



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
\_\_\_\_\_ Крайнова Г.С. \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)  
« 19 » сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ физики низкоразмерных структур \_\_\_\_\_  
(название кафедры)  
\_\_\_\_\_ Саранин А.А. \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 19 » сентября 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Физические основы электроники

**Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»**

Профиль Электроника и наноэлектроника

**Форма подготовки очная**

курс 2,3 семестр 4,5  
лекции 72 час.  
практические занятия нет час.  
лабораторные работы 54 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 18 час.  
в том числе в электронной форме лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 126 час.  
в том числе с использованием МАО 18 час.  
в том числе контролируемая самостоятельная работа 0 час.  
в том числе в электронной форме 0 час.  
самостоятельная работа 54 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 0 час.  
курсовая работа / курсовой проект нет семестр  
контрольная работа 4, 5 семестр  
зачет 5 семестр  
экзамен нет семестр  
зачет с оценкой 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от « 19 » сентября 2018 г.

Заведующий (ая) кафедрой д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Саранин А.А.  
Составитель (ли): к.ф.-м.н. Титов П.Л., к.ф.-м.н. Давыденко А.В.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

### **Bachelor's degree in 11.03.04 Electronics and Nanoelectronics**

#### **Course title: Physical Electronics Bases**

#### **Basic part of Block, 5 credits**

#### **Instructors:**

P.L. Titov, Cand. of Phys. and math., associate Professor of the Physics of low-dimensional structures department, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University;

A.V. Davydenko, Cand. of Phys. and math., associate Professor of the Physics of low-dimensional structures department, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

#### **Learning outcomes:**

GPC-7, the ability to take into account current trends in the development of electronics, measuring and computer engineering, information technologies in professional activity;

GPC-9, the ability to use computer skills, master the methods of information technology, comply with basic information security requirements.

#### **Course description:**

The contents of discipline covers the formation of students' ideas about the appointment, device, design and technological features, properties and characteristics of modern electronic devices, physical principles of their functioning; skills of using electronic devices for processing, amplification and conversion of various electrical signals; the formation of ideas about the achievements of modern electronics.

#### **Main course literature:**

1. Pasyнков V.V., Chirkin L.K. Semiconductors: A Textbook for high schools. 5th ed., Revised. SPb.: publishing house "Lan", 2007.- 480 p.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:388823&theme=FEFU>

2. Smirnov Y.A., Sokolov S.V., Titov E.V. Physical fundamentals of electronics. Tutorial. SPb.: publishing house "Lan", 2013. - 560 p.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5856](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5856)

3. Tolmachev V.V., Skrypnyk F.V. Physical fundamentals of electronics. Tutorial.M.: Regular and Chaotic Dynamics, 2011. - 496 p.

<http://www.iprbookshop.ru/16656>

4. Igumnov D.V., Kostyunina G.P., Fundamentals of Semiconductor Electronics: Textbook. M.: Hotline - Telecom, 2011. 393 p.: silt.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674377&theme=FEFU>

**Form of final knowledge control: pass, exam.**

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа предназначена для студентов 2 и 3 курсов специальности «Электроника и наноэлектроника», общая трудоемкость дисциплины 5 зачетных единиц (180 часов).

Учебным планом предусмотрены лекции (72 часа), лабораторные работы (54 часа), самостоятельная работа студента (54 час.). Дисциплина «Физические основы электроники» входит в базовую часть цикла дисциплин образовательной программы, реализуется на 2-м и 3-м курсах, в 4-м и 5-м семестрах.

**Цель** – формирование у обучающихся представлений о назначении, устройстве, конструктивно-технологических особенностях, свойствах и характеристиках современных электронных приборов, физических принципах их функционирования; приобретение навыков использования электронных приборов для обработки, усиления и различного преобразования электрических сигналов; формирование представления о достижениях современной электроники.

### **Задачи:**

- сформировать представление об устройстве различных электронных приборов;
- сформировать представление о свойствах и характеристиках различных электронных приборов;
- сформировать навыки использования электронных приборов для целей усиления и обработки электрических сигналов;
- сформировать представление о современных проблемах в области электроники и путях развития данной предметной области.

Для успешного изучения дисциплины «Физические основы электроники» студенты должны знать материал курсов «Материалы электронной техники», «Механика и молекулярная физика», «Электричество и магнетизм». С другой стороны, «Физические основы электроники» частично базируется на

материале курса «Физика полупроводников и низкоразмерных систем», поэтому последний по возможности должен читаться как можно раньше. Дисциплина является базовой для последующего изучения курса «Физические основы электроники».

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Знает	<p>основные закономерности формирования омических контактов, электронно-дырочных переходов, поверхностно-барьерных структур, гетеропереходов;</p> <p>физические принципы работы приборов твердотельной электроники;</p> <p>конструктивные особенности полупроводниковых приборов;</p> <p>основные параметры современных полупроводниковых приборов;</p> <p>классификацию современных электронных приборов электроники по мощности, частотному диапазону работы, по назначению;</p> <p>основные электрические, оптические свойства полупроводниковых материалов;</p> <p>механизмы протекания тока в электронно-дырочных переходах и барьерах Шоттки;</p> <p>современные условно-графические обозначения и области применения приборов электроники.</p>
	Умеет	<p>качественно объяснять принцип работы полупроводникового диода, биполярного и полевого транзистора, тиристора приборов оптоэлектроники;</p> <p>использовать специализированные знания в области современной электроники для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и перспективных устройствах электроники и нанoeлектроники;</p> <p>оценивать номинальные и максимально-допустимые пределы параметров современных приборов электроники.</p>
	Владеет	<p>современными методами количественного формулирования и решения задач в области электроники;</p> <p>современными методами поиска, самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физических основ электроники;</p> <p>современными методами экспериментальных исследований свойств приборов электроники на инновационном оборудовании ведущих производителей.</p>
ОПК-9,	Знает	<p>устройство и принципы работы персонального компьютера и периферийных устройств;</p>

