

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ТГПУ)**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физико-математического факультета



Е.Г.Пьяных  
к.п.н., доцент

«26» мая 2016 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физические основы электронной техники**

**Направление подготовки (специальность):** 44.04.01 Педагогическое образование

**Направленность (профиль):** Физическое образование

**Форма обучения** - очная

## **1. Место учебной дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Физические основы электронной техники» входит в Блок 1, его вариативную часть обязательных дисциплин. Курс «Физические основы электронной техники» является неотъемлемой частью блока физических дисциплин, в частности, углублением раздела «Физика конденсированного состояния» курса теоретической физики.

К моменту начала преподавания курса «Физические основы электронной техники» студенты должны владеть знанием курса общей физики, высшей математики, курсов квантовой механики и статистической физики.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, могут использоваться для успешного освоения следующих дисциплин «Теория и методика обучения физике. Традиции и инновации», «Современные проблемы науки, высоких технологий и образования».

После изучения данной дисциплины студент должен понимать природу физических процессов, происходящих в полупроводниках, уметь выводить основные законы, описывающие свойства полупроводников, и применять свои знания на практике.

Освоение этой дисциплины расширит возможности студента при трудоустройстве после окончания вуза.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП.**

Выпускник должен обладать следующими **общекультурными компетенциями (ОК)**:

- способностью самостоятельно приобретать и использовать, в том числе с помощью информационных технологий, новые знания и умения, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности (ОК-5).

**общепрофессиональными компетенциями:**

- способностью осуществлять профессиональное и личностное самообразование, проектировать дальнейшие образовательные маршруты и профессиональную карьеру (ОПК-4).

**профессиональными компетенциями:**

- готовность участвовать в разработке и реализации просветительских программ в целях популяризации научных знаний и культурных традиций (ПК-25).

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**знать:**

- основы образования и профессиональной деятельности на разных ступенях образования;
- методологию педагогических исследований проблем образования;
- содержание, технологии, методики и формы организации учебной деятельности по физике на разных ступенях обучения;
- содержание основных разделов полного курса физики средней школы.

**уметь:**

- проектировать учебно-воспитательный процесс с использованием современных технологий, соответствующих общим и специфическим закономерностям и особенностям возрастного развития личности;
- внедрять инновационные приемы в педагогический процесс с целью создания условий для эффективной мотивации обучающихся;
- организовывать исследовательскую деятельность учащихся;
- организовывать проектную деятельность учащихся;
- оценивать результаты образовательного процесса;
- выстраивать перспективные линии саморазвития;

**владеть:**

- способами ориентации в профессиональных и научных источниках информации;

- способами осуществления психолого-педагогической поддержки и сопровождения учащихся;
- способами проектной и исследовательской деятельности в образовании;
- технологиями проведения опытно-экспериментальной работы, участия в инновационных процессах.

### **3. Содержание учебной дисциплины (модуля)**

#### **1. Кристаллическая структура твердого тела.**

Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Прямая и обратная решетка. Решетка Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца. Кристаллическая структура основных материалов полупроводниковой электроники. Классификация кристаллов по физическому признаку.

#### **2. 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.

#### **3. 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.

#### **4. Колебания атомов кристаллической решетки.**

Колебания в одномерной решетке. Колебания и волны в сложной одномерной решетке. Тепловые колебания атомов в трехмерной решетке. Статистика фононов. Теплоемкость кристаллической решетки. Тепловое расширение и тепловое сопротивление.

#### **5. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда.**

Равновесные и неравновесные носители заряда, квазиуровни Ферми. Скорость изменения концентрации носителей заряда в полупроводнике при биполярной генерации и межзонной рекомбинации. Изменение концентрации избыточных носителей заряда при включении и выключении внешнего ионизатора, время жизни носителей заряда. Монополярная генерация, время релаксации Максвелла. Различные механизмы рекомбинации носителей заряда (излучательная, безизлучательная, ударная, плазменная и экситонная). Рекомбинация через рекомбинационные центры, зависимость времени жизни от температуры и положения уровня Ферми в полупроводнике. Поверхностная рекомбинация, понятие о скорости поверхностной рекомбинации.

#### **6. 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.

#### **7. Кинетические явления в полупроводниках.**

Кинетическое уравнение Больцмана, время релаксации. Неравновесная функция распределения. Удельная электропроводность полупроводников. Температурная зависимость подвижности и электрической проводимости при различных механизмах рассеяния носителей заряда. Эффект Холла. Эффект Холла в полупроводниках со смешанной проводимостью. Магниторезистивный эффект. Термоэлектрические явления (термо-эдс, эффекты Пельтье и Томсона). Теплопроводность полупроводников.

