

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
**ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
<b>Образовательная программа</b> Проектирование и эксплуатация атомных станций	<b>Код ОП</b> 14.05.02/01.01 <b>Учебный план №</b> 5111
<b>Направление подготовки</b> Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	<b>Код направления подготовки и уровня образования</b>
<b>Уровень образования</b> специалитет	14.05.02
<b>Квалификация, присваиваемая выпускнику</b> Инженер-физик	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b>
<b>ФГОС ВО</b>	17.08.2015, № 849

СОГЛАСОВАНО  
ДИРЕКЦИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ  
ПРОГРАММ

Екатеринбург, 2015

Рабочая программа дисциплины «Физика твердого тела» составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Филанович А.Н.	к.ф.-м.н.	Доцент	физики	
2	Повзнер А.А.	д.ф.-м.н., профессор	Зав. кафедрой	физики	

Рекомендовано:

Учебно-методическим советом  
института Фундаментального образования  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

Т.И.Алферьева

Учебно-методическим советом  
Уральского Энергетического Института  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

В.И.Денисенко

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Р.Х.Токарева

Руководитель образовательной программы

С. Е. Щеклеин

# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА»

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Физика твердого тела» относится к базовой части образовательной программы и является дополнительной к базовому курсу физики, который составляет основу подготовки инженеров-специалистов, являясь фундаментальной базой успешной деятельности инженера любого профиля, и совместно с дисциплиной «Высшая математика», формирует научное мировоззрение, владение физико-математическим аппаратом, методами физических исследований с целью успешного освоения специальных дисциплин. Интегрирование знаний о природе материи и физических законов в смежные науки позволяет студенту рациональнее и эффективнее использовать полученные в ходе обучения компетенции для решения профессиональных задач.

Дисциплина посвящена изучению разделов «Структура твердых тел», «Химические связи в твердых телах», «Механические свойства твердых тел», «Тепловые свойства твердых тел», «Элементы статистической физики», «Электронные свойства твердых тел», «Физика полупроводников», «Контактные явления», «Электронные свойства твердых тел», «Магнитные свойства твердых тел». Все указанные разделы необходимы для работы в области проектирования и эксплуатации атомных электростанций.

Учебный процесс по дисциплине включает лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельную работу студента. По дисциплине запланировано проведение одной контрольной работы и одного теоретического коллоквиума, а также выполнение двух домашних работ. Форма контроля при промежуточной аттестации – экзамен.

Дисциплина изучается после дисциплин «Высшая математика» (математический анализ), «Физика» или может изучаться параллельно с математикой.

## 1.2. Язык реализации программы – русский.

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (**ОК-1**);
- способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований (**ПК-2**);
- готовность к проведению исследования и участия в испытании основного оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации (**ПК-3**);
- готовность использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, готовить данные для составления обзоров, отчетов и научных публикаций (**ПК-4**).

В результате освоения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- предмет физики твердого тела как разделе физики, ее задачи и методы их решения;
- основные процессы, происходящие в кристаллах;
- виды кристаллических решеток и их основные характеристики;
- динамику кристаллических решеток,
- о влиянии тепловых колебаний на тепловые свойства твердых тел
- о статистиках электронов и видах проводимости в различных видах кристаллических веществ;
- устройства, основанных на различных видах проводимости

**Уметь:**

- выявлять физическую сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и использовать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- анализировать научно-техническую информацию, связанную с физическими методами решения профессиональных задач;
- применять законы физики для объяснения физических явлений в природе и технике;
- решать качественные и количественные физические задачи, используя методы математического анализа;
- проводить измерения физических величин и обработку результатов эксперимента;
- самостоятельно работать с учебной и справочной литературой;

**Владеть:**

- инструментарием для решения физических задач в своей предметной области;
- навыками анализа физических явлений в технических устройствах и системах;
- методами физико-математического моделирования в конкретной предметной области
- опытом применения методов решения типовых физических задач;
- методами проведения физических измерений;
- опытом применения методов корректной оценки погрешности при проведении физического эксперимента