<p>способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности</p>		<p>основные способы и форматы представления информации различного вида в вычислительной технике;</p> <p>основные разновидности и принципы работы операционных систем;</p> <p>основы работы в одном из пакетов математического моделирования;</p> <p>культуру работы за компьютером и простейшие понятия информационной безопасности.</p>
	Умеет	<p>пользоваться персональным компьютером в объеме, необходимом для повседневной деятельности и учебы;</p> <p>подсоединять различные периферийные устройства и работать с ними;</p> <p>оформлять текстовые документы, которые необходимы для успешного освоения дисциплин;</p> <p>пользоваться одним из пакетов математического моделирования;</p> <p>соблюдать требования информационной безопасности и следить за сохранностью личной информации.</p>
	Владеет	<p>навыками использования персонального компьютера и ресурсов сети Internet для решения различных задач, возникающих в ходе повседневной деятельности, учебы, работы, отдыха;</p> <p>навыками работы с различными периферийными устройствами: принтерами, сканерами, МФУ и др.;</p> <p>приемами работы в текстовых и табличных процессорах на уровне уверенного пользователя;</p> <p>приемами решения основных физических и математических задач в одном из пакетов математического моделирования;</p> <p>навыками соблюдения информационной безопасности и обеспечения сохранности личной информации при работе в многопользовательских системах.</p>

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Раздел I. ОСНОВЫ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫХ ПЕРЕХОД. КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. ВАХ ДИОДА(24 /\_\_ час.)**

**Тема 1. Основные положения зонной теории и физики полупроводников(8 /\_\_ час.)**

Энергетические зоны полупроводников. Концентрация носителей заряда в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Диффузия и

дрейф носителей заряда в полупроводниках. Фотоэлектрические явления. Объемная и поверхностная рекомбинации носителей заряда.

**Тема 2. Электронно-дырочный переход. Контактные явления. (8 /\_\_ час.)**

Электронно-дырочный переход. Токи и концентрация носителей заряда у электронно-дырочного перехода. Расчет резкого и плавного электронно-дырочного переходов. Барьерная емкость. Омический переход. Переходы типа металл-полупроводник. Гетеропереходы.

**Тема 3. Физические процессы в полупроводниковых диодах. (8 /\_\_ час.)**

Структура диода. Вольт-амперная характеристика диода (качественный вывод). Аналитический вывод уравнения вольт-амперной характеристики диода. Расчет распределения неосновных носителей заряда в базе. Генерационный и рекомбинационный токи. Пробои в диодах. Процессы в диодах при больших токах. Переходные процессы в диодах.

**Раздел II. ДИОДЫ. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ. ПЗС. (24/\_\_ час.)**

**Тема 4. Виды диодов. Принципы работы, характеристики и конструктивно-технологические особенности. (8 /\_\_ час.)**

Выпрямительные диоды. Импульсные диоды. Диоды Шоттки. Сверхвысокочастотные диоды. Стабилитроны. Стабисторы. Туннельные диоды. Обращенные диоды. Варикапы.

**Тема 5. Биполярные транзисторы (8 /\_\_ час.)**

Структура биполярных транзисторов. Схемы включения транзисторов. Распределение носителей зарядов в биполярных транзисторах. Явления в транзисторах при больших токах. Статические параметры и характеристики.

Пробой транзисторов. Малосигнальные параметры. Эквивалентные схемы. Режимы работы транзистора. Режимы работы усилительных каскадов.

### **Тема 6. Полевые транзисторы (8 / \_\_ час.)**

Полевые транзисторы с управляющим переходом. Входные и выходные характеристики полевых транзисторов с управляющим переходом. Эквивалентные схемы и частотные свойства. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Входные и выходные характеристики полевых транзисторов с изолированным затвором. Эквивалентные схемы и частотные свойства.

### **Тема 7. Приборы с зарядовой связью (8 / \_\_ час.)**

Полупроводниковые приборы с зарядовой связью (ПЗС). Физические принципы работы. Параметры приборов с зарядовой связью. ПЗС матрицы. Технология изготовления ПЗС матриц. Сравнение ПЗС матриц с CMOS матрицами. FLASH память, структура и принципы работы. SLC, MLC, TLCflash-память.

## **Раздел III. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ (24 / \_\_ час.)**

### **Тема 8. Интегральные микросхемы (8 / \_\_ час.)**

Микроэлектроника и наноэлектроника. Основные принципы построения интегральных микросхем. Элементы интегральных микросхем. Активные и пассивные элементы. Технологии изготовления. Техпроцесс. Методы изоляции и соединения элементов интегральных микросхем. Гибридные микросхемы.

### **Тема 9. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы (8 / \_\_ час.)**

Классификация оптоэлектронных приборов. Светодиоды, виды, материалы для изготовления. Светодиодное освещение, сверхъяркие светодиоды. Лазеры. Лазерные диоды. Фоторезисторы. Фотодиоды, режимы работы, применение. Оптопары, виды, применение.

