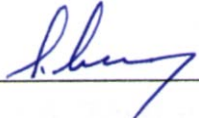
Статус дисциплины:  
**Базовая**

Махачкала 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **11.03.04- Электроника и наноэлектроника**, профиль подготовки - **Микроэлектроника и твердотельная электроника** (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Курбанов М.К., к.ф.м.н., доцент; Садыков С.А. д.ф.м.н., проф.

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «31» марта 2017г., протокол № 8

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «31» марта 2017г., протокол № 7.

Председатель \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«3» апреля 2017г. \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Гасангаджиева А.Г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы .....	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	9
5. Образовательные технологии.....	24
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов...	25
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	26
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	27
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.....	28
7.3. Типовые контрольные задания.....	32
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	39
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	40
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	41
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины...	42
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	43
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	43

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физические основы электроники» входит в базовую, часть образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины направлено на ознакомление студентов с основами зонной теории и физическими процессами в полупроводниках, принципами работы современных электронных и полупроводниковых приборов, их основных свойств и характеристик.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

**общекультурных:** способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

**общепрофессиональных:** способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

**профессиональных:** готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3).

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: тестирование, индивидуальное собеседование, письменные контрольные задания и пр. и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины **9** зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се ме стр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточ ой аттеста ции (зачет, дифференци рованный зачет, экзамен)	
	в том числе								
	Контактная работа обучающихся с преподавателем								
	Все го	из них							
	Лек ции	Лаборат орные занятия	Практи ческие занятия	КСР	консу льтац ии				
6,7	324	52	66	78	72		56		
6	108	16	18	30	36		8	экзамен	
7	216	36	48	48	36		48	экзамен	

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель изучения дисциплины** «Физические основы электроники» - дать базовые знания по ряду теоретических и прикладных проблем в области электроники, ознакомить с достижениями и проблемами современной твердотельной электроники.

**Задачами дисциплины** является изучение физических основ современной твердотельной электроники, принципа действия, конструктивно-технологических особенностей, основных характеристик и параметров приборов твердотельной электроники.

Основные разделы программы курса: основы зонной теории полупроводников, физические основы работы полупроводниковых приборов, контактные явления в полупроводниках, полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МПД –транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, полупроводниковые излучатели и фотоприемники, полупроводниковые резисторы и преобразователи, сведения по надежности полупроводниковых приборов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Физические основы электроники» в структуре ООП ВО находится базовую часть образовательной программы. Для освоения дисциплины «Физические основы электроники» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Теоретические основы электротехники
- Введение в физику полупроводников
- Материалы электронной техники
- Нанoeлектроника
- Наноструктурные материалы.
- Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• понятия «самостоятельная работа студентов», «самоорганизация», «самоконтроль», «самообразование»;</li><li>• формы, технологии организации самостоятельной работы;</li><li>• пути достижения образовательных</li></ul>

		<p>результатов и способы оценки результатов обучения*;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• виды, формы контроля успеваемости в вузе</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения;</li> <li>• использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы;</li> <li>• объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• культурой мышления, способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения;</li> <li>• навыками составления результаториентированных планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и внеучебной работы;</li> <li>• способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию, познавательную активность.</li> </ul>
ОПК-1	<p>способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</li> <li>• состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники;</li> <li>• понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и</li> </ul>
ОПК-2	<p>способностью</p>	

	<p>выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>вычислительной техники, информационных технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы вычислительной физики и математического моделирования структур, приборов или технологических процессов микро- и наноэлектроники.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;</li> <li>• создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов</li> <li>• самостоятельно изучать и понимать; специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами современной электроники.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности</li> </ul>
ПК-3	<p>готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные закономерности формирования омических контактов, электронно-дырочных переходов, поверхностно-барьерных структур, гетеропереходов, физические принципы работы приборов твердотельной электроники, основные параметры полупроводниковых приборов;</li> <li>• классификацию электронных приборов электроники по мощности, частотному диапазону</li> </ul>

		<p>работы, по назначению;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные электрические, оптические свойства полупроводниковых материалов;</li> <li>• механизмы протекания тока в электронно-дырочных переходах и барьерах Шоттки;</li> <li>• условно-графические обозначения и области применения приборов электроники.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• качественно объяснять принцип работы полупроводникового диода, биполярного и полевого транзистора, тиристора приборов оптоэлектроники;</li> <li>• использовать специализированные знания в области электроники для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и наноэлектроники</li> <li>• оценивать номинальные и максимально-допустимые пределы параметров приборов электроники</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами количественного формулирования и решения задач в области электроники;</li> <li>• методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физических основ электроники;</li> <li>• методами экспериментальных исследований свойств приборов электроники на современном инновационном оборудовании.</li> </ul>
--	--	---



#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические	Лабораторные	Контроль самост.		
<b>Модуль 1. Физические основы полупроводниковой электроники</b>									
1	Физические основы работы приборов полупроводниковой электроники.	6		10	16	10	20	4	Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
<b>Модуль 2. Электрические переходы</b>									
2	Контактные явления в полупроводниках	6		6	14	8	16	4	(ДЗ), (С), (РС)
<b>ИТОГО: 6 – сем.</b>				<b>16</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	
<b>Модуль 3. Полупроводниковые диоды</b>									
3	Полупроводниковые диоды	7		6	8	6	6	8	(ДЗ), (С), (РС)
<b>Модуль 4. Биполярные транзисторы. Тиристоры.</b>									
4	Биполярные транзисторы	7		8	10	4	6	8	(ДЗ), (С), (РС)
5	Тиристоры	7		4	4	4	4	4	(ДЗ), (С), (РС)
<b>Модуль 5. Полевые транзисторы.</b>									
6	МПД-транзисторы	7		4	6	6	4	4	(ДЗ), (С), (РС)
7	Полевые транзисторы с управляющим переходом	7		4	6	6	4	4	(ДЗ), (С), (РС)