**1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины «Физика твердого тела»**

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
				3
<b>1.</b>	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
2.	Лекции	34	34	34
3.	Практические занятия	17	17	17
4.	Лабораторные работы	17	17	17
<b>5.</b>	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>72</b>	<b>10,2</b>	<b>58</b>
<b>6.</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>2,33</b>	<b>Экзамен, 18</b>
<b>7.</b>	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>144</b>	<b>80,53</b>	<b>144</b>
<b>8.</b>	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>4</b>		<b>4</b>

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА»

Код раздела, темы	Раздел, тема* дисциплины	Содержание
1	Структура твердых тел	<p><b>Кристаллические и аморфные тела.</b> Кристаллическая решетка. Решетка Браве. Элементарная ячейка. Типы примитивных ячеек и их характеристики. Сингонии кристаллических структур. Индексы узлов и направлений. Индексы Миллера.</p> <p><b>Симметрия кристаллов.</b> Операция симметрии. Элементы точечной симметрии: плоскость симметрии, центр симметрии, ось симметрии.</p> <p>Элементы пространственной симметрии: плоскость скользящего отражения и винтовая ось. Квазикристаллы.</p> <p><b>Дефекты кристаллической решетки.</b> Монокристаллы и анизотропия. Поликристаллы. Вакансии, внедрения, замещения. Дефекты кристаллической решетки по Френкелю и по Шоттки. Примеси. Дислокации. Радиационные дефекты и их влияние на свойства кристаллической решетки.</p> <p><b>Экспериментальные методы исследования структуры твердых тел.</b> Закон дифракции Брэгга-Вульфа. Получение рентгеновского излучения. Основные методы исследования кристаллической структуры с помощью рентгеновского излучения. Принцип работы дифрактометра..</p> <p>Использование нейтронов и электронов в исследованиях кристаллических структур.</p> <p>Просвечивающий и растровый электронные микроскопы. Методы исследования микроструктуры. Сканирующий туннельный микроскоп. Атомный силовой микроскоп.</p>
2	Химические связи в твердых телах. Механические свойства твердых тел.	<p><b>Силы притяжения и отталкивания в твердых телах.</b> Силы Ван-дер-Ваальса. Молекулярная связь. Ионная связь. Ковалентная связь. Металлическая связь. Водородная связь. Явление полиморфизма.</p> <p><b>Механические свойства твердых тел.</b> Механическое напряжение. Относительная деформация. Закон Гука. Упругая и пластическая деформации. Упругие модули.</p>
3	Тепловые свойства твердых тел.	<p><b>Колебания одномерной цепочки атомов.</b> Дисперсионные кривые.</p> <p><b>Решеточная теплоемкость твердых тел.</b> Закон Дюлонга-Пти. Понятие о фононах. Модель решеточной теплоемкости Эйнштейна. Модель решеточной теплоемкости Дебая.</p> <p>Колебания одномерной цепочки с двумя атомами в примитивной ячейке. Акустические и оптические колебания кристаллической решетки.</p> <p><b>Тепловое расширение твердых тел.</b> Ангармонизм решеточных колебаний.</p> <p><b>Теплопроводность кристаллической решетки.</b></p>
4	Элементы физической статистики	<p>Фазовое пространство. <b>Функция распределения. Функция плотности состояний.</b> Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.</p>

