


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:  
Декан  
физико-математического  
факультета  
 Н.Б. Федорова  
«30» августа 2018 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физика твердого тела**

Уровень основной профессиональной образовательной программы  
**бакалавриат**

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**  
(с двумя профилями подготовки)

Направленность (профиль) подготовки **Технология и физика**

Форма обучения **очная**

Сроки освоения ОПОП **нормативный срок освоения 5 лет**

Факультет **физико-математический**

Кафедра **общей и теоретической физики и МПФ**

Рязань, 2018

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Физика твердого тела» являются формирование у обучающихся компетенций в процессе освоения необходимого объема фундаментальных знаний в области физики твердого тела, формирование представлений об основных понятиях и идеях физики твердого тела и методах решения задач, а также демонстрация способов применения этих представлений в различных областях науки и техники и знакомство студентов с экспериментальными и теоретическими методами, применяемыми при исследованиях в этой области.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Учебная дисциплина **Б1.В.ОД.4.9 «Физика твердого тела»** относится к вариативной части Блока 1 (обязательные дисциплины).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Высшая математика
- Физика (разделы Электричество, Магнетизм, Оптика и квантовая физика)
- Статистическая физика

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- ВКР

## 2.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	2	3	4	5	6
1.	ОК-3	способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве	Современное состояние физики конденсированного состояния; Основные теоретические и экспериментальные направления исследований в физике твердого тела; Прикладное значение физики твердого тела	Использовать знания физики твердого тела при решении профессиональных и образовательных задач; Объяснять явления окружающего мира на основе знаний физики твердого тела; Находить необходимую информацию о современном состоянии физики твердого тела	Базовыми методами физики твердого тела; Навыками работы с источниками информации по физике твердого тела; Опытом использования знаний в области физики твердого тела

2.	ОК-6	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Основные спорные вопросы физики твердого тела и направления современных исследований;</p> <p>Проблемные ситуации, возникающие при изучении физики твердого тела</p> <p>Базовый минимум сведений по физике твердого тела, необходимый для решения образовательных задач</p>	<p>Уметь излагать и аргументированно отстаивать свои представления в области физики твердого тела;</p> <p>Уметь ставить вопросы и следить за дискуссией в области физики твердого тела</p> <p>Применять знания по физике твердого тела при решении задач в области образования, в том числе самообразования</p>	<p>Опытом участия в дискуссиях в области физики твердого тела</p> <p>Навыками использования систематизированных теоретических и практических знаний в области твердого тела для определения и решения задач в области образования, в том числе самообразования</p> <p>Приемами аргументации своей точки зрения в области физики твердого тела</p>
3.	ПВК-1	способностью использовать концептуальные и теоретические основы физики, систему знаний о фундаментальных физических законах и теориях, физической сущности явлений и процессов в природе и технике	<p>Ключевые проблемные вопросы физики твердого тела</p> <p>Основы традиционных подходов физики твердого тела при анализе явлений и процессов в природе и технике</p> <p>Место физики твердого тела в системе физического знания</p>	<p>Ставить и решать задачи физики твердого тела на основе знания законов физики</p> <p>Анализировать физическую сущность явлений и процессов природы и техники на основе знаний физики твердого тела</p> <p>Выявлять связи раздела «Физика твердого тела» с другими разделами физики</p>	<p>Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях физики твердого тела</p> <p>Навыками анализа физической сущности явлений и процессов в природе и технике на основе законов физики твердого тела</p> <p>Опытом выявления связей физики твердого тела с другими разделами физики</p>