## **Тема 10. Термоэлектрические и гальваномагнитные приборы (8 /\_\_ час.)**

Терморезисторы различных видов. Термоэлектрические эффекты, термоэлектрические элементы, генераторы. Датчики Холла. Магниторезисторы.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Лабораторные работы (54/ \_\_ час.)**

**Лабораторная работа №1. Введение и общий инструктаж по технике безопасности. Изучение и калибровка экспериментальной установки (4 /\_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №2. Изучение свойств p-n перехода.  
Выпрямительные германиевые и кремниевые диоды (4 / \_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №3. Изучение свойств p-n перехода.  
Детекторные германиевые и кремниевые диоды (4 / \_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №4. Изучение характеристик светодиодов  
(4 / \_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

### **Лабораторная работа №5. Изучение характеристик стабилитронов (4 / \_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

### **Лабораторная работа №6. Изучение характеристик фотодиодов (4 / \_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №7. Изучение характеристик оптопар (4 \_\_ / \_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №8. Изучение характеристик СВЧ диодов и детекторных диодов (4 \_\_ / \_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №9. Изучение характеристик туннельных диодов (4 /\_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №10. Изучение характеристик транзистора в схеме с общей базой (4 /\_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №11. Изучение характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером (4 /\_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №12. Изучение усилительных свойств биполярных транзисторов (6 /\_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

**Лабораторная работа №13. Исследование полевых транзисторов (4 /\_\_ час.)**

1. Подбор и изучение теоретического материала (в т.ч. лекционного) по теме лабораторной работы.

2. Постановка задач, определение порядка проведения лабораторной работы, выполнение заданий практической части лабораторной работы.

3. Обработка результатов эксперимента, построение графиков.

4. Формулировка описательной части, формулировка выводов, составление отчета.

5. Защита лабораторной работы: сдача краткой теории по теме работы, объяснение экспериментальных результатов, их возможного расхождения с теорией.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Название дисциплины» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Основы физики полупроводников. Электронно-дырочных переход. Контактные явления. ВАХ диода	ОПК-7, ОПК-9	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, вопросы 1-13
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, задание, тип 1-2
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, задание, тип 1-2
2	Раздел II. Диоды. Биполярные	ОПК-7, ОПК-9	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, вопросы 13-20/

	транзисторы. Полевые транзисторы. ПЗС				экзамен, вопросы 21-25
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет/экзамен задание, тип 3-4
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет/экзамен задание, тип 3-4
3	Раздел III. Интегральные микросхемы. Оптоэлектронные приборы. Термоэлектрические приборы	ОПК-7, ОПК-9	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	экзамен, вопросы 26-37
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	экзамен, задание, тип 5
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	экзамен, задание, тип 5

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. 5-е изд., исправленное. СПб.: изд-во «Лань», 2007.- 480с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:388823&theme=FEFU>
2. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Физические основы электроники. Учебное пособие. СПб.: изд-во «Лань», 2013. – 560 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5856](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5856)
3. Толмачев В.В., Скрипник Ф.В. Физические основы электроники. Учебное пособие. М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2011. – 496 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/16656>
4. Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. Основы полупроводниковой электроники: Учебное пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2011. 393 с.: ил.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674377&theme=FEFU>

### Дополнительная литература

*(печатные и электронные издания)*

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат., 1985, 391 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:246339&theme=FEFU>
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990, 685 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:30032&theme=FEFU>
3. Киреев П.С. Физика полупроводников. М. Высшая школа 1975, 584 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411006&theme=FEFU>
4. Практикум по полупроводникам и полупроводниковым приборам. Под ред. Шалимовой К.В. М.: Энергоатомиздат, 1967, 483 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:245947&theme=FEFU>
5. Кучис Е.В. Методы исследования эффекта Холла. М.: Советское радио, 1974, 328 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:669245&theme=FEFU>
6. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. М.: Высшая школа, 1987, 239 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:412667&theme=FEFU>
7. Бормонтов Е.Н., Быкадорова Г.В., Гаврилов А.Е. Моделирование зонной структуры полупроводников: Учебное пособие по лекционному курсу "Физика полупроводников". – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. - 33 с.  
<http://window.edu.ru/resource/241/40241>
8. Электронные приборы: Учебник для вузов / Дулин В.Н., Аваев Н.А., Демин В.П. и др.; под ред. Г.Г. Шишкина. М.: Энергоатомиздат, 1989. 496 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:666585&theme=FEFU>
9. Трутко А.Ф. Методы расчета транзисторов. М.: Энергия, 1971. 272 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:775566&theme=FEFU>
10. Бобылев Ю.Н. Физические основы электроники: Учебное пособие. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. 290 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:359536&theme=FEFU>

### Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru))
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) – Электронная библиотечная система «Университетская библиотека online».
6. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) – Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
7. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (ОС семейства Windows, пакет MicrosoftOffice и др.), а также специализированное программное обеспечение (diod\*.exe), написанное на языке Basic, для управления работой автоматизированных установок, применяемых в процессе проведения лабораторных занятий.

### **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе обучения студент должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы обычно 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 или на кафедре.

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 следующий день. 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 как успешной учебы, так и последующей

работы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Организация деятельности студента.