		<p><b>Плотность энергетических состояний свободных микрочастиц.</b> Вырожденный газ частиц. Критерий снятия вырождения.</p>
5	Электронные свойства твердых тел	<p><b>Электрон в изолированном (свободном) атоме.</b> Квантовые числа. Характеристическое рентгеновское излучение. <b>Модель свободных электронов в металле.</b> Энергия Ферми. Влияние электронной подсистемы на теплоемкость и теплопроводность металлов. <b>Обобществление электронов в кристалле.</b> Энергетические зоны. Понятие о теоретических методах расчета электронной структуры твердых тел. Энергия электрона в кристалле в зависимости от волнового вектора. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. <b>Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонного строения твердых тел.</b></p>
6	Физика полупроводников. Контактные явления.	<p><b>Собственные и примесные полупроводники.</b> Уровень Ферми и концентрация свободных носителей в полупроводниках. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Эффект Холла в полупроводниках. Фотопроводимость полупроводников. <b>Работа выхода. Контактная разность потенциалов.</b> <b>P-n переход и полупроводниковые приборы на его основе.</b> <b>Термоэлектрические явления.</b> Эффект Зеебека. ТермоЭДС. Термопара. Эффекты Пельтье и Томсона.</p>
7	Электрические свойства твердых тел	<p><b>Дрейф электронов во внешнем электрическом поле.</b> Время релаксации и длина свободного пробега. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. <b>Электропроводность чистых металлов.</b> <b>Электропроводность металлических сплавов.</b> Правило Нордгейма. Правило Матиссена. Температурный коэффициент электрического сопротивления. <b>Явление сверхпроводимости.</b> Эффект Мейснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го родов. Изотопический эффект. Куперовские пары. Элементы теории БКШ. Щелевой характер энергетического спектра в сверхпроводнике.</p>
8	Магнитные свойства твердых тел	<p><b>Намагниченность. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость вещества.</b> <b>Диамagnetики. Парамагнетики. Ферромагнетики и их свойства.</b> Магнитострикция и магнитоупругий эффект. Магнитные свойства атомов. Гиромагнитное отношение. Орбитальные и спиновые моменты. Природа диамагнетизма. <b>Классический парамагнетизм Ланжевена. Парамагнетизм электронного газа.</b> <b>Природа ферромагнетизма.</b> Доменная структура ферромагнетиков и её связь с кривой намагничивания.</p>

### 3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)

### 3.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

### 3.2. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

Объем дисциплины (зач.ед.): 4

Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)			Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																												
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)					Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)							Подготовка к контрольным мероприятиям (колич.)		Подготовка к мероприятиям по дисциплине (час.)											
								Всего	Лекция	Прак., семинар. занятие	Лабораторное занятие	И/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Всего	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет при наличии экзамена	Зачет при отсутствии экзамена	Экзамен					
																													Зачет при наличии экзамена	Зачет при отсутствии экзамена			
1	Структура твердых тел	11	8	6	2	0	3	3	1,2	1,8	0																						
2	Химические связи в твердых телах. Механические свойства твердых тел.	16	10	4	3	3	6	6	0,8	2,2	3																						
3	Тепловые свойства твердых тел.	23	10	4	2	4	13	7	0,8	2,2	4	6	1																				
4	Элементы физической статистики	11	4	2	2	0	7	3	0,4	2,6	0									4	1												
5	Электронные свойства твердых тел	8	6	4	2	0	2	2	0,8	1,2	0																						
6	Физика полупроводников. Контактные явления.	29	14	6	2	6	15	9	1,2	1,8	6	6	1																				
7	Электрические свойства твердых тел	16	8	4	2	2	8	4	0,8	1,2	2									4	1												
8	Магнитные свойства твердых тел	12	8	4	2	2	4	4	0,8	1,2	2																						
	Всего (час), без учета подготовки к аттестационным мероприятиям:	126	68	34	17	17	58	38	6,8	14,2	17	12								8													
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>144</b>	<b>68</b>				<b>76</b>																	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>18</b>						

\*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета подготовки к аттестационным мероприятиям»

## 4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.1.Лабораторный практикум

Код раздела, темы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
2	Получение уравнения состояния меди из первопринципного расчета	3
3	Определение температурного коэффициента линейного расширения твёрдых тел	4
6	Исследование полупроводникового резистора	2
6	Изучение эффекта Холла в полупроводниках	2
6	Изучение свойств р-п перехода и определение ширины запрещенной зоны полупроводника	2
7	Изучение электрического сопротивления металлических проводников	2
8	Изучение свойств ферромагнетика	2