Модуль 6. <i>Оптоэлектронные полупроводниковые приборы</i>									
8	Полупроводниковые излучатели и фотоприемники	7		4	8	8	4	10	(ДЗ), (С), (РС)
9	Полупроводниковые резисторы и преобразователи	7		2	4	4	4	4	(ДЗ), (С), (РС)
Модуль 7. <i>Надежность полупроводниковых приборов.</i>									
10	Сведения по надежности полупроводниковых приборов	7		4	6	4	4	6	(ДЗ), (С), (РС)
<b>ИТОГО: (7 сем.)</b>					<b>36</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>36</b>	<b>48</b>
<b>Всего: 324</b>					<b>52</b>	<b>78</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>56</b>

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 6-семестр

#### Модуль 1.

#### Физические основы полупроводниковой электроники

##### Тема 1. Основы зонной теории полупроводников.

Уравнение Шрёдингера для кристалла, одноэлектронное приближение. Зоны разрешенных значений энергии электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. Движение носителей заряда в кристалле под действием электрического поля, понятие эффективной массы. Локализованные состояния. Элементарная теория примесных состояний. Поверхностные состояния. Зонная структура некоторых полупроводников.

##### Тема 2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках. Уравнение электронейтральности. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей заряда в полупроводнике, легированном одним типом примеси, в компенсированном полупроводнике. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.

##### Тема 3. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках.

Уравнение непрерывности. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Диффузия основных и неосновных неравновесных носителей заряда. Биполярный коэффициент диффузии. Биполярная

дрейфовая подвижность. Распределение концентрации избыточных носителей заряда в полупроводнике в зависимости от скорости поверхностной рекомбинации. Инжекционные токи в твердых телах.

#### **Тема 4. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.**

Спектр отражения и спектр поглощения оптического излучения. Собственное поглощение света, прямые и непрямые переходы. Влияние внешних воздействий на собственное поглощение полупроводников. Экситонное поглощение, поглощение свободными носителями заряда, примесное и решеточное поглощение. Фоторезистивный эффект, квантовый выход, коэффициент усиления. Зависимость фототока от интенсивности света, кинетика фототока.

### **Модуль 2.**

#### **Тема 5. Электрические переходы.**

Электронно-дырочный (р-п) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в р-п-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Прямое и обратное включение р-п-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Формула Шокли. Методы формирования и классификация р-п-переходов.

Переходы на основе контакта металл-полупроводник. Выпрямляющие переходы. Их энергетические диаграммы при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника. Барьер Шотки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта.

Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.

## **7- семестр**

### **Модуль 3.**

#### **Тема 1. Полупроводниковые диоды**

Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольтамперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы. Генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Влияние поверхностных состояний на вольт амперную характеристику. Лавинный, туннельный и тепловой пробой. Барьерная и диффузионная емкости диода. Физическая эквивалентная схема. Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов.

Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные плоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивно-технологические особенности, электрические свойства. Диоды различного

назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабисторы, диоды Шотки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.

#### **Модуль 4.**

##### **Тема 2. Биполярные транзисторы.**

Структура, принцип действия, схемы включения транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении. Коэффициенты передачи токов эмиттера и базы. Пробой транзистора.

Статические характеристики транзистора. Системы статических характеристик. Модель Эберса-Молла. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Сущность эффекта Эрли. Влияние температуры на статические характеристики.

Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Физические схемы и собственные параметры. Параметры транзистора как линейного четырехполюсника. Зависимость малосигнальных параметров от постоянной составляющей тока на входе и напряжения на выходе. Частотные параметры транзистора.

Работа транзистора с нагрузкой. Нагрузочная характеристика. Активный режим работы. Работа транзистора на импульсах. Переходные процессы в транзисторе.

Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.

##### **Тема 3. Тиристоры.**

Структура и принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом.

Триодный тиристор. Принцип управления. Условие переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно-технологические особенности и параметры тиристорov.

#### **Модуль 5.**

##### **Тема 4. Полевые транзисторы. МДП- транзисторы**

Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение. Особенности реальных МДП-структур.

Структура, принцип действия и схемы включения МДП-транзистора. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические

выходные характеристики. Перекрытие канала. Напряжение насыщения. Уравнения ВАХ для крутой и пологой частей характеристик. Характеристики передачи. Влияние температуры на статические характеристики. Пробой транзистора.

Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы МДП-транзистора. Частотные свойства. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа.

Конструктивно-технологические разновидности транзисторов. Эффекты короткого канала в МДП-транзисторах. Зависимость порогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке. Особенности статических характеристик короткоканальных транзисторов. Транзисторы с самосовмещенным затвором. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).

### **Тема 5. Полевые транзисторы с управляющим переходом**

Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Разновидности полевых транзисторов.

Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ). Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ. Принцип действия при работе в режимах обогащения и обеднения канала. Статические характеристики. Конструктивно-технологические особенности и основные параметры. ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия.

## **Модуль 6.**

### **Тема 6. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.**

Полупроводниковые излучатели. Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели, инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.

Фотоприемники. Явление фотопроводимости и фотовольтаический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры. Оптопары.

### **Тема 7. Полупроводниковые резисторы**

Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства.

## Модуль 7.

### Тема 8. Гальваномагнитные приборы. Сведения по надежности полупроводниковых приборов

Гальваномагнитные приборы (преобразователи Холла, магнитодиоды, магнитотранзисторы), тензоэлектрические приборы (тензорезисторы, тензодиоды): принцип действия и основные свойства.

Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности.