*Лекция.* Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий производится с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Необходимо обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Только если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.

Материал лекций необходимо закреплять самостоятельно. В первую очередь, на следующий день необходимо еще раз проработать материал лекции. Практика показывает, что если не сделать этого в течение двух-трех дней, то большая часть материала забудется. В дальнейшем процесс забывания идет по экспоненте. При изучении материала обязательно использование учебников и других материалов по дисциплине. Необходимо найти контрольные вопросы по соответствующей теме, ответить на них. В случае, если по теме есть задачи, то их необходимо решить и сверить с правильными вариантами ответов (при наличии). В случае затруднений необходимо проконсультироваться у преподавателя.

Во всех различных ситуациях, приводящих к ошибочным действиям, некорректным выводам и/или ответам необходимо проанализировать причины, приведшие к ошибкам. Работа над ошибками является одним из условий процесса совершенствования знаний и навыков, а следовательно, успешной учебы и работы.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия проводятся в стандартных лекционных аудиториях лабораторного корпуса (корпус L). Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории (корпус L), оснащенной автоматизированными лабораторными установками (4 шт.), позволяющими исследовать ВАХ полупроводниковых приборов при различных температурах, а также другим необходимым основным и вспомогательным оборудованием: персональными компьютерами (4 шт.), паяльниками (4 шт.).



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Физические основы электроники»  
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
Профиль Электроника и наноэлектроника  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели 4-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 1	4 час.	Защита отчета
2	3-5 недели 4-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 2	4 час.	Защита отчета
3	6-8 недели 4-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 3	4 час.	Защита отчета
4	9-10 недели 4-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 4	4 час.	Защита отчета
5	11-13 недели 4-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 5	4 час.	Защита отчета
6	14-16 недели 4-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 6	4 час.	Защита отчета
7	17-18 недели 4-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 7	4 час.	Защита отчета
8	1-3 недели 5-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 8	4 час.	Защита отчета
9	4-6 недели 5-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 9	4 час.	Защита отчета
10	7-9 недели 5-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 10	4 час.	Защита отчета
11	10-12 недели 5-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 11	4 час.	Защита отчета
12	13-15 недели 5-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 12	5 час.	Защита отчета
13	16-18 недели 5-го семестра	Подготовка отчета по лабораторной работе 13	5 час.	Защита отчета
Итого			54 час.	

### Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку отчетов к лабораторным работам. Их полное содержание приведено в программе и методических указаниях. Методические указания к лабораторным работам в электронном виде берутся у преподавателя.

## **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по лабораторным работам).

К представлению и оформлению отчетов по лабораторным работам предъявляются следующие требования.

### Структура отчета по лабораторной работе

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и/или расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т.д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, состоит из следующих частей:

- Титульный лист– обязательная компонента отчета, первая страница отчета, оформляется по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться не отдельно, а в общем файле, где представлен текст отчета);
- Исходные данные к выполнению заданий– обязательная компонента отчета, начинается с новой страницы, содержат указание варианта, тему, план работы и т.д.);
- Основная часть– материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т.д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать, исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- Выводы– обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

- Список литературы– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

- Приложения– необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета. Здесь могут находиться, например, справочные данные по используемым приборам, элементам, материалам. Приложения могут приводиться с целью упростить сверку экспериментально полученных результатов со справочными или с целью сравнения.

### Оформление отчета по лабораторной работе

Лабораторная работа относится к категории «письменная работа», оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);

- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

### Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – TimesNewRoman;
- размер шрифта – 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы – левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

## Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов»

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Оценивание лабораторных работ проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;

- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;

- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Физические основы электроники»**  
**Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**  
Профиль Электроника и нанoeлектроника  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-7,                      способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности</p>	Знает	<p>основные закономерности формирования омических контактов, электронно-дырочных переходов, поверхностно-барьерных структур, гетеропереходов; физические принципы работы приборов твердотельной электроники; конструктивные особенности полупроводниковых приборов; основные параметры современных полупроводниковых приборов; классификацию современных электронных приборов электроники по мощности, частотному диапазону работы, по назначению; основные электрические, оптические свойства полупроводниковых материалов; механизмы протекания тока в электронно-дырочных переходах и барьерах Шоттки; современные условно-графические обозначения и области применения приборов электроники.</p>
	Умеет	<p>качественно объяснять принцип работы полупроводникового диода, биполярного и полевого транзистора, тиристора приборов оптоэлектроники; использовать специализированные знания в области современной электроники для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и перспективных устройствах электроники и наноэлектроники; оценивать номинальные и максимально-допустимые пределы параметров современных приборов электроники.</p>
	Владеет	<p>современными методами количественного формулирования и решения задач в области электроники; современными методами поиска, самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физических основ электроники; современными методами экспериментальных исследований свойств приборов электроники на инновационном оборудовании ведущих производителей.</p>