Всего: 17

### 4.2.Практические занятия

Код раздела, темы	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
1	Структура твердых тел.	2
2	Механические свойства твердых тел.	3
3	Тепловые свойства твердых тел	2
4	Элементы физической статистики	2
5	Электронные свойства твердых тел	2
6	Физика полупроводников	2
7, 8	Электрические и магнитные свойства твердых тел	4

Всего: 17

### 4.3.Самостоятельная работа студентов

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Структура твердых тел
2. Тепловые свойства твердых тел. Модель Дебая.
3. Электронные свойства твердых тел. Энергия Ферми.
4. Полупроводники.

#### 4.3.2 Примерный перечень тем графических работ не предусмотрено

#### 4.3.3 Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ) не предусмотрено

#### 4.3.4 Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов) не предусмотрено

#### 4.3.5 Примерный перечень тем расчетно-графических работ не предусмотрено

#### 4.3.6 Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ) не предусмотрено





## 6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана –

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – к лек. = 0,5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лекций</i>	3, в течение семестра	70
<i>Теоретический коллоквиум (контрольная работа №1)</i>	3, 7	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.= 0,4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек.=0,6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – к прак. =0,25</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Домашняя работа №1</i>	3, 7	25
<i>Домашняя работа №2</i>	3, 11	25
<i>Контрольная работа (№2)</i>	3, 15	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– к тек.прак.= 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– к пром.прак. = 0,0</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – к лаб. = 0,25</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Выполнение лабораторных работ</i>	3, в течение семестра	50
<i>Результат тестирования по лабораторному практикуму</i>	3, в течение семестра	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям– к тек.лаб.= 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям– не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям– к пром.лаб. = 0,0</b>		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы - не предусмотрено

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

<b>Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. п</b>
<i>Семестр 3</i>	<i>1</i>

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1.Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела – СПб.: Лань, 2011. – 288 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>
2. Валишев М.Г. Курс общей физики: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. направлениям подгот. и специальностям / М. Г. Валишев, А. А. Повзнер .— Изд. 2-е, стер .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010 .— 576 с. : ил. ; 24 см .— (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Допущено в качестве учебного пособия .— ISBN 9785811408207. – 2939 экз
3. Матухин В.Л., Ермаков В.Л. Физика твердого тела – СПб.: Лань, 2010. – 224 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262>
4. Чертов А.Г. Задачник по физике / А.Г.Чертов, А. А Воробьев. – М.: Высш. школа, 2003. – 539 экз

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Блейкмор, Дж. Физика твердого тела / Дж. Блейкмор ; пер. с англ. под ред. Д. Г. Андрианова, В. И. Фистуля .— Москва : Мир, 1988 .— 608 с. : ил. ; 22 см .— Пер. изд.: Solid state physics / J. S. Blakemore (Cambridge etc.). – 32 экз.
2. Савельев И.В. Курс общей физики : учебное пособие : в 5 ч. Ч. 5 / И.В. Савельев. – СПб: Изд-во Лань , 2011. – 352с.  
<URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=708](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=708)>.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела пер. с 4-го амер. изд. А. А. Гусева, А. В. Пахнева; под общ. ред. А. А. Гусева .— М. : Наука, 1978 .— 791 с. – 99 экз.