### Содержание лекционных занятий

Модули	Содержание темы
<b>Модуль 1. Физические основы полупроводниковой электроники</b>	<p><b><i>Лекция 1. Основы зонной теории полупроводников.</i></b> Уравнение Шрёдингера для кристалла, одноэлектронное приближение. Зоны Бриллюэна. понятие эффективной массы. Локализованные состояния. Зонная структура некоторых полупроводников.</p> <p><b><i>Лекция 2. Основы зонной теории полупроводников.</i></b> Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.</p> <p><b><i>Лекция 3. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.</i></b> Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.</p> <p><b><i>Лекция 4. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках.</i></b> Диффузионный и дрейфовый токи. Диффузия основных и неосновных неравновесных носителей заряда. Инжекционные токи в твердых телах.</p> <p><b><i>Лекция 5. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.</i></b> Собственное поглощение света, прямые</p>

<p><b>Модуль 2.</b> <b>Электрические переходы</b></p>	<p>и не прямые переходы. Фоторезистивный эффект, квантовый выход, коэффициент усиления. Зависимость фототока от интенсивности света, кинетика фототока.</p> <p><i>Лекция 6. Электронно-дырочный (p-n) переход.</i> Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в p-n-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Прямое и обратное включение p-n-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. ВАХ p-n перехода.</p> <p><i>Лекция 7. Переходы на основе контакта металл-полупроводник.</i> Выпрямляющие переходы. Барьер Шоттки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта. ВАХ барьера Шоттки.</p> <p><i>Лекция 8. Гетеропереходы.</i> Понятие идеального гетероперехода. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах. Вольтамперные и вольтфарадные характеристики гетеропереходов.</p>
<p><b>Модуль 3.</b> <b>Полупроводниковые диоды</b></p>	<p><i>Лекция 9. Полупроводниковые диоды.</i> Структура и основные элементы полупроводникового диода. Барьерная и диффузионная емкости диода. Вентильное свойство диода. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.</p> <p><i>Лекция 10. Полупроводниковые диоды.</i> Генерация и рекомбинация носителей заряда в p-n-переходе. Влияние поверхностных состояний на вольт-амперную характеристику. Барьерная и диффузионная емкости диода. Физическая эквивалентная схема. Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов.</p> <p><i>Лекция 11. Полупроводниковые диоды.</i> Диоды различного назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабилитроны, диоды Шоттки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.</p>
<p><b>Модуль 4.</b> <b>Биполярные</b></p>	<p><i>Лекция 12. Биполярные транзисторы.</i> Структура,</p>

<p><b>транзисторы</b> <b>Тиристоры.</b></p>	<p>принцип действия, схемы включения транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении. Коэффициенты передачи токов эмиттера и базы. Пробой транзистора.</p> <p><i>Лекция 13 Биполярные транзисторы.</i> Статические характеристики транзистора. Системы статических характеристик. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Влияние температуры на статические характеристики.</p> <p><i>Лекция 14 Биполярные транзисторы.</i> Частотные параметры транзистора. Работа транзистора с нагрузкой. Нагрузочная характеристика. Активный режим работы. Работа транзистора на импульсах. Переходные процессы в транзисторе.</p> <p><i>Лекция 15. Биполярные транзисторы.</i> Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.</p> <p><i>Лекция 16. Тиристоры.</i> Структура и принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом.</p> <p><i>Лекция 17. Тиристоры.</i> Триодный тиристор. Принцип управления. Условие переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно-технологические особенности и параметры тиристоров.</p> <p><i>Лекция 18. МДП- транзисторы.</i> Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник(МДП-структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение.</p> <p><i>Лекция 19. МДП- транзисторы.</i> Транзисторы с</p>
<p><b>Модуль</b> <b>5.Полевые транзисторы.</b></p>	



<p><b>Модуль 6.</b> <b>Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.</b> <b>Полупроводниковые резисторы</b></p>	<p>индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Характеристики передачи. Влияние температуры на статические характеристики. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем.</p> <p><b>Лекция 20. Полевые транзисторы.</b> Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Разновидности полевых транзисторов.</p> <p><b>Лекция 21. Полевые транзисторы.</b> Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ). Конструктивно-технологические особенности и основные параметры. ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия.</p> <p><b>Лекция 22. Полупроводниковые излучатели.</b> Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели. Инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.</p> <p><b>Лекция 23. Фотоприемники.</b> Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры. Оптопары.</p> <p><b>Лекция 24. Полупроводниковые резисторы</b> (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства, конструктивные особенности, области применения.</p>
<p><b>Модуль 7.</b> <b>Гальваномагнитные приборы</b> <b>Надежность полупроводниковых приборов.</b></p>	<p><b>Лекция 25. Гальваномагнитные приборы</b> (преобразователи Холла, магнитодиоды, магнитотранзисторы), тензоэлектрические приборы (тензорезисторы, тензодиоды) : принцип действия и основные свойства.</p> <p><b>Лекция 26. Основные положения и понятия теории надежности.</b> Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания</p>

