

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»  
Председатель ученого совета ФРТЭ



Небольсин В.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**СПЕЦГЛАВЫ ФИЗИКИ**

(наименование дисциплины по учебному плану ОПОП)

для направления подготовки (специальности)

**28.03.02 Наноинженерия**

(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация) **Инженерные нанотехнологии в приборостроении**  
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения: очная

Срок обучения: нормативный

Кафедра: Физики

(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработала: Рембеза Е.С., д.ф.-м.н.

(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании  
методической комиссии ФРТЭ

(наименование факультета)

Протокол № от « »

2017 г.

Председатель методической комиссии



Москаленко А.Г.

Воронеж 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета  
 факультета радиотехники и электроники  
 проф. Небольсин В.А.



« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
 СПЕЦГЛАВЫ ФИЗИКИ**

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

**Закреплена за кафедрой:** физики

**Направление подготовки (специальности):** 28.03.02 Наноинженерия  
 (код, наименование)

**Профиль:** Инженерные нанотехнологии в приборостроении  
 (название профиля по УП)

**Часов по УП:** 108; **Часов по РПД:** 108

**Часов по УП (без учета часов на экзамены):** 36; **Часов по РПД:** 36

**Часов на самостоятельную работу по УП:** 72 (50 %)

**Часов на самостоятельную работу по РПД:** 72 (50 %)

**Общая трудоемкость в ЗЕТ:** 3

**Виды контроля в семестрах (на курсах):** Экзамены —; Зачеты - 4; Курсовые проекты —; Курсовые работы —.

**Форма обучения:** очная;

**Срок обучения:** нормативный.

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1/18		2/18		3/18		4/18		5/18		6/18		7/18		8/12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции							18	18									18	18
Лабораторные							18	18									18	18
Практические																		
Ауд. занятия							36	36									36	36
Сам. работа							72	72									72	72
<b>Итого</b>							<b>108</b>	<b>108</b>									<b>108</b>	<b>108</b>

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) — государственные требования к минимуму содержания и уровня подготовки бакалавра по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 3 декабря 2015 г. № 1414.

**Программу составила:**



д.ф.-м.н., Рембеза Е.С.

(подпись, ученая степень, ФИО)

**Рецензент:**



д.т.н., Строгонов А.В.

(подпись, ученая степень, ФИО)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки специалистов по направлению 28.03.02 «Наноинженерия», профиля подготовки «Инженерные нанотехнологии в приборостроении»

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики  
протокол № 4 от 16 января 2017 г.

Зав. кафедрой физики



Т.Л. Тураева

Согласовано:

Зав. выпускающей кафедрой  
«Полупроводниковой электроники  
и нанoeлектроники»



С.И.Рембеза

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины — приобретение знаний об основополагающих понятиях статистической физики, формирование понимания процессов микромира как вероятностных, основанных на статистических закономерностях, изучение и освоение специфического математического аппарата квантовой механики, изучение фундаментальных результатов квантовой теории, касающихся свойств твердого тела.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучение основополагающих понятий статистической физики;
1.2.2	овладение пониманием процессов микромира как вероятностных, основанных на статистических закономерностях;
1.2.3	освоение специфического математического аппарата квантовой механики;
1.2.4	изучение фундаментальных результатов квантовой теории, касающихся свойств твердого тела;
1.2.5	формирование у студентов естественнонаучной картины мира.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Цикл (раздел) ОПОП: дисциплины по выбору вариативной части дисциплин	Код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.2.1
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося: дисциплины, освоение которых необходимо как предшествующее для изучения данной дисциплины</b>	
Б1.Б.4	Математика
Б1.Б.5	Физика
Б1.В.ОД.4	Методы математической физики
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее</b>	
Б1.Б.12	Полупроводниковая электроника
Б1.Б.17	Материаловедение наноматериалов и наносистем
Б1.В.ОД.5	Материалы электронной техники
Б1.В.ОД.5	Физика конденсированного состояния
Б1.В.ДВ.5.1/Б1.В.ДВ.5.2	Наноэлектроника/Физика низкоразмерных систем