#### 7.1.3. Методические разработки

1. Аношина О.В. Исследование полупроводникового резистора : методические указания к лабораторной работе № 33 по физике для всех направлений подготовки, всех форм обучения / О.В. Аношина , А.В. Мелких , А.А. Повзнер , А.Н. Филанович. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 16с.
2. Карпов Ю.Г. Изучение магнитных полей и свойств ферромагнетика : методические указания к лабораторной работе №18 по физике для всех направлений подготовки, всех форм обучения / Ю.Г. Карпов, А.Н. Филанович, С.М. Подгорных, А.Ю. Бункин. – Екатеринбург. : УрФУ, 2012. – 20с.
3. Карпов Ю.Г. Изучение полупроводникового диода : методические указания к лабораторной работе №36 по физике для всех направлений подготовки, всех форм обучения / Ю.Г. Карпов, А.Н. Филанович, Л.Г . Мальшев, О.А . Чикова, К.Ю . Шмакова. – Екатеринбург. : УрФУ, 2012. – 15с.
4. Мелких А.В. Основы статистической физики: учебное пособие / А.В. Мелких, А.А. Повзнер. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. Ч.1. 125 с.
5. Михельсон А.В. Физический практикум по оптике: учебное пособие/ А.В. Михельсон, А.Г. Гофман, Т.И. Папушина, А.А. Повзнер. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 161 с.
6. Карпов Ю.Г. Изучение эффекта Холла в полупроводниках: методические указания к лабораторной работе №35 по физике/ Ю.Г. Карпов, А.Н. Филанович. – Екатеринбург. : УГТУ-УПИ, 2009. – 19с.

### 7.2.Программное обеспечение

1. Стандартные программные пакеты: MathCAD, MathLab, LabVIEW.
2. Собственные разработки кафедры.

Используются разработанные на кафедре физики в среде NI LabVIEW компьютерные

программы для получения и обработки данных лабораторного эксперимента. Эти программы визуализируют данные измерений на экране монитора, что позволяет эффективно изучать, например, явление гистерезиса, различные распределения и т.д. Также эти программы обеспечивают мгновенную обработку данных эксперимента с использованием современных методик, тем самым позволяя сосредоточить внимание на физике, а не на вычислениях.

Разработаны программы для следующих лабораторных работ:

- Работа №18 «Изучение магнитных полей и свойств ферромагнетика»
- Работа №33 «Исследование полупроводникового резистора»
- Работа №35 «Изучение эффекта Холла в полупроводниках»
- Работа №36 «Изучение свойств p-n перехода и определение ширины запрещенной зоны полупроводника»

Для перечисленных выше лабораторных работ разработаны также программы для проведения входного тестирования знаний студентов.

При необходимости натуральный лабораторный эксперимент дополняется виртуальными лабораторными работами, компьютерные программы для которых разработаны с использованием NI LabVIEW и Adobe Flash. Разработанные программы обеспечивают порядок выполнения работы и обработку результатов, которые не отличаются от натурального аналога. Как и при работе с настоящей установкой, в виртуальной работе студенты сталкиваются с переходными процессами, необходимостью временной выдержки перед снятием показаний. Кроме того, в моделях учтена случайная ошибка, вносящая погрешность в результат, благодаря чему результаты, полученные разными студентами отличны друг от друга, как и при проведении работы на реальных установках. Разработан комплекс программ для выполнения 21 лабораторной работы по всем разделам курса «физика»

### **7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы**

- Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>),
- зональная научная библиотека УрФУ » (<http://www.lib.urfu.ru>),
- поисковая система Яндекс (<http://www.yandex.ru>),
- поисковая система Google (<http://www.google.com>),
- Национальный Открытый Университет «Интуит» (<http://www.intuit.ru>).