	на надежность. Пути повышения качества и надежности.
--	--

### Темы практических и семинарских занятий

Модули	Темы практических (семинарских) занятий
	<b>6-семестр</b>
<b>Модуль 1. Тема 1 Основы зонной теории полупроводни ков</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основные приближения зонной теории.</li> <li>• Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Искривление энергетических зон в электрическом поле.</li> <li>• Энергетические уровни и зоны</li> <li>• Донорные и акцепторные примеси</li> <li>• Проводники, полупроводники и диэлектрики</li> <li>• Решение задач по теме 1</li> </ul>
<b>Тема 2 Статистика электронов и дырок в полупроводни ках.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Собственная электропроводность полупроводников</li> <li>• Распределение электронов по энергетическим уровням</li> <li>• Примесная электропроводность полупроводников</li> <li>• Расчет температурной зависимости положения уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках.</li> <li>• Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника.</li> <li>• Решение задач по теме 2</li> </ul>
<b>Тема 3. Диффузия и дрейф неравновесны х носителей заряда в полупроводни ках.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Процессы переноса зарядов в полупроводниках</li> <li>• Дрейф носителей заряда</li> <li>• Диффузия носителей заряда</li> <li>• Расчет коэффициента диффузии, длины свободного пробега и времени жизни неосновных носителей заряда.</li> <li>• Решение задач по теме 3</li> </ul>
<b>Тема 4. Оптические и фотоэлектрич еские явления в полупроводни ках.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация.</li> <li>• Механизмы оптических переходов в полупроводниках.</li> <li>• Примесное поглощение вблизи края запрещенной зоны в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.</li> <li>• Исследование спектров люминесценции полупроводников.</li> <li>• Решение задач по теме 4</li> </ul>

<p><b>Модуль 2.</b> <b>Тема</b> <b>5.Электрические переходы.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Электронно-дырочный переход</li> <li>• Вентильное свойство <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Вольт-амперная характеристика <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Виды пробоев <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Ёмкость <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Контакт «металл – полупроводник»</li> <li>• Контакт между полупроводниками одного типа проводимости</li> <li>• Гетеропереходы</li> <li>• Свойства омических переходов</li> <li>• Решение задач по теме 5</li> </ul>
	<p><b>7-семестр</b></p>
<p><b>Модуль 3.</b> <b>Тема 1.</b> <b>Полупроводниковые диоды</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выпрямительные диоды</li> <li>• Особенности вольтамперных характеристик выпрямительных диодов</li> <li>• Импульсные диоды</li> <li>• Туннельные диоды</li> <li>• Обращенный диод</li> <li>• Диоды Шоттки</li> <li>• Варикапы</li> <li>• Стабилитроны</li> <li>• Стабисторы</li> <li>• Применение полупроводниковых диодов</li> </ul>
<p><b>Модуль 4.</b> <b>Тема</b> <b>2.Биполярные транзисторы.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Физические процессы в биполярном транзисторе</li> <li>• Схемы включения транзистора</li> <li>• Схема с общей базой</li> <li>• Схема с общим эмиттером</li> <li>• Схема с общим коллектором</li> <li>• Статические характеристики биполярного транзистора</li> <li>• Статические характеристики для схемы с общей базой</li> <li>• Статические характеристики для схемы с общим эмиттером</li> </ul>
<p><b>Тема 3.</b> <b>Тиристоры.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Динисторы</li> <li>• Триодные тиристоры</li> <li>• Способы запираания тиристоров</li> <li>• Запираемые тиристоры</li> <li>• Симметричные тиристоры</li> <li>• Основные параметры тиристоров</li> <li>• Применение тиристоров</li> <li>• Управляемые выпрямители</li> <li>• Регуляторы переменного напряжения</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Структура и основные режимы работы</li> </ul>
<b>Модуль 5.</b> <b>Тема</b> <b>4. Полевые транзисторы. МДП-транзисторы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Полевой транзистор с управляющим <math>p-n</math>-переходом</li> <li>• Схемы включения полевых транзисторов</li> <li>• Статические характеристики полевых транзисторов</li> <li>• Основные параметры полевых транзисторов</li> <li>• Полевые транзисторы с изолированным затвором</li> <li>• Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом</li> <li>• Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом</li> <li>• Сравнение МДП- и биполярного транзистора</li> <li>• Комбинированные транзисторы</li> </ul>
<b>Тема</b> <b>5. Полевые транзисторы с управляющим переходом</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Полевые транзисторы с управляющим <math>p-p</math>-переходом.</li> <li>• Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ).</li> <li>• ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия.</li> </ul>
<b>Модуль 6.</b> <b>Тема</b> <b>6. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели.</li> <li>• Оптопары.</li> <li>• Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта</li> <li>• Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители</li> <li>• Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта</li> <li>• Фоторезисторы</li> <li>• Фотодиоды</li> <li>• Фототранзисторы</li> <li>• Фототиристоры</li> </ul>
<b>Тема</b> <b>7. Полупроводниковые резисторы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Термисторы</li> <li>• Позисторы.</li> <li>• Варисторы.</li> </ul>
<b>Тема</b> <b>8. Гальваномагнитные приборы.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Преобразователи Холла</li> <li>• Магнитодиоды</li> <li>• Магнитотранзисторы.</li> <li>• Тензоэлектрические приборы</li> </ul>