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>ОПК-1</b>	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования
<p><b>Знать:</b> основные положения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории (ОПК-1);</p> <p><b>Уметь:</b> объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров физических процессов (ОПК-1);</p> <p><b>Владеть:</b> навыками экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрацию, подвижности, времени жизни носителей заряда в полупроводнике (ОПК-1).</p>	

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				Всего часов
			Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	СРС	
1	Элементы квантовой механики и статистической физики	1—6	6		4	14	24
2	Основы зонной теории физики твердого тела	7—10	4		—	10	14
3	Свободный электронный газ в полупроводниках и металлах	11, 12	2		—	10	12
4	Примеси и примесные состояния в полупроводниках. Статистика равновесных носителей заряда	13, 14	2		4	12	18
5	Неравновесные носители заряда: генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф	15, 16	2		4	14	20
6	Поверхность и контактные явления	17, 18	2		6	12	46
<b>Итого часов</b>			<b>18</b>		<b>18</b>	<b>72</b>	<b>108</b>

##### 4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
<b>1. Элементы квантовой механики и статистической физики</b>		
	Общие сведения о квантовых статистиках. Фазовое пространство. Число состояний. Квантовые системы из одинаковых частиц. Принцип тождественности одинаковых микрочастиц. Симметричные и антисимметричные состояния (волновые функции) тождественных микрочастиц. Вырожденные и невырожденные системы частиц. Функции распределения в квантовой статистике: функции распределения <b>Ферми—Дирака</b> и <b>Бозе—Эйнштейна</b> . Бозоны и фермионы. Плотность числа квантовых состояний. Энергия Ферми. Нормальные колебания решетки. Акустические и оптические колебания. Понятие о фононах. Температура Дебая. Теплоемкость кристаллов при низких и высоких температурах. <b>Фамилии ученых пишутся через тире, а не дефис</b> <b>Должны быть указаны названия трех лекций (6 часов)</b>	
<b>2. Основы зонной теории физики твердого тела</b>		
	Приближение сильной связи. Волновая функция электрона в пространственно периодическом поле (приближение слабой связи). Энергетические зоны в кристаллах. Зонные модели металлов, диэлектриков и полупроводников. Квазичастицы: электроны и дырки.	
11, 12	<b>3. Свободный электронный газ в полупроводниках и металлах</b> Распределение Ферми-Дирака для вырожденного электронного газа в металлах. Теплоемкость электронного газа. Понятие о квантовой теории электропроводности металлов. Электропроводность металлов. Эффективная масса. Подвижность носителей заряда. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Высокотемпературная сверхпроводимость. <i>Самостоятельное изучение.</i> Эффект Джозефсона.	2
13, 14	<b>4. Примеси и примесные состояния в полупроводниках. Статистика равновесных носителей заряда</b> Равновесные концентрации электронов и дырок в собственных полупроводниках. Зависимость сопротивления собственного полупроводника от температуры. Термосопротивления. Фотопроводимость полупроводников. Процесс генерации и рекомбинации в полупроводниках. Эффект Холла.	2
15, 16	<b>5. Неравновесные носители заряда: генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф</b>	2

	Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси и уровни. Проводимость <i>n</i> - и <i>p</i> -типов. Основные и неосновные носители заряда. Равновесные концентрации электронов и дырок в примесных полупроводниках. Уровень Ферми в собственных и примесных полупроводниках.	
17, 18	<p align="center"><b>6. Поверхность и контактные явления</b></p> Контактные явления в полупроводниках. <i>P</i> — <i>n</i> переход и его выпрямляющие свойства. Полупроводниковые диоды и транзисторы. Термоэлектрические явления. <i>Самостоятельное изучение.</i> Контакт металл—полупроводник. <b>Указать, что выносится на самостоятельное изучение по другим разделам</b>	2
<b>Итого часов</b>		<b>18</b>