ОПК-9, способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности	Знает	<p>устройство и принципы работы персонального компьютера и периферийных устройств;</p> <p>основные способы и форматы представления информации различного вида в вычислительной технике;</p> <p>основные разновидности и принципы работы операционных систем;</p> <p>основы работы в одном из пакетов математического моделирования;</p> <p>культуру работы за компьютером и простейшие понятия информационной безопасности.</p>
	Умеет	<p>пользоваться персональным компьютером в объеме, необходимом для повседневной деятельности и учебы;</p> <p>подсоединять различные периферийные устройства и работать с ними;</p> <p>оформлять текстовые документы, которые необходимы для успешного освоения дисциплин;</p> <p>пользоваться одним из пакетов математического моделирования;</p> <p>соблюдать требования информационной безопасности и следить за сохранностью личной информации.</p>
	Владеет	<p>навыками использования персонального компьютера и ресурсов сети Internet для решения различных задач, возникающих в ходе повседневной деятельности, учебы, работы, отдыха;</p> <p>навыками работы с различными периферийными устройствами: принтерами, сканерами, МФУ и др.;</p> <p>приемами работы в текстовых и табличных процессорах на уровне уверенного пользователя;</p> <p>приемами решения основных физических и математических задач в одном из пакетов математического моделирования;</p> <p>навыками соблюдения информационной безопасности и обеспечения сохранности личной информации при работе в многопользовательских системах.</p>

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточ ая аттестация	
1	Раздел I. Основы физики полупроводников. Электронно-дырочных переход. Контактные явления. ВАХ диода	ОПК-7, ОПК-9	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, вопросы 1-13
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, задание, тип 1-2
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, задание,

					тип 1-2
2	Раздел II. Диоды. Биполярные транзисторы. Полевые транзисторы. ПЗС	ОПК-7, ОПК-9	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет, вопросы 13-20/ экзамен, вопросы 21-25
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет/экзамен задание, тип 3-4
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	зачет/экзамен задание, тип 3-4
3	Раздел III. Интегральные микросхемы. Оптоэлектронные приборы. Термоэлектрические приборы	ОПК-7, ОПК-9	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	экзамен, вопросы 26-37
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	экзамен, задание, тип 5
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	экзамен, задание, тип 5

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	основные закономерности формирования омических контактов, электронно-дырочных переходов, поверхностно-барьерных структур, гетеропереходов; физические принципы работы приборов твердотельной электроники; конструктивные особенности полупроводниковых приборов; основные параметры современных полупроводниковых приборов; классификацию современных электронных приборов электроники	пересказать и объяснить учебный лекционный материал достаточной степенью научной точности и полноты, с приведением примеров	Показывать навыки анализа, систематизации, обобщения результатов моделирования и изучения свойств полупроводников и полупроводниковых приборов, умение работать с литературными источниками, отвечающими современным тенденциям предметной области.	60-74

		<p>мощности, частотному диапазону работы, по назначению;</p> <p>основные электрические, оптические свойства полупроводниковых материалов;</p> <p>механизмы протекания тока в электронно-дырочных переходах и барьерах Шоттки;</p> <p>современные условно-графические обозначения и области применения приборов электроники.</p>			
умеет (продвинутый)	<p>качественно объяснять принцип работы полупроводникового диода, биполярного и полевого транзистора, тиристора приборов оптоэлектроники;</p> <p>использовать специализированные знания в области современной электроники для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и перспективных устройствах электроники и наноэлектроники;</p> <p>оценивать номинальные и максимально-допустимые пределы параметров современных приборов электроники.</p>	<p>выполнять типичные задачи по систематизации научной и экспериментальной информации, измерениям свойств, характеристик полупроводниковых приборов.</p>	<p>Способность анализировать, систематизировать, обобщать результаты изучения и моделирования свойств полупроводников и полупроводниковых приборов и их представления в виде научных отчетов, публикаций, презентаций с целью дальнейшего использования в профессиональной деятельности.</p>	75-89	
владеет (высокий)	<p>современными методами количественного формулирования и решения задач в области электроники;</p> <p>современными методами поиска, самостоятельного изучения и анализа</p>	<p>Находить пути решения нетривиальных задач в области исследования свойств и характеристик полупроводниковых приборов и систематизации</p>	<p>Иметь успешный опыт анализа, систематизации, обобщения результатов изучения и моделирования</p>	90-100	

		специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физических основ электроники; современными методами экспериментальных исследований свойств приборов электроники на инновационном оборудовании ведущих производителей.	результатов с целью последующего использования в профессиональной деятельности.	свойств полупроводников и полупроводниковых приборов, представления материалов в профессиональной деятельности.	
ОПК-9, способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности	Знает	устройство и принципы работы персонального компьютера и периферийных устройств; основные способы и форматы представления информации различного вида в вычислительной технике; основные разновидности и принципы работы операционных систем; основы работы в одном из пакетов математического моделирования; культуру работы за компьютером и простейшие понятия информационной безопасности.	пересказать и объяснить учебный лекционный материал с достаточной степенью научной точности и полноты, с приведением примеров	Основные составляющие персонального компьютера; Принципы работы отдельных устройства и блоков; Организацию памяти различных видов; Устройства отображения визуальной информации; Принципы работы с операционными системами и основными офисными программами	60-74
	Умеет	пользоваться персональным компьютером в объеме, необходимом для повседневной деятельности и подсоединять различные периферийные устройства и работать с ними;	уметь решать типовые задачи на уровне обычного пользователя компьютера, оформлять простые текстовые документы: отчеты, таблицы; уметь решать простые задачи в одном из пакетов математического	Настраивать операционную систему под свои нужды; Пользоваться почтой, вести деловую переписку; Оформлять простые текстовые документы: таблицы, отчеты;	75-89