## Содержание разделов самостоятельной работы

№	Содержание темы
	<b>6-семестр</b>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Энергетические уровни и зоны</li> <li>• Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Искривление энергетических зон в электрическом поле.</li> <li>• Проводники, полупроводники и диэлектрики</li> <li>• Собственная электропроводность полупроводников</li> <li>• Распределение электронов по энергетическим уровням.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Примесная электропроводность полупроводников</li> <li>• Донорные примеси</li> <li>• Акцепторные примеси</li> <li>• Температурная зависимость положения уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках.</li> <li>• Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника.</li> <li>• Коэффициент диффузии, длина свободного пробега и время жизни неосновных носителей заряда.</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Процессы переноса зарядов в полупроводниках</li> <li>• Дрейф носителей заряда</li> <li>• Диффузия носителей заряда</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Электрические переходы</li> <li>• Электронно-дырочный переход</li> <li>• Вентильное свойство <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Вольт-амперная характеристика <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Виды пробоев <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Ёмкость <math>p-n</math>-перехода</li> <li>• Контакт «металл – полупроводник»</li> <li>• Контакт между полупроводниками одного типа проводимости</li> <li>• Гетеропереходы</li> <li>• Свойства омических переходов</li> </ul>
	<b>7-семестр</b>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выпрямительные диоды</li> <li>• Особенности вольтамперных характеристик выпрямительных диодов</li> <li>• Импульсные диоды</li> <li>• Туннельные диоды</li> <li>• Обращенный диод</li> <li>• Диоды Шоттки</li> <li>• Варикапы</li> <li>• Стабилитроны</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стабисторы</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Динисторы</li> <li>• Триодные тиристоры</li> <li>• Способы запираания тиристоров</li> <li>• Запираемые тиристоры</li> <li>• Симметричные тиристоры</li> <li>• Основные параметры тиристоров</li> <li>• Применение тиристоров</li> <li>• Управляемые выпрямители</li> <li>• Регуляторы переменного напряжения</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Структура и основные режимы работы</li> <li>• Физические процессы в биполярном транзисторе</li> <li>• Схемы включения транзистора</li> <li>• Схема с общей базой</li> <li>• Схема с общим эмиттером</li> <li>• Схема с общим коллектором</li> <li>• Статические характеристики биполярного транзистора</li> <li>• Статические характеристики для схемы с общей базой</li> <li>• Статические характеристики для схемы с общим эмиттером</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Полевой транзистор с управляющим <math>p-n</math>-переходом</li> <li>• Схемы включения полевых транзисторов</li> <li>• Статические характеристики полевых транзисторов</li> <li>• Основные параметры полевых транзисторов</li> <li>• Полевые транзисторы с изолированным затвором</li> <li>• Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом</li> <li>• Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом</li> </ul>
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Полевые транзисторы с управляющим <math>p-p</math>-переходом.</li> <li>• Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ).</li> <li>• ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия.</li> </ul>
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта</li> <li>• Фотоэлементы</li> <li>• Фотоэлектронные умножители</li> <li>• Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта</li> <li>• Фотоэлементы</li> <li>• Фотоэлектронные умножители</li> <li>• Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта</li> <li>• Фоторезисторы</li> <li>• Фотодиоды</li> <li>• Фототранзисторы</li> <li>• Фототиристоры</li> <li>• Светодиоды</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Полупроводниковые инжекционные лазеры</li> </ul>
7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Термисторы</li> <li>• Позисторы.</li> <li>• Варисторы.</li> </ul>
8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Преобразователи Холла</li> <li>• Магнитодиоды</li> <li>• Магнитотранзисторы.</li> <li>• Тензоэлектрические приборы.</li> </ul>

### Темы лабораторных работ

№	Содержание темы
	<b>6-семестр</b>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников.</li> <li>• Исследование электрических свойств полупроводниковых материалов.</li> <li>• Определение ширины запрещенной зоны полупроводника</li> <li>• Исследование свойств полупроводниковых материалов методом Холла.</li> <li>• Исследование собственного оптического поглощения в полупроводниках.</li> <li>• Исследование контакта металла-полупроводник</li> <li>• Исследование работы р-п перехода</li> <li>• Исследование пробоя р-п перехода</li> </ul>
	<b>7-семестр</b>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.</li> <li>• Определение основных характеристик стабилитрона и исследование параметрического стабилизатора напряжения</li> <li>• Исследование диода с переменной емкостью (варикапа)</li> <li>• Снятие статических характеристик транзистора на постоянном токе</li> <li>• Снятие статических характеристик полевого транзистора с <i>p-n</i> переходом</li> <li>• Экспериментальное определение основных характеристик тиристоров</li> <li>• Экспериментальное определение основных характеристик и параметров оптопар</li> <li>• Сравнительное исследование одиночных усилительных каскадов на биполярных транзисторах</li> <li>• Исследование усилительных каскадов на полевых транзисторах</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Исследование двухкаскадного транзисторного усилителя</li> <li>• Исследование двухтактного усилителя мощности на биполярных транзисторах</li> <li>• Спектральные характеристики светодиодов</li> <li>• Экспериментальное снятие вольтамперной характеристики светодиодов</li> <li>• Вольтамперные характеристики фоторезистора</li> <li>• Люкс-амперные характеристики фоторезистора</li> <li>• Определение интегральной чувствительности фотоэлемента и снятие вольтамперных характеристик</li> <li>• Определение основных характеристик фотодиода</li> <li>• Изучение спектрального аппарата и исследование спектра излучения источника света</li> <li>• Исследование ВАХ диода Шоттки при различных температурах</li> <li>• Исследование ВАХ диода при различных температурах</li> <li>• Исследование ВАХ стабилитрона при различных температурах</li> </ul>
--	---

## 5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и



взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физические основы электроники» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлены конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

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

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль.

Экзамен в конце 6-го и 7-го семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические

зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

#### **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</li> <li>• методы вычислительной физики и математического моделирования;</li> <li>• классификацию твердых тел с точки зрения зонной теории, их тепловые, электрические, магнитные, оптические свойства;</li> <li>• физические свойства систем пониженной размерности</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах
ОПК-1, ОПК-2, ПК-3	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;</li> <li>• описывать и качественно объяснять основные состояния в твердом теле; применять методы описание кристаллических структур, моделировать физические процессы</li> </ul>	Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах
ОПК-1, ОПК-2, ПК-3	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> <li>• методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики конденсированного состояния вещества;</li> <li>• методами количественного формулирования и решения задач в области физики конденсированного состояния</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.