#### 4.2. Практические занятия — не предусмотрены

#### 4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности.	2	
2—17	Студенты выполняют одну из работ в соответствии с индивидуальным графиком: определение энергии активации примеси в полупроводнике (лабораторная работа № 3.07); изучение явления испускания света полупроводниками (лабораторная работа № 3.08); изучение фотопроводимости в полупроводниках (лабораторная работа № 3.09); изучение выпрямляющих свойств полупроводниковых диодов (лабораторная работа № 3.10); измерение концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках с помощью эффекта Холла (лабораторная работа № 3.06).	10	Опрос
6	Зачетное занятие	2	Отчет
12	Зачетное занятие	2	Отчет
18	Итоговое занятие	2	Отчет
<b>Итого часов</b>		<b>18</b>	

#### 4.3 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Изучение материала лекции. <b>Подготовка к практическому занятию Практические занятия программой обучения не предусмотрены</b>		4
2	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
3	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
	<b>Подготовка к практическому занятию</b>	<b>проверка домашнего задания</b>	<b>2</b>
4	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
5	<b>Подготовка к практическому занятию</b>	<b>проверка домашнего задания</b>	<b>2</b>
	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
6	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2

7	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
8	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
9	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	2
10	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
11	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
12	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
13	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
14	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
15	Подготовка к практическому занятию	проверка домашнего задания	2
	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	2
16	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
17	Подготовка к контрольной работе	контрольная работа	2
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
18	Подготовка к защите лаб. работ	отчет, защита	2
	Подготовка к зачету	зачет	2
<b>Итого часов</b>			<b>72</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:</b>	
5.1	<p><b>Лекции.</b> Лекционные занятия проводятся с использованием демонстраций опытов и экспериментов, с активным применением мультимедийных средств, видеофрагментов, электронных презентаций. Следует разумно сочетать индуктивный и дедуктивный методы рассмотрения материала, уделяя особое внимание разъяснению физической сущности изучаемых явлений, понятий и законов. В должной мере необходимо использовать математический аппарат дифференциального и интегрального исчисления. На лекциях должны найти отражение основные этапы сложного исторического развития современной физики, роль отечественных ученых.</p>
5.2	<p><b>Лабораторный практикум.</b> Во время практикума проводятся реальные физические эксперименты с использованием лабораторного оборудования, оценивается точность и погрешность измерений, анализируется физический смысл полученных результатов. В ряде случаев проводятся исследования физических явлений с использованием компьютерного моделирования. Перед выполнением работы проверяется готовность студента к ее выполнению, а после оформления работы проводится ее защита.</p>
5.3	<p><b>Самостоятельная работа студентов.</b> Эта работа включает усвоение материала, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, выполнение индивидуальных расчетных заданий, работу с учебниками, иной учебной и учебно-методической литературой, подготовку у текущего контролю успеваемости. Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется регулярно путем</p>

	опросов, защиты лабораторных работ, проверки выполнения домашних заданий, проведения физических диктантов, тестирования по отдельным темам дисциплины, коллоквиумов.
5.4	<b>Консультации.</b> Консультирование студентов проводится по всем вопросам учебного материала.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 6.1. Тесты и коллоквиумы

№	Шифр	Расшифровка
1	T5	Тест Квантовая оптика
2	T6	Тест Квантовая механика
3	T7	Тест Зонная теория
3	ИТ3	Итоговый тест
4	КИР5 КИР6	Контрольные итоговые работы (электронный ресурс, доступен по ссылке <a href="http://e-learning.vorstu.ru/course/view.php?id=1704">http://e-learning.vorstu.ru/course/view.php?id=1704</a> )