## 2.5 Карта компетенций дисциплины.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ					
НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ Физика твердого тела					
Цель дисциплины	формирование у обучающихся компетенций в процессе освоения необходимого объема фундаментальных знаний в области физики твердого тела, формирование представлений об основных понятиях и идеях физики твердого тела и методах решения задач, а также демонстрация способов применения этих представлений в различных областях науки и техники и знакомство студентов с экспериментальными и теоретическими методами, применяемыми при исследованиях в этой области				
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Общекультурные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОК-3	способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве	Знать современное состояние физики конденсированного состояния; основные теоретические и экспериментальные направления исследований в физике твердого тела; прикладное значение физики твердого тела Уметь использовать знания физики твердого тела при решении профессиональных и образовательных задач; объяснять явления окружающего мира на основе знаний физики твердого тела; находить необходимую	Путем проведения лекционных, семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, выполнения тематических обзоров, проектов, организации самостоятельных работ.	Тестирование, ИДЗ, Контрольная работа, Тематический обзор, Проектная работа, Компьютерная симуляция, экзамен	<b>Пороговый</b> Способен использовать знания физики твердого тела в профессиональной деятельности <b>Повышенный</b> Способен самостоятельно применять методы физики твердого тела при решении профессиональных задач

		<p>информацию о современном состоянии физики твердого тела</p> <p>Владеть базовыми методами физики твердого тела; навыками работы с источниками информации по физике твердого тела; опытом использования знаний в области физики твердого тела</p>			
ОК-6	<p>способностью к самоорганизации и самообразованию</p>	<p>Знать основные спорные вопросы физики твердого тела и направления современных исследований; проблемные ситуации, возникающие при изучении физики твердого тела; базовый минимум сведений по физике твердого тела, необходимый для решения образовательных задач</p> <p>Уметь излагать и аргументированно отстаивать свои представления в области физики твердого тела; ставить вопросы и следить за дискуссией в области физики твердого тела; применять знания по физике твердого тела</p>	<p>Путем проведения лекционных, семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, выполнения тематических обзоров, проектов, организации самостоятельных работ.</p>	<p>Тестирование, ИДЗ, Контрольная работа, Тематический обзор, Проектная работа, Компьютерная симуляция, экзамен</p>	<p><b>Пороговый</b> Способен устно излагать результаты научного исследования в области физики твердого тела</p> <p>Способен применять знания по физике твердого тела при решении профессиональных задач</p> <p><b>Повышенный</b></p> <p>Способен отстаивать свои взгляды в научной дискуссии по физике твердого тела</p> <p>Способен самостоятельно использовать систематизированные теоретические и практические знания в области твердого тела для определения и решения задач в области образования.</p>

		при решении задач в области образования, в том числе самообразования Владеть опытом участия в дискуссиях в области физики твердого тела; навыками использования систематизированных теоретических и практических знаний в области твердого тела для определения и решения задач в области образования, в том числе самообразования; приемами аргументации своей точки зрения в области физики твердого тела			
Профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПВК-1	способность использовать концептуальные и теоретические основы физики, систему знаний о фундаментальных физических законах и теориях, физической сущности явлений и процессов в природе и технике	Знать ключевые проблемные вопросы физики твердого тела; основы традиционных подходов физики твердого тела при анализе явлений и процессов в природе и технике; место физики твердого тела в системе физического знания Уметь ставить и решать задачи физики твердого	Путем проведения лекционных, семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, выполнения тематических обзоров, проектов, организации самостоятельных работ.	Тестирование, ИДЗ, Контрольная работа, Тематический обзор, Проектная работа, Компьютерная симуляция, экзамен	<b>Пороговый</b> Способен ориентироваться в структуре, целях и задачах современной физики твердого тела, определять ее место в структуре физического знания и значение для практики <b>Повышенный</b> Способен выявлять физическую сущность и объяснять явления и процессы в природе и технике с позиций физики твердого тела

		<p>тела на основе знания законов физики; анализировать физическую сущность явлений и процессов природы и техники на основе знаний физики твердого тела; выявлять связи раздела «Физика твердого тела» с другими разделами физики</p> <p>Владеть системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях физики твердого тела; навыками анализа физической сущности явлений и процессов в природе и технике на основе законов физики твердого тела; опытом выявления связей физики твердого тела с другими разделами физики</p>			
--	--	--	--	--	--



## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		№ А часов
1	2	3
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	50	50
В том числе:		
Лекции (Л)	20	20
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	30	30
Лабораторные работы (ЛР)	-	
2. Самостоятельная работа студента (всего)	94	94
В том числе	-	-
<i>СРС в семестре:</i>	58	58
Курсовая работа	КП	
	КР	
Другие виды СРС:	-	-
Подготовка проекта, тематического обзора	8	8
Изучение литературы	14	14
Изучение основных понятий раздела	6	6
Подготовка к тестированию и контрольной работе	3	3
Выполнение ИДЗ	10	10
Разбор нестандартных заданий	3	3
Работа с конспектами по разделу	13	13
Изучение компьютерных программ	1	1
<i>СРС в период сессии</i>		
Подготовка к экзамену		
Вид промежуточной аттестации	зачет (З)	36
	экзамен (Э)	
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	144
	зач. ед.	4

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
10	1	Конденсированное состояние сред. Элементы кристаллографии	Классификация конденсированных сред. Кристаллическая решетка и ее характеристики: вектор трансляции, решетка, базис. Двухмерные кристаллы: элементарная и примитивная ячейки, решетки Бравэ для двухмерных кристаллов. Трехмерные кристаллы, решетки Бравэ для трехмерных кристаллов. Индексы Миллера и обозначение направлений. Простые кристаллические структуры: кубическая гранецентрированная и гексагональная с плотной упаковкой; структура алмаза и хлористого натрия. Анизотропия твердых тел. Явление полиморфизма. Классификация типов связи в кристаллах: ионные, ковалентные, металлические и молекулярные кристаллы. Принцип плотной упаковки.
	2	Дефекты в кристаллах	Классификация дефектов. Мозаичная структура. Точечные дефекты. Примеси. Атомы в междоузлиях и вакансии. Равновесная концентрация дефектов. Дислокации. Дефекты упаковки. Границы зерен. Влияние дислокаций на свойства твердых тел.
	3	Динамика кристаллической решетки.	Основные параметры упругих волн. Гармоническое приближение. Соотношения дисперсии для упругих волн в одномерной кристаллической цепочке, состоящей из одинаковых атомов и из атомов 2-х видов. Акустические и оптические ветви колебаний для одномерных и трехмерных кристаллов. Акустические и оптические фононы. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
	4	Магнитные свойства твердых тел	Магнитные свойства атомов. Классификация твердых тел по магнитным свойствам. Диамагнетизм. Классическая теория диамагнетизма. Циклотронный резонанс, его практическое применение. Парамагнетизм. Классическая и квантовая теории парамагнетизма, электронный и ядерный парамагнитный резонанс, его практическое применение. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейсса. Роль обменного взаимодействия в возникновении ферромагнетизма. Доменная структура ферромагнитных тел. Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм. Магнитные спектры вещества.
	5	Диэлектрические свойства твердых тел.	Основные характеристики диэлектриков. Виды поляризации. Электрострикция, пьезоэффект, пьезоэффект. Сегнетоэлектрики. Электреты.
	6	Зонная структура твердых тел	Одноэлектронное приближение. Теорема Блоха. Изменение состояния электронов при сближении атомов. Энергетические зоны. Приближение почти свободных электронов. Модель Кронига-Пенни. Структура энергетических зон. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Волновые функции электрона в периодической решетке. Эффективная масса электрона, дырки. Примеси и примесные уровни.

	7	Сверхпроводимость и современные материалы	Сверхпроводящие материалы. Эффект Мейснера. Сверхпроводники первого и второго рода. Теплоемкость сверхпроводников. Поглощение электромагнитного излучения сверхпроводниками. Изотопический эффект. Основы теории БКШ: образование куперовских пар, энергетическая щель. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников. Современные твердотельные приборы.
--	---	---	--