	<p>вещества;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами экспериментальных исследований свойств твердых тел на современном инновационном оборудовании.</li> <li>• методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики конденсированного состояния вещества.</li> </ul>	
--	--	--

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Схема оценки уровня формирования компетенции

**ОК-7** - способность к самоорганизации и самообразованию

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о самостоятельной работе по предмету, формах организации самостоятельной работы и самоконтроля, путей их достижения, способов оценки результатов обучения	Знаком с методами организации самостоятельной работы и самоконтроля, путями их достижения, а также способами оценки результатов обучения	Показывает знания методов организации самостоятельной работы и самоконтроля, путей их достижения, а также способов оценки результатов обучения	Демонстрирует четкие знания методов и умение организации самостоятельной работы и самоконтроля, показывает готовность к пониманию путей их достижения, а также способов оценки результатов обучения
Базовый	Общее	Знаком с	Демонстрирует	Показывает

	представление о методах анализа и обобщения информации, умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы	методами анализа и обобщения информации, может участвовать в формулировке цели и предлагать пути их достижения	т знание методов анализа и обобщения информации, показывает умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения	знания методов анализа и обобщения информации, показывает умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения, готовность использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы
--	--	--	---	---

#### ОПК-1

способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление об основных положениях, законах и методах естественных наук и математики, представление о научной картине мира	Имеет общее представление об основных положениях, законах и методах естественных наук и математики и о научной картине мира	Демонстрирует знание основных положений, законов и методов естественных наук и математики, и о научной картине мира	Показывает знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики, умеет представлять научную картину мира
Базовый	Умение	Имеет общее	Демонстрирует	Способен систематизировать

	представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	представление о современном состоянии и мировых тенденциях развития естественных наук и математики, имеет представление о научной картине мира	т знание современного состояния и мировых тенденций развития естественных наук и математики, адекватно представляет научную картину мира	матизировать и обобщать знания о современном состоянии и мировых тенденциях развития естественных наук и математики, умеет грамотно представлять научную картину мира
--	--	--	--	---

## ОПК-2

Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Общее представление о проблематике, физических основах электроники, умение привлекать для их решения соответствующий математический аппарат	Имеет общее представление о проблематике физических основ электроники, знаком с физико-математическим аппаратом для решения возникающих проблем	Демонстрирует знание проблематики физических основ электроники, проявляет готовность самостоятельно находить пути их решения	Показывает знания в области физических основ электроники, умение решать типовые задачи, готовность к усвоению нового материала
Базовый	Умение выявлять	Имеет общее представление	Показывает знания в	Демонстрирует умение

	естественнонаучную сущность проблем физических основ электроники, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	о природе физических основ электроники, обладает навыками применения физико-математического аппарата для решения возникающих	области физических основ электроники, использовать физико-математический аппарат для решения возникающих проблем	выявлять естественнонаучную сущность проблем физических основ электроники, умение самостоятельно находить методы решения типовых задач
--	---	--	--	--

**ПК-3** - готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Имеет общее представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов	Демонстрирует знание методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов и их представления в виде научных отчетов	Демонстрирует навыки применения методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов, умение представлять материалы в

				виде научных отчетов, публикаций, презентаций
Базовый	Умение анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Показывает навыки анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов, умение работать с литературными источниками	Способен анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов и их представления в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Имеет успешный опыт анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине не ставится.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### Примерные темы для докладов студентов на семинарских занятиях

1. Процессы переноса зарядов в полупроводниках
2. Электрические переходы
3. Электронно-дырочный переход
4. Гетеропереходы
5. Вольт-амперная характеристика  $p-n$ -перехода
6. Ёмкость  $p-n$ -перехода
7. Выпрямительные диоды
8. Диоды Шоттки
9. Стабилитроны
10. Биполярные транзисторы
11. Режимы работы транзистора



12. Схемы включения транзистора
13. Полевой транзистор с управляющим  $p-n$ -переходом
14. Полевые транзисторы с изолированным затвором
15. Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом
16. Триодные тиристоры
17. Фотодиоды
18. Инжекционные лазеры

### **Рекомендации к последовательности выполнения реферата.**

Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:

Согласовать название сообщения.

Написать тезисы реферата по теме.

Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.

Подготовить презентацию по выбранной теме.

Сделать сообщение на мини-конференции.

### **Пример тестовых заданий для промежуточного контроля**

**1. В соответствии с зонной теорией твердые тела относятся к полупроводникам, если:**

- 1) последняя зона, в которой есть электроны, заполнена частично
- 2) валентная зона заполнена электронами полностью, но она перекрывается со следующей разрешенной зоной, не занятой электронами
- 3) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ( $> 5-6$  эВ) запрещенной зоной
- 4) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ( $> 2-3$  эВ) запрещенной зоной
- 5) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны узкой ( $< 2-3$  эВ) запрещенной зоной

**2. Эффективные массы носителей заряда можно определить из экспериментов по:**

- 1) циклотронному резонансу
- 2) температурной зависимости электропроводности
- 3) температурной зависимости подвижности
- 4) эффекту Холла
- 5) термомагнитным явлениям.

**3. Область значений волнового вектора  $k$ , в пределах которой энергия  $E(k)$  электрона испытывает полный цикл своего изменения, называют:**

- 1) зоной Бриллюэна
- 2) запрещенной зоной
- 3) валентной зоной
- 4) зоной проводимости
- 5) энергетической щелью.

**4. Согласно приближению сильно связанных электронов, причиной расщепления атомных уровней в энергетические зоны при сближении атомов является:**

- 1) дифракция валентных электронов на границах зон Бриллюэна

- 2) перекрытие атомных волновых функций
  - 3) эффективное электрон-фонон-электронное взаимодействие, приводящее к образованию связанных электронных пар
  - 4) рассеяние электронов на фононах и дефектах кристаллической решетки
- 5) принцип запрета Паули.