### **7.4. Электронные образовательные ресурсы**

1. Андреева А.Г. Физика. Лабораторные работы по молекулярной физике: учебное пособие / А.Г. Андреева, Е.А. Борисова, В.М. Замятин, Ю.Г. Карпов, В.П. Левченко, А.А. Повзнер, Ф.А. Сидоренко, В.С. Черняев, К.А. Шумихина. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. - Режим доступа: [http://study.urfu.ru/view/aid\\_view.aspx?AidId=8844](http://study.urfu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=8844)
2. Левченко В.П. Определение температурного коэффициента линейного расширения твердых тел: методические указания к лабораторной работе № 6 по физике / В.П. Левченко, А.В. Мелких, А.А. Сабирзянов  
[http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user\\_upload/site\\_62\\_6389/pdf/6.pdf](http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_62_6389/pdf/6.pdf)
3. Гора Е. А. Измерение электрического сопротивления металлического проводника: методические указания к лабораторной работе № 12 / Е. А. Гора, Н. А. Зайцева, Ю. Г. Карпов, О. В. Михалева – Екатеринбург: УрФУ, 2015. Режим доступа: [http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user\\_upload/site\\_62\\_6389/pdf/12.pdf](http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_62_6389/pdf/12.pdf)
4. Карпов Ю.Г. Изучение магнитных полей и свойств ферромагнетика: методические указания к лабораторной работе №18 по физике / Ю.Г. Карпов, А. Н. Филанович, С. М. Подгорных, А. Ю. Бункин. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. Режим доступа: [http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user\\_upload/site\\_62\\_6389/pdf/18.pdf](http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_62_6389/pdf/18.pdf)
5. Карпов Ю.Г. Изучение электрических свойств полупроводникового диода: методические указания к лабораторной работе №36 по физике / Ю.Г. Карпов, А.Н. Филанович. - Екатеринбург.: УГТУ-УПИ, 2009. Режим доступа:

- [http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user\\_upload/site\\_62\\_6389/pdf/36.pdf](http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_62_6389/pdf/36.pdf)
6. Карпов Ю.Г. Исследование электрических свойств полупроводникового резистора. Определение ширины запрещенной зоны: методические указания к лабораторной работе № 33 по физике / Ю.Г. Карпов, А.Н. Филанович. – Екатеринбург. : УГТУ-УПИ, 2009. - Режим доступа: [http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user\\_upload/site\\_62\\_6389/pdf/33.pdf](http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_62_6389/pdf/33.pdf)
  7. Карпов Ю.Г. Исследование эффекта Холла в полупроводниках: методические указания к лабораторной работе №35 по физике / Ю.Г. Карпов, А.Н. Филанович. – Екатеринбург. : УГТУ-УПИ, 2009. Режим доступа [http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user\\_upload/site\\_62\\_6389/pdf/35.pdf](http://kf.info.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_62_6389/pdf/35.pdf)
  8. Повзнер А.А. Виртуальный лабораторный практикум по физике. Часть I: ЭОР УрФУ, тип: УМК / А.А.Повзнер, А.Н. Филанович. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. Режим доступа: <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/13446>

## **7.5. Фонд оценочных средств (средства контроля учебных достижений студентов и аттестационно-педагогические измерительные материалы)**

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Кристаллические и аморфные тела. Кристаллическая решетка. Решетка Браве. Элементарная ячейка.
2. Типы примитивных ячеек и их характеристики.
3. Сингонии кристаллических структур. Индексы узлов и направлений.
4. Индексы Миллера.
5. Симметрия объекта. Операция симметрии. Элементы точечной симметрии: плоскость симметрии, центр симметрии, ось симметрии.
6. Элементы пространственной симметрии: плоскость скользящего отражения и винтовая ось.
7. Монокристаллы и анизотропия. Поликристаллы. Дефекты кристаллической решетки. Вакансии, внедрения, замещения.
8. Дефекты кристаллической решетки по Френкелю и по Шоттки. Примеси. Дислокации.
9. Радиационные дефекты и их влияние на свойства кристаллической решетки. Квазикристаллы.
10. Закон дифракции Брэгга-Вульфа. Получение рентгеновского излучения. Принцип работы дифрактометра.
11. Основные методы исследования кристаллической структуры с помощью рентгеновского излучения. Использование нейтронов и электронов в исследованиях кристаллических структур.
12. Просвечивающий и растровый электронные микроскопы. Сканирующий туннельный микроскоп. Атомный силовой микроскоп.
13. Силы притяжения и отталкивания атомов в твердых телах.
14. Силы Ван-дер-Ваальса. Молекулярная связь.
15. Ионная связь. Ковалентная связь.
16. Металлическая связь. Водородная связь. Явление полиморфизма.
17. Упругая деформация твердого тела. Механическое напряжение. Закон Гука.
18. Предел пропорциональности, упругости, прочности. Пластическая деформация. Пластичные и хрупкие вещества. Деформации сдвига и всестороннего сжатия.
19. Фазовое пространство. Функция распределения. Функция плотности состояний.
20. Функция плотности состояний для идеального газа квантовых частиц по импульсам, переход от импульса к энергии.
21. Колебания одномерной цепочки атомов.
22. Молярная теплоемкость твердых тел при постоянном объеме. Закон Дюлонга-Пти.
23. Квантовые осцилляторы и фононы. Модель Эйнштейна для решеточной