### 6.2. Контрольные задания для зачета по лабораторным работам

1	K33	Квантовая физика. Физика атомов. Зонная теория полупроводников. Физика ядра. Радиоактивность.
---	-----	---

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Рекомендуемая литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы и вид издания	Обеспеченность
<b>8.1.1. Основная литература</b>				
7.1.1.1	Савельев И.В.	Курс физики	2007—2012 Учеб. пособ.	0,6
7.1.1.2	Савельев И.В.	Курс физики: т. 1—5, <a href="http://e.lanbook.com/books/?p_f_1_65=918">http://e.lanbook.com/books/?p_f_1_65=918</a>	Учеб. пособ. электрон.	1
7.1.1.3	Трофимова Т.И.	Курс физики	2007—2012 Учеб. пособ.	0,6
7.1.1.4	Чертов А.Г., Воробьев А.А.	Задачник по физике	2009—2014 Учеб. пособ.	0,6
<b>8.1.2. Дополнительная литература</b>				
7.1.2.1	Елифанов Г.И.	Физика твердого тела	2011 Учебник	0,5
7.1.2.2	Москаленко А.Г., Гаршина М.Н., Татьяна Е.П., Хабарова О.С.	Общий курс физики. Квантовая физика. Основы квантовой статистики и физики твердого тела	2008 Учеб. пособ.	0,6
7.1.2.3	Детлаф А.А., Яворский Б.М.	Курс физики	2008 Учеб. пособ.	0,6
7.1.2.4	Рембеза Е.С., Железный В.С., Косякова Е.А.	Квантовая, атомная и ядерная физика: курс лекций	2011 Учеб. пособ. электрон.	1
7.1.2.5	Евсюков В.А. и др.	Практика решения задач по физике. Ч.5. Квантовая физика	2013 Учеб. пособ. электрон.	1
<b>8.1.3 Методические разработки</b>				
7.1.3.1	Москаленко А.Г., Гаршина М.Н., Татьяна Е.П., Матовых Н.В., Долгачев	Методические указания к лабораторному практикуму по полупроводникам	№ 202-2007 Метод. указ.	0,6



	А.А.			
7.1.3.2	Москаленко А.Г., Груздев А.Д., Татьяна Е.П., Хабарова О.С.	Методические указания к лабораторному практикуму по квантовой физике	№ 210-2010 Метод. указ.	0,6
7.1.3.3	Москаленко А.Г., Гаршина М.Н.	Квантовая физика. Квантовая механика. Основы квантовой статистики и физики твердого тела.	2000 Метод. указ.	0,6
7.1.3.4	Москаленко А.Г., Гаршина М.Н., Татьяна Е.П.	Контрольные задания для зачета по лабораторным работам «Квантовая оптика. Квантовая механика. Физика атома»	№ 11-2012 Метод. указ. электрон.	1
<b>7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы</b>				
7.1.4.1	Методические указания к выполнению лабораторных работ <b>представлены на сайте:</b> <a href="http://vorstu.ru/kafedrry/ftf/kaf/frp/uchpl/">http://vorstu.ru/kafedrry/ftf/kaf/frp/uchpl/</a>			
7.1.4.2	<b>Мультимедийные видеофрагменты:</b> Жидкие кристаллы; Полупроводники			
7.1.4.3	<b>Мультимедийные лекционные демонстрации:</b>			
	Моделирование эффекта Холла. Моделирование переходов электронов в полупроводниках. Изменение энергетических уровней электронов при сближении атомов			
7.1.4.4	<b>Гесты на магнитных носителях:</b> № 216-2006 по зонной теории			

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>8.1</b>	<b>Специализированная лекционная аудитория</b> , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
<b>8.2</b>	<b>Учебные лаборатории:</b> «Физика твердого тела»
<b>8.3</b>	<b>Дисплейный класс</b> , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума
<b>8.4</b>	<b>Кабинеты</b> , оборудованные проекторами и интерактивными досками

## Карта обеспеченности студентов учебной литературой

по состоянию на 1. 03. 2015 по дисциплинам: «Физика», «Спецглавы физики» и  
для всех технических специальностей