**5. Знание компонент  $m_{ij}^*$  тензора эффективной массы позволяет описать движение электрона в кристалле как движение свободной частицы с массой  $m_{ij}^*$ :**

- 1) только во внешних электрических полях
- 2) только во внешних магнитных полях
- 3) в одном только электрическом поле решетки
- 4) во внешних электрических и магнитных полях
- 5) во внешних полях при одновременном действии периодического поля решетки

**6. Какое из следующих утверждений верно:**

- A) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем больше концентрация свободных носителей заряда.
  - B) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем ниже температура (при данной концентрации) и чем меньше эффективная масса носителей заряда.
- 1) верно только A    2) верно только B    3) верны оба утверждения  
4) оба утверждения неверны.

**7. Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике:**

- 1) зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 2) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 3) зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 4) не зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 5) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по линейному закону

**8. Удельное сопротивление монокристалла кремния p-типа при комнатной температуре (300 К) составляет  $9 \cdot 10^{-4}$  Ом.м. Определите коэффициент Холла, если подвижность дырок  $0,04 \text{ м}^2/(\text{В.с})$ .**

- 1)  $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{Кл}$
- 2)  $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{Кл}$
- 3)  $3,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Кл}$
- 4)  $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{Кл}$
- 5)  $7,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{Кл}$

**9. Явление, заключающееся в возникновении в полупроводнике при приложении сильного постоянного электрического поля колебаний тока с частотой порядка  $10^{10}$  Гц, называют:**

- 1) эффектом Холла
- 2) фотоэлектрическим эффектом
- 3) эффектом Ганна
- 4) эффектом Пельтье
- 5) циклотронным резонансом

**10. Дырочный полупроводник невырожден, если:**

- 1) уровень Ферми лежит в валентной зоне ниже потолка валентной зоны на  $5 kT$
- 2) уровень Ферми расположен в зоне проводимости выше дна зоны проводимости по крайней мере на  $5 kT$
- 3) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне ниже дна зоны проводимости не менее чем на  $kT$
- 4) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне выше потолка валентной зоны не менее чем на  $kT$
- 5) уровень Ферми лежит в середине запрещенной зоны.

**11. Основным методом измерения концентрации носителей и определении их знака в случае примесной проводимости является:**

- 1) эффект Холла
- 2) измерение термоэдс
- 3) измерения проводимости и подвижности носителей
- 4) измерения температурной зависимости примесной проводимости
- 5) измерения красной границы фотопроводимости

**12. Какое из следующих утверждений верно:**

А. вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем больше концентрация свободных носителей заряда.  
В. вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем ниже температура (при данной концентрации) и чем меньше эффективная масса носителей заряда.

- 1) Верны оба утверждения
- 2) Оба утверждения неверны
- 3) Верно только А
- 4) Верно только В

**13. Подвижность дырок в монокристалле кремния при комнатной температуре (300 К) равна  $0,04 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ . Коэффициент диффузии дырок при этой температуре:**

- 1)  $41,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$
- 2)  $4,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$
- 3)  $10,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$
- 4)  $10,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$
- 5)  $41,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$

**14. Рекомбинацией называется любой процесс, приводящий к переходу электрона:**

- 1) в зону проводимости
- 2) из зоны проводимости в состояние, локализованное вблизи примеси или дефекта
- 3) с примесного уровня в незанятое электронами состояние в валентной зоне
- 4) на более высокие уровни энергии (в зону проводимости или запрещенную зону)
- 5) из зоны проводимости в валентную зону с заполнением какого-либо дырочного состояния, в результате чего происходит исчезновение электрона и дырки

**15. Эффектом поля называют:**

- 1) явление разогрева электронно-дырочного газа в сильных электрических полях
- 2) явление ударной ионизации в сильном электрическом поле, в результате чего возникают электронно-дырочные пары.
- 3) явление наклона энергетических зон у полупроводника, находящегося во внешнем электрическом поле

- 4) явление увеличения концентрации свободных носителей заряда вследствие уменьшения энергии ионизации атомов донорной примеси в сильном электрическом поле
- 5) явление изменения проводимости полупроводника под действием электрического поля, нормального к его поверхности.

**16. Вычислить диффузионную длину электронов в невырожденном Ge при 300 К, если время жизни электронов составляет  $\tau_n=10^{-4}$  с,  $\mu_n=3800$  см<sup>2</sup>/Вс. ( $k_0 = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К).**

- 1) 0,2 см   2) 0,01 см   3) 0,02 см   4) 0,2 см   5) 0,1 см

**17. При изготовлении выпрямителя было использовано последовательное соединение двух разнотипных диодов из Si. Диод 1 был более высоковольтным, чем диод 2. Если прямые токи близки к предельно допустимым, то будет сильнее нагреваться:**

- 1) диод 1  
2) диод 2  
3) нагреваться будут одинаково

**18. Если p- область легирована значительно сильнее, чем n- область, то в какой области будет шире обедненный слой?**

- 1) p- области  
2) n-области  
3) ширина слоя будет в обеих областях одинаковая

**19. Если осветить p-n- переход диода, то на его контактах возникнет разность потенциалов. Полярность p-n- перехода:**

- 1) + на p  
2) – на p  
3) + на n  
4) – на n

**20. В диоде с p-n- переходом увеличили степень легирования одной из областей. Величина емкости перехода (при нулевом смещении):**

- 1) увеличится  
2) уменьшится  
3) не изменится

**21. Режимы работы транзистора и их отличия:**

- 1) активный и пассивный. Отличаются величиной тока базы  
2) активный, насыщения, отсечки, инверсный. Отличаются величиной тока коллектора.  
3) инверсный, насыщения, отсечки, активный. Отличаются полярностью напряжений на p-n-переходах.

**22. Для увеличения быстродействия МДП-транзистора необходимо:**

- 1) уменьшать длину канала  
2) применить подзатворный диэлектрик с меньшей диэлектрической проницаемостью  
3) увеличить толщину подзатворного диэлектрика.