## 8. Контактные явления в полупроводниках

Полупроводник во внешнем электрическом поле. Работа выхода. Контактная разность потенциалов. Выпрямление на контакте металл-полупроводник. Контакт электронного и дырочного полупроводников. Выпрямление на р-п-переходе. Барьерная емкость перехода. Пробой р-п перехода.

## 9. Устройства на базе диода.

Выпрямители. Стабилизаторы. Варисторы. Варакторы. Диоды с накоплением заряда.

## 10. Биполярный транзистор.

Типы транзисторов. Теория работы транзистора. Токи, созданные основными и неосновными носителями. Вольт-амперные характеристики. Работа биполярного транзистора в схеме.

## 11. Полевые транзисторы

Полевой транзистор с р-п переходом. Полевой транзистор металл-полупроводник. Полевой транзистор металл-окисел-полупроводник. Работа полевых транзисторов в схеме.

## 12. Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона.

Туннельный диод. Лавинно-пролетный диод. Генератор Ганна.

## 13. Тензоэлектрические свойства полупроводников.

Электрические свойства полупроводниковых материалов в условиях всестороннего сжатия. Датчики давления.

## 14. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Спектр отражения и спектр поглощения оптического излучения. Собственное поглощение света, прямые и не прямые 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.

## 15. Оптоэлектронные приборы.

Фотодетекторы. Модуляторы. Полупроводниковые лазеры. Солнечные батареи.

## 4. Общая трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий, самостоятельной работы обучающихся и формам контроля

### 4.1. Очная форма обучения

Объем в зачетных единицах – 6

#### 4.1.1. Виды учебных занятий, самостоятельная работа обучающихся, формы контроля (в академических часах)

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам (в академических часах)			
		1	№ семестра	№ семестра	№ семестра
Лекции	-	-			
Лабораторные работы	-	-			
Практические занятия (семинары)	38	38			
Самостоятельная работа	79	79			
Курсовая работа	-	-			
Другие виды занятий	-	-			
Формы текущего контроля	-	-			
Формы промежуточной аттестации	27	Экзамен			
<b>Итого часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>			

#### 4.1.2. Содержание учебной дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Наименование темы(раздела) дисциплины	Всего часов	Аудиторные занятия в часах			Самостоятельная работа (в часах)
			Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабораторные работы	
1	Кристаллическая структура твердого тела	6		2		4
2	Основы зонной теории полупроводников	12		4		8
3	Статистика электронов и дырок в полупроводниках	12		4		8
4	Колебания атомов кристаллической решетки	7		2		5
5	Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда	7		2		5
6	Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках	7		2		5
7	Кинетические явления в полупроводниках	12		4		8
8	Контактные явления в полупроводниках	12		4		8
9	Устройства на базе диода.	6		2		4
10	Биполярный транзистор.	6		2		4
11	Полевые транзисторы	6		2		4
12	Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона	6		2		4
13	Тензоэлектрические свойства полупроводников	6		2		4
14	Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках	6		2		4
15	Оптоэлектронные приборы.	6		2		4
	<b>ИТОГО:</b>	<b>117</b>		<b>38</b>		<b>79</b>

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

##### 5.1. Основная учебная литература:

1. Шалимова, К.В. Физика полупроводников. – СПб: Лань, 2010. - 400 с.
2. Лукьянов, Г.Н., Белякова, И.И. Физика полупроводников. - СПб: НИУ ИТМО, 2012. - 53
3. Александров, С. Е., Греков, Ф. Ф. Технология полупроводниковых материалов. - СПб: Лань, 2012. - 231 с.
4. Алешкин, В.Я. Современная физика полупроводников: курс лекций. Н. Новгород: ННГУ, 2011. - 88 с.
5. Старосельский, В.И. Физика полупроводниковых приборов и микроэлектроники: учеб. пособие – М.: Высшее образование; Юрайт-Издат, 2009. – 463 с.
6. Мартинес-Дуарт, Дж. М., Мартин-Палма, Р.Дж., Агулло-Руеда, Ф. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. изд. 2-е, доп. –М.: Техносфера, 2009. - 368 с.