Рекомендуемая литература	Количество экз. в библиотеке на момент утверждения	Количество по годам издания		Ожидаемое число обучающихся <sup>1</sup>	Обеспеченность на одного студента <sup>2</sup>
		год	кол-во		
<b>Основная литература</b>					
Трофимова Т.И. Курс физики	606	2007	606	1200	0,6
Савельев И.В. Курс физики Т.1 (из 3 тт.) Т.2 (из 3 тт.) Т.3 (из 3 тт.)	~ 100 комплектов	2007	102		
		2007	122		
Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике	250 заказано	2009 2014	250 заказано		
Иродов И.Е. Задачи по общей физике.	50	2009	50		
<b>Дополнительная литература</b>					
Епифанов Г.И. Физика твердого тела	50	2011	50	100	0,5
Груздев А.Д. и др. Учеб. пос. Ч.1 Механика. Молекулярная физика.	104	2007	104	1200	0,1
Груздев А.Д. и др. Учеб. пос. Ч.2 Электричество и магнетизм.	103	2008	103		
Москаленко А.Г. Физические основы механики. Учеб. пос.	124	2010	124	1200	0,1
Евсюков В.А. Практика решения задач по физике. Учеб. пос. Ч.1.1. Физические основы механики.	80	2008	80	1200	0,1
Евсюков, В.А. Электромагнетизм. Магнитостатика. Законы электромагнитных явлений. Учеб. пособие. Ч.2.	75	2008	75	1200	0,1
Евсюков, В.А. Практика решения задач по физике. Учеб. пос. Ч.2.1 : Электромагнетизм	40	2010	40	1200	0,1

<sup>1</sup> - Приблизительное число обучающихся одновременно по данным учебникам

<sup>2</sup> - Обеспеченность показана в расчете на то количество студентов, которое обучается по данным учебникам.

Рекомендуемая литература	Количество экз. в библиотечном фонде на момент утверждения	Количество по годам издания		Ожидаемое число обучающихся <sup>1</sup>	Обеспеченность на одного студента <sup>2</sup>
		год	кол-во		
Евсюков В.А. Практика решения задач по физике. Учеб. пос. Ч.2.2 Электромагнетизм	40	2010	40	1200	0,1
Москаленко А.Г. и др. Общий курс физики. Квантовая физика. Основы квантовой статистики и физики твердого тела. Учеб. пособие.	124	2008	124	1200	0,1
<b>Методическая литература</b>					
Рекомендуемая литература	Количество экз. в библиотечном фонде на момент утверждения	Количество по годам издания		Ожидаемое число обучающихся <sup>1</sup>	Обеспеченность на одного студента <sup>2</sup>
		год	кол-во		
<b>Методические указания к лабораторному практикуму</b>					
353-2010 по механике (силы инерции)	100	2010	100	1200	0,1
243-2010 по механике	290	2010	290		
249-2009 по механическим колебаниям, упругим волнам	139	2009	139		
46-2007 по термодинамике	190	2007	190	1200	0,2
429-2009 по молекулярной физике и т/д	291	2009	291		
204-2010 по молекулярной физике	109	2010	109		
31-2014 по молекулярной физике и т/д	151	2014	151		
175-2007 по электромагнетизму	90	2007	90		
57-2009 по постоянному току	108	2009	108		
128-2014 по электромагнетизму	149	2014	149		
397-2009 по э/м колебаниям и волнам	90	2009	90		
5-2010 по интерференции	91	2010	91		
123-2014 по волновой оптике	150	2014	150		
201-2007 по квантовой оптике	439	2007	439		
202-2007 по полупроводникам	419	2007	419		
210-2010 по квантовой физике	390	2010	390		
43-2014 по атомной и ядерной физ.	151	2014	151		
372-2007 для подготовительного отделения	3	2007	3		
<b>Методические указания к решению задач</b>					
363-2008 по механике	90	2008	90	1200	0,1
477-2009 по механике	79	2009	79		
101-2008 по колебаниям	90	2008	90		
46-2007 Энтропия. II начало термодинамики. Тепловые двигатели.	89	2007	89		
50-2009 по молекулярной физике	190	2009	190		
171-2007 по электростатике и постоянному току	90	2007	90		
170-2007 по электромагнетизму	90	2007	90		