**23. Для увеличения чувствительности фототранзистора следует:**

- 1) увеличить толщину базы и время жизни носителей в базе
- 2) уменьшить толщину базы и время жизни носителей в базе
- 3) увеличить толщину базы и уменьшить время жизни носителей в базе

**24. Как зависит коэффициент передачи тока  $\beta$  от тока эмиттера  $I_E$  и напряжения на коллекторе  $U_{кэ}$ .**

- 1) в области больших токов  $\beta$  увеличивается с увеличением  $I_E$  и уменьшается с уменьшением  $U_{кэ}$ .
- 2) в области малых токов  $\beta$  уменьшается при снижении  $I_E$ , а также при увеличении  $U_{кэ}$ .
- 3) в области больших токов  $\beta$  уменьшается с уменьшением  $I_E$  и увеличивается с увеличением  $U_{кэ}$ .

**25. На начальном участке ВАХ ток смещенного в прямом направлении p-n-перехода зависит от напряжения по закону:**

- 1) по линейному
- 2) по квадратичному.
- 3) по экспоненциальному

**26. Гетеропереход принципиально отличается от гомоперехода:**

- 1) наличием областей с различной шириной запрещенной зоны
- 2) возможностью образования как анизотипных, так и изотипных переходов
- 3) наличием различных барьеров для электронов и дырок, что позволяет получить одностороннюю инжекцию
- 4) видом ВАХ, сильно зависящим от концентрации дефектов вблизи металлургической границы

**27. Лавинные фотодиоды отличаются от обычных фотодиодов тем, что у них:**

- 1) толщина обедненной области с участком сильного электрического поля значительно меньше диффузионной длины неосновных носителей
- 2) рабочая точка выбирается на ВАХ на участке электрического пробоя.
- 3) длина свободного пробега носителей меньше толщины обедненной области с участком сильного электрического поля.

**28. В светодиодах на основе широкозонных полупроводников при малых токах излучательная рекомбинация реализуется**

- 1) в базовой области
- 2) в эмиттерной области
- 3) в нейтральных областях, прилегающих к p-n-переходу
- 4) в области p-n-перехода

## **Список контрольных вопросов по дисциплине.**

1. Понятие о подвижности носителей.

2. Электропроводность полупроводника.
3. Явления инжекции, эксклюзии, экстракции и аккумуляции носителей заряда и в чем их причина.
4. Процессы, протекающие при локальном введении в полупроводник неравновесных неосновных носителей.
5. Процессы, протекающие при локальном введении в полупроводник неравновесных основных носителей.
6. Механизмы переноса тока в полупроводниках. Параметры дрейфового и диффузионного тока.
7. Электронно-дырочный (р-п) переход. классификация р-п-переходов. Энергетическая диаграмма.
8. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в р-п-переходе.
9. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Прямое и обратное включение р-п-перехода. ВАХ
10. Выпрямляющие переходы на основе контакта металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника. ВАХ барьера Шоттки.
11. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты сверхинжекции в гетеропереходах.
12. Структура и основные элементы полупроводникового диода.
13. ВАХ диода с учетом падения напряжения на сопротивлении базы, генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе.
14. Лавинный, туннельный и тепловой пробой диодов.
15. Классификация полупроводниковых диодов. Их конструктивно-технологические особенности, электрические свойства.
16. Диоды различного назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабилитроны, диоды Шоттки, варикапы: принцип действия, свойства, применение.
17. Структура, принцип действия, режимы, схемы включения биполярного транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении.
18. Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов.
19. Коэффициенты передачи токов эмиттера и базы. Статические характеристики.
20. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Эффект Эрли. Влияние температуры на статические характеристики.
21. Структура и принцип действия диодного и триодного тиристора. Вольт-амперная характеристика. Условие переключения. Способы управления тиристорами.
22. Структура, принцип действия и схемы включения МДП-транзистора.

23. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Уравнения ВАХ для крутой и пологой частей характеристик. Характеристики передачи.
24. Конструктивно-технологические разновидности транзисторов. Эффекты короткого канала в МДП-транзисторах. Зависимость порогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке.
25. Структура и принцип действия полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом. Статические выходные характеристики и характеристики передачи.
26. Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ). Принцип действия при работе в режимах обогащения и обеднения канала. Статические характеристики.
27. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели, инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.
28. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры.
29. Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства.
30. Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

#### **Критерии оценок на курсовых экзаменах**

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

**Критерии оценок следующие:**

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-балльную систему:**

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

а) основная литература:

1. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009.
2. Н.А. Афанасьева, Л.П. Булат. Физические основы электроники. Учебное пособие.СПб.: СПбГУНиПТ, 2010.-181с.



3. Лебедев А.А. Физика полупроводниковых приборов. ФИЗМАТЛИТ, 2008 г. - 488 стр.
4. Пасынков В.В., Чиркин А.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. 5-е изд., исправленное. СПб.: изд-во «Лань», 2001.- 480с.
5. Гуртов В.А., Твердотельная электроника. Изд-во «Техносфера», 2005.- 406 с.

б) дополнительная литература:

1. Андреев В.В., Балмашнов А.А., Корольков В.И., Лоза О.Т., Милантьев В.П. Физическая электроника и ее современные приложения. Учеб.пособие. М.: РУДН, 2008. – 383 с.
2. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов. Томск, 2000. - 456 с.
3. Росадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника /пер. с исп. под ред. Терехова В.А./ -М., Высшая школа, 1991.
4. Петрович В.П. Физические основы электроники. Учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ. 2000. – 152 с.

## **9.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

- Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
- Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
- Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fero.ru](http://www.fero.ru)).
- Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
- Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
- [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
- [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
- Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
- [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

## **10.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент

должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением.

	Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.