		<p>оформлять текстовые документы, которые необходимы для успешного освоения дисциплин;</p> <p>пользоваться одним из пакетов математического моделирования;</p> <p>соблюдать требования информационной безопасности и следить за сохранностью личной информации.</p>	моделирования	<p>Подключать к ПК различные периферийные устройства и организовывать их работу;</p> <p>Производить простые действия в одном из пакетов математического моделирования;</p> <p>Организовывать рабочий процесс в соответствии с требованиями информационной безопасности.</p>	
	Владеет	<p>навыками использования персонального компьютера и ресурсов сети Internet для решения различных задач, возникающих в ходе повседневной деятельности, учебы, работы, отдыха;</p> <p>навыками работы с различными периферийными устройствами: принтерами, сканерами, МФУ и др.;</p> <p>приемами работы в текстовых и табличных процессорах на уровне уверенного пользователя;</p> <p>приемами решения основных физических и математических задач в одном из пакетов математического моделирования;</p> <p>навыками соблюдения информационной безопасности и обеспечения сохранности личной</p>	компьютером на уровне уверенного пользователя, уверенно владеет пакетом офисных приложений, умеет решать достаточно сложные задачи в одном из пакетов математического моделирования в соответствии с программой курса	<p>Навыками настройки аппаратной части компьютера и операционной системы под свои нужды;</p> <p>Различными способами установки и удаления программ;</p> <p>Навыками использования различных почтовых программ, клиентов;</p> <p>Навыками уверенного использования различных поисковых и справочных систем;</p> <p>Навыками оформления текстовых документов, проведения расчетов в таблицах, оформления презентаций;</p> <p>Навыками использования различных периферийных устройств;</p> <p>Навыками решения задач</p>	90-100

		информации при работе в многопользовательских системах.		средней сложности в одном из пакетов математического моделирования в соответствии с программой курса; Навыками организации рабочего процесса в соответствии с нормами требованиями информационной безопасности.	
--	--	---	--	---	--

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Текущая аттестация студентов**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Физические основы электроники» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Физические основы электроники» проводится в форме защиты лабораторных работ по оцениванию фактических результатов обучения студентов. Осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами и критериями.

## **Критерии оценки отчетов по лабораторным работам**

Оценивание защиты лабораторной работы проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет к защите отчет по лабораторной работе, удовлетворяющий требованиям по поставленным заданиям, по оформлению, демонстрирует владение методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не владеет методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы, допускает существенные ошибки в работе, представляет отчет с существенными отклонениями от правил оформления письменных работ.

## **Промежуточная аттестация студентов**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Физические основы электроники» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физические основы электроники» проводится в виде зачета (4,5 семестр), форма зачета - «устный опрос в форме ответов на вопросы», «практические задания по типам». Допуск к зачетувозможен только после защиты отчетов по всем лабораторным работам курса.

## **Критерии выставления оценки студенту на зачетепо дисциплине «Физические основы электроники»:**

Баллы(рейтинговой оценки)	Оценказачета(стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает,

		умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	«зачтено»/ «удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0 -60	«не зачтено»/ «не удовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### **Вопросы к зачету (4-й семестр)**

1. Энергетические зоны полупроводников. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Концентрация носителей заряда в полупроводнике при термодинамическом равновесии.
2. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Время жизни неравновесных носителей заряда.

3. Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Температурные зависимости подвижности носителей заряда и удельной проводимости. Температурные зависимости концентрации носителей заряда и положения уровня Ферми.
4. Полупроводники в сильных электрических полях (ударная ионизация, туннелирование, рассеяние носителей заряда в сильных полях, междолинный переход носителей заряда). Оптические свойства полупроводников (поглощение света, люминесценция).
5. Фотоэлектрические явления в полупроводниках (фоторезистивность, возникновение фотоэлектродвижущая сила). обедненные, инверсные и обогащенные поверхностные слои. Поверхностная рекомбинация. Проводимость канала поверхностной электроводности.
6. Электронно-дырочный p-n переход (образование, диаграмма p-n перехода, высота потенциального барьера и контактной разности потенциалов). Токи через электронно-дырочный p-n переход. Концентрация неосновных носителей заряда у границ электронно-дырочного p-n перехода (малые токи, большие токи, большие обратные токи, зависимость граничной концентрации неосновных носителей заряда от напряжения).
7. Методы формирования и классификация электронно-дырочных p-n переходов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в электронно-дырочном переходе. Аналитический расчет резкого электронно-дырочного перехода (распределение напряженности и потенциала в резком p-n переходе, определение толщины резкого p-n перехода).
8. Методы формирования и классификация электронно-дырочных p-n переходов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в электронно-дырочном переходе. Аналитический расчет плавного электронно-дырочного перехода с линейным распределением концентрации примесей (распределение напряженности и потенциала в плавном p-n переходе, определение толщины плавного p-n перехода).