175-2007 Движение заряженных частиц в эл. и магн. полях	90	2007	90	1200	0,1
219-2008 по электромагнетизму	90	2008	90		
218-2008 по волновой оптике	89	2008	89		
422-2008 по квантовой физике	89	2009	89		
69-2009 по физике атомов, твердого тела					
<b>Электронные ресурсы</b>					
Рекомендуемая литература		Год издания	Ожидаемое число обучающихся <sup>1</sup>	Обеспеченность на одного студента <sup>2</sup>	
<b>Учебные пособия</b>					
Савельев И.В. Курс физики. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»					
Т.1 (из 5 тт.)		2011			
Т.2 (из 5 тт.)		2011			
Т.3 (из 5 тт.)		2011			
Т.4 (из 5 тт.)		2011			
Т.5 (из 5 тт.)		2011			
Гиоргадзе А. Л. и др. Краткий курс физики. Ч.1.		2007			
Гиоргадзе А. Л. и др. Краткий курс физики. Ч.2.		2007			
Гиоргадзе А. Л. и др. Краткий курс физики. Ч.3.		2007			
Общая физика. Ч.1. Механика.		2010	1200		1
Москаленко А. Г. и др. Краткий курс физики. Ч.1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика		2011			
Москаленко А. Г. и др. Краткий курс физики. Ч.2. Электромагнетизм. Колебания и волны. Оптика. Квантовая физика. Физика ядра		2011			
Антипов С.А. и др. Типовые задачи по разделам физики		2012			
Евсюков, В.А. и др. Практика решения задач по физике. Ч.4. Геометрическая и волновая оптика		2012			
Евсюков, В.А. и др. Практика решения задач по физике. Ч.6. Физика макросистем		2012			
Евсюков, В.А. и др. Практика решения задач по физике. Ч.5. Квантовая физика		2013			
<b>Методические указания</b>					
428-2007 Разноуровневые задачи "Молекулярная физика. Термодинамика"		2007			
66-2007 к решению задач по механике		2007			
230-2007 тесты по молекулярной физике		2007			
61-2011 по квантовой оптике		2011			
224-2011 к решению задач по теме: электромагнитная индукция и магнитное поле в веществе		2011	1200		1
235-2011 контрольные задания для зачета по темам: электричество, магнетизм, волновая оптика		2011			
240-2011 по интерференции света		2011			
3-2012 к решению задач по теме: постоянный электрический ток		2012			

Рекомендуемая литература	Год издания	Ожидаемое число обучающихся <sup>1</sup>	Обеспеченность на одного студента <sup>2</sup>
11-2012 по квантовой физике, квантовой механике, физике атома	2012		
24-2012 к решению задач по теме магнитное поле линейных и пространственных проводников с током	2012		
34-2012 по электромагнитным колебаниям и волнам	2012		
181-2012 Тесты входного контроля по физике.	2012		
320-2012 Разноуровневые задачи «Постоянный ток. Электромагнетизм»	2012		
28-2013 к решению задач по теме: электростатика для МС и НГД	2013		
29-2013 к решению задач по теме: магнетизм	2013		
63-2013 для самостоятельной работы по ядерной физике и элементарным частицам	2013	1200	1
132-2013 тесты по электростатике и постоянному электрическому току	2013		
139-2013 к лабораторным работам по электричеству	2013		
278-2013 к практическим занятиям для специальностей РД и СД	2013		
14-2014 Теоретический минимум к лабораторному практикуму по физике твердого тела	2014		
29-2014 к практическим занятиям по темам: Кинематика. Динамика. Законы сохранения	2014		
34-2014 по основным законам механики в примерах	2014		
35-2014 по механическим колебаниям и упругим волнам	2014		
45-2014 ФОС по физике	2014		
296-2014 к решению задач по физике	2014		

<sup>1</sup> - Приблизительное число обучающихся одновременно по данным учебникам

<sup>2</sup> - Обеспеченность показана в расчете на то количество студентов, которое обучается по данным учебникам.

Зав. кафедрой физики  Тураева Т.Л.