- теплоемкости твердых тел.
24. Модель Дебая для решеточной теплоемкости твердых тел.
  25. Колебания одномерной цепочки с двумя атомами в примитивной ячейке. Акустические и оптические колебания кристаллической решетки.
  26. Тепловое расширение твердых тел.
  27. Теплопроводность кристаллической решетки.
  28. Электрон в изолированном атоме. Главное, орбитальное, магнитное орбитальное и магнитное спиновое квантовые числа. Вырожденные состояния.
  29. Характеристическое рентгеновское излучение и его получение.
  30. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны.
  31. Функции распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
  32. Плотность энергетических состояний свободных микрочастиц. Вырожденный газ частиц. Критерий снятия вырождения.
  33. Модель свободных электронов в металле. Энергия Ферми.
  34. Влияние электронной подсистемы на теплоемкость и теплопроводность металлов.
  35. Обобществление электронов в кристалле. Энергетические зоны.
  36. Энергия электрона в кристалле в зависимости от волнового вектора. Зоны Бриллюэна.
  37. Эффективная масса электрона.
  38. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.
  39. Собственные и примесные полупроводники.
  40. Уровень Ферми и концентрация свободных носителей в собственных полупроводниках.
  41. Уровень Ферми и концентрация свободных носителей в примесных полупроводниках. Область истощения примесей.
  42. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
  43. Эффект Холла в полупроводниках.
  44. Фотопроводимость полупроводников. Внутренний фотоэффект.
  45. Двойной электрический слой. Работа выхода. Контактная разность потенциалов.
  46.  $p$ - $n$ -переход и его прямое/обратное включение.
  47. Устройства на основе  $p$ - $n$ -перехода: диоды, светодиоды, фотоэлементы.
  48. Эффект Зеебека и его использование на практике. Термоэдс.
  49. Эффект Пельтье и его использование на практике. Эффект Томсона.
  50. Дрейф электронов во внешнем электрическом поле. Время релаксации и длина свободного пробега.
  51. Электропроводность невырожденного и вырожденного газов частиц. Закон Видемана-Франца-Лоренца.
  52. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность чистых металлов.
  53. Электропроводность металлических сплавов. Правила Нордгейма и Матиссена. Температурный коэффициент электросопротивления.
  54. Явление сверхпроводимости и его практическое использование. Эффект Мейснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го родов. Изотопический эффект.
  55. Куперовские пары. Щелевой характер энергетического спектра в сверхпроводнике.
  56. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость вещества.
  57. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики и их свойства. Магнитострикция и магнитоупругий эффект.

58. Магнитные свойства атома. Гиромагнитное отношение. Орбитальный, спиновый и полный магнитные моменты атома.
59. Природа диамагнетизма.
60. Классический парамагнетизм Ланжевена.
61. Парамагнетизм электронного газа.
62. Природа ферромагнетизма. Доменная структура и её связь с кривой намагничивания ферромагнетика.

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

### **8.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Три лекционные аудитории. Оборудованы компьютерами, аудио- и видеотехникой.

Демонстрационный кабинет обеспечивает лекционный эксперимент по курсу дополнительные главы физики.

Восемь учебных лабораторий, содержащие 230 лабораторных установок 39-ти наименований лабораторных работ, обеспечивают полный цикл физического практикума. Каждая лабораторная работа представлена 4-8 комплектами.