9. Барьерная емкость электронно-дырочного перехода (барьерная емкость как проявление токов смещения, общие и частные соотношения для барьерных емкостей различных p-n переходов).
10. Омический переход на контакте полупроводников с одним типом электропроводности. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником. Гетеропереходы.
11. Структура и основные элементы. Вольт-амперная характеристика диода при инжекции и экстракции носителей заряда. Вывод уравнения вольт-амперной характеристики диода (по А.Ф. Трутко, «Методы расчета транзисторов»).
12. Частные случаи расчета распределения неосновных носителей заряда и тока насыщения. Физический смысл параметров диода. Пределы применимости частных случаев расчета параметров диода. Генерация и рекомбинация носителей заряда в электронно-дырочном переходе.
13. Лавинный пробой (механизм, условие лавинного пробоя, особенности лавинного пробоя, расчет коэффициента лавинного размножения). Туннельный пробой (со всеми выводами формул).
14. Тепловой пробой (со всеми выводами формул). Влияние поверхностных состояний на вольт-амперную характеристику диода.
15. Процессы в диодах при больших прямых токах (Изменение концентрации основных носителей, появление электрического поля в базе, изменение электрофизических параметров). Расчет вольт-амперной характеристики диода с толстой базой при больших прямых токах.
16. Расчет вольт-амперной характеристики диода с тонкой базой при больших прямых токах. Расчет падения напряжения на базе в диоде с тонкой базой. Диапазон применимости полученного выражения вольт-амперной характеристики для диода с тонкой базой.
17. Вольт-амперная характеристика диода в полулогарифмических координатах. Переходные процессы в диодах.

18. Выпрямительные плоскостные низкочастотные диоды (кремниевые, германиевые, GaAs, селеновые). Импульсные диоды.
19. Диоды Шоттки. Диоды с резким восстановлением обратного сопротивления. Сверхвысокочастотные диоды (смесительные, детекторные, переключательные).
20. Стабилитроны. Стабисторы. Туннельные диоды. Обращенные диоды. Варикапы. Надежность диодов.

### **Вопросы к зачету (5-й семестр)**

1. Энергетические зоны полупроводников. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Концентрация носителей заряда в полупроводнике при термодинамическом равновесии.
2. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Время жизни неравновесных носителей заряда.
3. Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Температурные зависимости подвижности носителей заряда и удельной проводимости. Температурные зависимости концентрации носителей заряда и положения уровня Ферми.
4. Полупроводники в сильных электрических полях (ударная ионизация, туннелирование, рассеяние носителей заряда в сильных полях, междолинный переход носителей заряда). Оптические свойства полупроводников (поглощение света, люминесценция).
5. Фотоэлектрические явления в полупроводниках (фоторезистивность, возникновение фотоэлектродвижущая сила). обедненные, инверсные и обогащенные поверхностные слои. Поверхностная рекомбинация. Проводимость канала поверхностной электропроводности.
6. Электронно-дырочный p-n переход (образование, диаграмма p-n перехода, высота потенциального барьера и контактной разности потенциалов). Токи через электронно-дырочный p-n переход. Концентрация неосновных носителей заряда у границ электронно-дырочного p-n перехода

(малые токи, большие токи, большие обратные токи, зависимость граничной концентрации неосновных носителей заряда от напряжения).

7. Методы формирования и классификация электронно-дырочных p-n переходов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в электронно-дырочном переходе. Аналитический расчет резкого электронно-дырочного перехода (распределение напряженности и потенциала в резком p-n переходе, определение толщины резкого p-n перехода).

8. Методы формирования и классификация электронно-дырочных p-n переходов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в электронно-дырочном переходе. Аналитический расчет плавного электронно-дырочного перехода с линейным распределением концентрации примесей (распределение напряженности и потенциала в плавном p-n переходе, определение толщины плавного p-n перехода).

9. Барьерная емкость электронно-дырочного перехода (барьерная емкость как проявление токов смещения, общие и частные соотношения для барьерных емкостей различных p-n переходов).

10. Омический переход на контакте полупроводников с одним типом электропроводности. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником. Гетеропереходы.

11. Структура и основные элементы. Вольт-амперная характеристика диода при инжекции и экстракции носителей заряда. Вывод уравнения вольт-амперной характеристики диода (по А.Ф. Трутко, «Методы расчета транзисторов»).

12. Частные случаи расчета распределения неосновных носителей заряда и тока насыщения. Физический смысл параметров диода. Пределы применимости частных случаев расчета параметров диода. Генерация и рекомбинация носителей заряда в электронно-дырочном переходе.

13. Лавинный пробой (механизм, условие лавинного пробоя, особенности лавинного пробоя, расчет коэффициента лавинного размножения). Туннельный пробой (со всеми выводами формул).

14. Тепловой пробой (со всеми выводами формул). Влияние поверхностных состояний на вольт-амперную характеристику диода.
15. Процессы в диодах при больших прямых токах (Изменение концентрации основных носителей, появление электрического поля в базе, изменение электрофизических параметров). Расчет вольт-амперной характеристики диода с толстой базой при больших прямых токах.
16. Расчет вольт-амперной характеристики диода с тонкой базой при больших прямых токах. Расчет падения напряжения на базе в диоде с тонкой базой. Диапазон применимости полученного выражения вольт-амперной характеристики для диода с тонкой базой.
17. Вольт-амперная характеристика диода в полулогарифмических координатах. Переходные процессы в диодах.
18. Выпрямительные плоскостные низкочастотные диоды (кремниевые, германиевые, GaAs, селеновые). Импульсные диоды.
19. Диоды Шоттки. Диоды с резким восстановлением обратного сопротивления. Сверхвысокочастотные диоды (смесительные, детекторные, переключательные).
20. Стабилитроны. Стабисторы. Туннельные диоды. Обращенные диоды. Варикапы. Надежность диодов.
21. Структура и основные режимы работы биполярных транзисторов. Распределение стационарных потоков носителей заряда. Распределение носителей заряда.
22. Постоянные токи при активном режиме. Явления в биполярных транзисторах при больших токах.
23. Статические параметры биполярных транзисторов. Пробой транзисторов.
24. Статические характеристики биполярных транзисторов.
25. Режимы работы биполярного транзистора. Предельные режимы работы биполярного транзистора.