Директор библиотеки  Буковшина Т.И.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГТУ»)

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«СПЕЦГЛАВЫ ФИЗИКИ»**

Для направления подготовки

**28.03.02 Наноинженерия**

Профиль подготовки **Инженерные нанотехнологии в приборостроении**  
(очной формы с нормативным сроком обучения)

Воронеж 2017 г.

## Структурная матрица компетенций по дисциплине «Спецглавы физики»

Индекс компетенции/ результат обучения	Наименование компетенции / результат обучения
<b>ОПК-1</b>	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов физики;
P1.ОПК-1	Знает: - основные положения зонной теории;
P2.ОПК-1	Знает: - особенности энергетического спектра электрона в кристалле;
P3.ОПК-1	Знает: - понятие эффективной массы;
P4.ОПК-1	Знает: - классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории

### Индексированные результаты обучения и показатели оценивания результатов

Индекс	Результат	Индекс	Показатель
P1.ОПК-1	Знает: - основные положения зонной теории;	П1.P1.ОПК-1	Знает: - основные понятия и определения квантовой статистики
		П2.P1.ОПК-1	Знает: - функции распределения в квантовой статистике
		П3.P1.ОПК-1	Знает: - плотность энергетических состояний
		П4.P1.ОПК-1	Знает: - энергия Ферми
		П5.P1.ОПК-1	Знает: - нормальные колебания кристаллической решетки
P2.ОПК-1	Знает: - особенности энергетического спектра электрона в кристалле;	П1.P2.ОПК-1	Знает: - распределение Ферми- Дирака для вырожденного электронного газа
		П2.P2.ОПК-1	Знает: - теплоемкость электронного газа
P3.ОПК-1	Знает: - понятие эффективной массы;	П1.P3.ОПК-1	Знает: - приближения сильной и слабой связи
		П2.P3.ОПК-1	Знает: - эффективная масса, подвижность носителей заряда
P4.ОПК-1	Знает: - основные понятия о квантовой теории	П1.P4.ОПК-1	Знает: - энергетические зоны в кристаллах
		П2.P4.ОПК-1	Знает:

	электропроводности металлов;		- электропроводность металлов; сверхпроводимость
		ПЗ.Р4.ОПК-1	Знает: - зонное строение собственных и примесных полупроводников

### Паспорт фонда оценочных средств

Вид контроля	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Индекс компетенции / результата	Форма контроля	Индекс и объем КОС
<b>Семестр 4.</b> <b>Раздел: «Спецглавы физики»</b>				
Текущий	Квантовая статистика. Нормальные колебания решетки. Квантовая теория свободных электронов в металлах	П1.Р1.ОПК -1 П2.Р1.ОПК-1	Тестирование	Т5, 10 зад.
		П5.Р1.ОПК-1	Контр. работа	КР6, 3*4=12 задач
Текущий	Элементы зонной теории твердых тел.	П3.Р1. ОПК-1 П4.Р1.ОПК-1	Отчет по лабораторным работам	К33, 5*5=25 зад.
		П1.Р3.ОПК-1 П2.Р3.ОПК-1	Контр. работа	КР7, 3*4=12 задач
Текущий	Понятие о квантовой теории электропроводности металлов.	П1.Р2.ОПК-1 П2.Р2.ОПК-1 П1.Р4.ОПК-1 П3.Р4 ОПК-1	Отчет по лабораторным работам	К33, 5*5=25 зад.
Рубежный		П1.Р2. ОПК-1 П2.Р2.ОПК-1	Компьютерное тестирование	Т6, 11 зад.
Текущий	Понятие о зонном строении и механизмах электропроводности собственных и примесных полупроводников. Контактные явления в полупроводниках.	П1.Р3.ОПК-1 П2.Р3.ОПК-1 П3.Р3.РПК-1	Отчет по лабораторным работам	К33, 5*5=25 зад
			Компьютерное тестирование	Т7, 8 зад.
Итоговый			Зачет	ИТ3