##### 5.2 . Дополнительная литература:

1. Гуртов, В.А. Твердотельная электроника. – М.: Техносфера, 2005. - 408 с.
2. Игумнов, Д.В., Костюнина, Г.П. Основы полупроводниковой электроники. Учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. - 392 с.

3. Степаненко, И.П. Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. М., СПб.: Лаб. базовых знаний, 2001. – 488 с.
4. Горшков, А.П., Тихов, С.В. Физика поверхности полупроводников: Учебное пособие. – Н.Новгород: ННГУ, 2013. – 101 с.
5. Питер, Ю, Кардона, М. Введение в физику полупроводников. – М.: Физматлит, 2002. – 560 с.
6. Бонч-Бруевич, В.Л., Калашников, С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1990. 678 с.
7. П.С.Киреев. Физика полупроводников. М.: Высшая школа, 1975. – 584 с.
8. Sze, S.M., Lee, M.K. Semiconductor Devices Physics and Technology. New York: Wiley & Sons, Inc., 2012. — 578 p.
9. McCluskey, M.D., Haller, E.E. Dopants and Defects in Semiconductors. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2012. - 348 p.

**5.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины(модуля)**

1. Гуртов В.А. Твердотельная электроника [Электрон. ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – Петрозаводск: каф. физики тв. тела ПетрГУ, 2003-2010. – URL: <http://dssp.petrso.ru/book/main.shtml>, доступ свободный.
2. Гуртов В.А., Климов И.В., Коваленко В.В. Введение в теорию транзисторов. - [Электрон. ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – Петрозаводск: каф. физики тв. тела ПетрГУ, 2003-2010 URL: [http://dssp.karelia.ru/~vgurt/moel2/Transistors/Diplom\\_Kovalenko/index.htm](http://dssp.karelia.ru/~vgurt/moel2/Transistors/Diplom_Kovalenko/index.htm) , доступ свободный.
3. Гардин Ю.Е., Гуртов В.А., Кузнецов С.Н. и др. Изучение электрофизических параметров полевого МДП транзистора: Методические указания к лабораторной работе. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2003.- 15 с. - Электрон. версия печат. публ.- URL: [http://dssp.petrso.ru/files/meths/mdp\\_.pdf](http://dssp.petrso.ru/files/meths/mdp_.pdf), доступ свободный.
4. Транзисторы. – [Электрон. ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – Московский государственный технический университет «МАМИ», кафедра «Автоматика и процессы управления». – URL: <http://www.mami.ru/kaf/aipu/theme2.php>, доступ свободный.
5. Воронков Э.Н. и др. Твердотельная электроника [Электрон. ресурс]: автоматизир. учебный курс. – Электрон. дан.. – М: Центр системной интеграции ГосНИИСИ в МЭИ (ТУ), 2002. – URL: <http://www.pilab.ru/csi/AUK/Microelectr/E&m.asp>, доступ свободный.

**5.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Мультимедийное оборудование для презентаций.

**6. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№ п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
1	Кристаллическая структура твердого тела	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
2	Основы зонной теории полупроводников	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
3	Статистика электронов и дырок в полупроводниках	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор

4	Колебания атомов кристаллической решетки	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
5	Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
6	Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
7	Кинетические явления в полупроводниках	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
8	Контактные явления в полупроводниках	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
9	Устройства на базе диода.	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
10	Биполярный транзистор.	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
11	Полевые транзисторы	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
12	Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
13	Гензоэлектрические свойства полупроводников	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
14	Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор
15	Оптоэлектронные приборы.	Слайды	Компьютер, интерактивная доска, мультимедийный проектор

#### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Для более прочного усвоения материала, разобранного на практических занятиях и предназначенного для самостоятельного изучения, студентам предлагается использовать литературу из списков основной и дополнительной литературы. Студентам необходимо выполнить индивидуальные задания как по основным темам курса, так и темам для самостоятельного изучения.

#### **8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

Приложение к программе.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **44.04.01 Педагогическое образование**.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) составлена Каменской И.В., канд. физ.-мат. наук, доцентом кафедры общей физики

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) утверждена на заседании кафедры общей физики  
протокол № 17 от 26 мая 2016 года.

Зав. кафедрой общей физики В.Г. Тютюев В.Г. Тютюев, д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена учебно-методической комиссией физико-математического факультета  
протокол № 9 от 26 мая 2016 года.

Председатель учебно-методической комиссии  
физико-математического факультета \_\_\_\_\_ З.А. Скрипко, д.п.н., профессор