26. Расчет рабочего режима биполярного транзистора. Динамические характеристики транзистора.
27. Режимы работы усилительных каскадов.
28. Схемы эмиттерной и коллекторной стабилизаций.
29. Эквивалентная схема одномерной теоретической модели. Технология изготовления и конструкция биполярных транзисторов. Однопереходные транзисторы. Надежность транзисторов.
29. Полевые транзисторы с управляющим переходом (структура и статические характеристики). Расчет выходных статических характеристик полевого транзистора с управляющим переходом.
30. Эквивалентные схемы полевого транзистора с управляющим переходом. Частотные свойства полевых транзисторов с управляющим переходом.
31. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Расчет выходных статических характеристик полевого транзистора с изолированным затвором. Параметры и свойства полевых транзисторов с изолированным затвором.
32. Полупроводниковые приборы с зарядовой связью. Разновидности приборов с зарядовой связью. CCD камеры. Flash-память.
33. Задачи и принципы микроэлектроники. Классификация интегральных микросхем. Методы изоляции элементов интегральных микросхем. Активные элементы. Пассивные элементы.
34. Классификация оптоэлектронных полупроводниковых приборов. Полупроводниковые приборы отображения информации и инфракрасные излучающие диоды. Электролюминесцентные порошковые излучатели. Электролюминесцентные пленочные излучатели.
35. Лазеры. Фоторезисторы. Фотодиоды. Полупроводниковые фотоэлементы. Оптопары.
36. Полупроводниковые термоэлектрические устройства (конструкция и принцип действия, эффекты Зеебека и Пельтье). Термоэлектрические генераторы (коэффициент полезного действия без вывода формул, только качественное поведение). Термобатарей и тепловые насосы. Терморезисторы.

37. Полупроводниковые гальваномагнитные приборы. Принцип действия. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект.

### **Типы практических заданий к зачету**

1. Соберите схему для снятия ВАХ полупроводниковых диодов. Снимите ВАХ германиевого и кремниевого диодов при одинаковой температуре. Объясните полученные различия ВАХ.

2. Соберите схему для снятия ВАХ полупроводниковых диодов. Снимите ВАХ германиевого и кремниевого детекторных диодов при 5-6 различных температурах. Определите зависимость от температуры статического и дифференциального сопротивлений.

3. Соберите схему для снятия ВАХ диодов. Снимите ВАХ двух светодиодов различного цвета свечения. Определите по прямой ветви ВАХ значение прямого напряжения и по нему приближенно длину волны излучения.

4. Соберите схему для измерения ВАХ стабилитрона. Снимите ВАХ стабилитрона при 5-6 температурах. Определите температурный коэффициент напряжения стабилизации по этим данным.

5. Снимите ВАХ фотодиода при 5-6 различных температурах без освещения и с освещением. При каждой температуре определите вклад тока, вызванного освещением, в полный ток.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

#### **Типовые задания к лабораторным работам**

##### *Выпрямительные германиевые и кремниевые диоды*

1. Соберите схему для снятия ВАХ полупроводниковых диодов.
2. Снимите и сохраните ВАХ обоих диодов при 5-6 различных температурах. Минимальная температура соответствует температуре комнаты, в которой проводятся измерения, а максимальная температура для каждого исследуемого диода определяется из справочника. Чтобы не перегреть диод, целесообразно ограничить устанавливаемую температуру 80 °С.

3. Проанализируйте полученные результаты и попытайтесь объяснить характерные особенности и различия характеристик германиевого и кремниевого диодов при различной температуре.
4. Проанализируйте обратные ветви характеристик. Оцените вклад различных факторов в создание этого тока (тепловой ток (ток насыщения) и ток термогенерации).
5. На графике, содержащем исходные прямые ветви ВАХ, постройте прямые ветви теоретических характеристик, используя значения теплового тока  $A(T)$ , полученные ранее. Оцените степень их соответствия и объясните причины расхождения в выводах.
6. Используя значения теплового тока  $A(T)$ , определите температурный интервал удвоения тока.
7. Постройте температурные зависимости прямого падения напряжения на диодах при постоянном токе, близком к максимальному (около 8 мА).

### *Стабилитроны*

1. Соберите схему для снятия ВАХ стабилитронов.
2. Снимите вольтамперные характеристики двух стабилитронов с напряжением стабилизации от 3 до 7 В при 5-6 температурах. Для исследования стабилитронов нужно использовать схему и программу, предназначенную для снятия обратной ветви характеристики стабилитронов. В этом случае рабочий ток на обратной ветви может достигать 10 мА.
3. Определите температурный коэффициент напряжения всех исследуемых стабилитронов при рабочем токе 10 мА в % на градус. Сравните его со справочными данными в выводах. Сравните ТКН обоих стабилитронов и, исходя из величины, сделайте вывод о физической природе стабилизации напряжения для каждого стабилитрона в выводах.

4. Определите дифференциальные сопротивления при рабочих токах 5 и 10 мА при всех рабочих температурах. Постройте температурную зависимость дифференциального сопротивления при данных токах. Объясните характер температурной зависимости дифференциального сопротивления в выводах.