#### Задачи для контрольных работ

1. Определите функцию распределения для электронов, находящихся на энергетическом уровне  $E$  для случая  $E - E_F \ll kT$ , пользуясь 1) статистикой Ферми-Дирака; 2) статистикой Максвелла-Больцмана.
2. Вычислите удельную теплоемкость меди при температуре 1000 К. Изобразите (качественно) на графике, как меняется удельная теплоемкость меди при понижении температуры.  $\Theta_{Cu} = 343$  К.
3. Найти положение уровня Ферми и температурную зависимость концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике. Как изменится концентрация электронов при изменении температуры от 200 К до 300 К, если  $E_g = 0,785$  эВ?
4. Определите функцию распределения Ферми-Дирака при  $T \neq 0$  К для электронов, находящихся на уровне Ферми. Объясните полученный результат.
5. На каждый атом меди приходится один электрон проводимости. Какова средняя скорость электронов проводимости, если через медный провод диаметром 0,2 мм течет ток 10 А? ( $\rho_{Cu} = 7,6$  г/см<sup>3</sup>).
6. Вычислить собственную концентрацию носителей заряда в кремнии при  $T=300$  К, если ширина его запрещенной зоны  $\Delta E_g = 1,12$  эВ, а  $m_n^* = 1,05 m_e$ ,  $m_p^* = 0,56 m_e$ .

#### Контрольные задания для зачета по лабораторным работам



### **ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ СТАТИСТИКИ**

1. Фермионы и бозоны. Невырожденные и вырожденные коллективы. Фазовое пространство. Элементарная ячейка. Плотность состояний.
2. Функция распределения Ферми-Дирака. Электронный газ в металлах.
3. Функция распределения Бозе-Эйнштейна. Фотонный газ.
4. Нормальные колебания решетки. Фононы. Распределение фононов по энергиям.
5. Теплоемкость кристаллической решетки.

### **ОСНОВЫ ЗОННОЙ ТЕОРИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

6. Энергетические зоны в кристаллах. Заполнение энергетических зон электронами и электрические свойства твердых тел.
7. Собственные и примесные полупроводники.
8. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в собственных полупроводниках.
9. Положение уровня Ферми и концентрация носителей в примесных полупроводниках.
10. Подвижность носителей заряда в полупроводниках и ее зависимость от температуры.
11. Температурная зависимость электропроводности примесных полупроводников.
12. Фотолюминесценция.
13. Контактные явления в полупроводнике.
14. Светодиоды и лазеры на основе полупроводников.

### **Вопросы к экзамену**

1. Общие понятия, определения и задачи статистической физики.
2. Принцип тождественности одинаковых микрочастиц.
3. Функция распределения Ферми-Дирака. Фермионы.
4. Функция распределения Бозе-Эйнштейна. Бозоны.
5. Плотность числа квантовых состояний.
6. Энергия Ферми.
7. Акустические и оптические колебания кристаллических решеток.
8. Фононы.
9. Теплоемкость кристаллов при низких и высоких температурах.
10. Квантовая теория свободных электронов в металлах.
11. Теплоемкость электронного газа.
12. Энергетические зоны в кристаллах. Зонные модели металлов, диэлектриков и полупроводников.
13. Электропроводность металлов.
14. Сверхпроводимость.
15. Электропроводность собственных полупроводников.
16. Электропроводность примесных полупроводников.
17. Температурная зависимость сопротивления и электропроводности собственного полупроводника.
18. Термосопротивления.
19. Фотопроводимость полупроводников.
20. Эффект Холла.
21.  $p$ - $n$  переход и его выпрямляющие свойства.
22. Полупроводниковые транзисторы.
23. Термоэлектрические явления.
24. Термоэлектронная эмиссия.

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета  
факультета радиотехники и электроники  
проф. Небольсин В.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Спецглавы физики»  
для направления подготовки 28.03.02 Наноинженерия  
профиль подготовки Инженерные нанотехнологии в приборостроении

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения)

\_\_\_\_\_ изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры физики

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

Зав. кафедрой физики

Тураева Т.Л.

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии

Москаленко А.Г.