## 2.2. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестрам)
			Л	ЛР	ПЗ/С	СРС	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1	Конденсированное состояние сред. Элементы кристаллографии	2		3	10	15	
	2	Дефекты в кристаллах	2		3	6	11	Тестирование (2 неделя)
	3	Динамика кристаллической решетки.	4		6	10	20	ИДЗ (4 неделя) Контрольная работа (5 неделя)
	4	Магнитные свойства твердых тел	4		6	8	18	ИДЗ (6 неделя)
	5	Диэлектрические свойства твердых тел.	2		3	6	11	ИДЗ (7 неделя) Тематический обзор (7 неделя)
	6	Зонная структура твердых тел	4		6	8	18	ИДЗ (8 неделя)
	7	Сверхпроводимость и современные материалы	2		3	10	15	Проектная работа (10 неделя) Компьютерная симуляция по физике твердого тела (9 неделя)
			Разделы дисциплины №1- №7					36
		ИТОГО за семестр	20	-	30	58	144	
		ИТОГО	20	-	30	58	144	

### 2.3. Лабораторный практикум

*Не предусмотрен*

### 2.4. Примерная тематика курсовых работ

*Не предусмотрены*

### 3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

#### 3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
10	1.	Конденсированное состояние сред. Элементы кристаллографии	Изучение литературы по тематике раздела Изучение основных понятий раздела Разбор стандартных заданий по кристаллографии Разбор нестандартных заданий по кристаллографии Работа с конспектами по разделу	3 1 2 1 3
	2.	Дефекты в кристаллах	Изучение литературы по тематике раздела Изучение основных понятий раздела Работа с конспектами по разделу Подготовка к тестированию	2 1 2 1
	3.	Динамика кристаллической решетки.	Изучение литературы по тематике раздела Изучение основных понятий раздела Работа с конспектами по разделу Выполнение ИДЗ Подготовка к контрольной работе	2 1 2 3 2
	4.	Магнитные свойства твердых тел	Изучение литературы по тематике раздела Изучение основных понятий раздела Работа с конспектами по разделу Выполнение ИДЗ	2 1 2 3
	5.	Диэлектрические свойства твердых тел.	Изучение литературы по тематике раздела Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме обзора Подготовка обзора Представление и обсуждение обзора	1 2 1 1 1
	6.	Зонная структура твердых тел	Изучение литературы по тематике раздела Изучение основных понятий раздела Работа с конспектами по разделу Выполнение ИДЗ	3 1 2 2
	7.	Сверхпроводимость и современные материалы	Изучение литературы по тематике раздела Изучение основных понятий раздела Работа с конспектами по разделу Изучение литератур по теме проекта Подготовка проекта Защита проекта Изучение программ по физике твердого тела	2 1 1 2 2 1 1
ИТОГО				58

### 3.2. График работы студента Семестр № 10

Форма оценочного средства*	Условное обозначение	Номер недели											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контрольная работа	Кнр						+						
Тестирование письменное, компьютерное	ТСп, ТСк			+									
Выполнение индивидуального домашнего задания (ИДЗ)	ИДЗ					+		+	+	+			
Тематический обзор	ТО								+				
Подготовка проекта, обзора	ПР											+	
Изучение компьютерных программ Компьютерная симуляция по физике твёрдого тела	КС												+

### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (см. Фонд оценочных средств)

#### 4.1. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине

*Рейтинговая система не используется.*

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1	Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Корнилович [и др.]. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 71 с. - Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228969">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228969</a> (дата обращения: 14.06.2018).	1 - 7	10	ЭБС	

### 5.2. Дополнительная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1	Афанасова, М. М. Физика твердого тела и полупроводников: практикум по выполнению лабораторных работ в среде Mathcad [Текст] : практикум по выполнению лабораторных работ в среде Mathcad / М. М. Афанасова, Ю. Н. Горбунова; РГУ им. С.А. Есенина. – Рязань: РИРО, 2014 – 41 с.	1-7	10		10
2	Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах [Электронный ресурс] / В. Ф. Гантмахер. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2005. - 233 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=75495">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=75495</a> (дата обращения: 14.06.2018)	1-7	10	ЭБС	
3	Физика твердого тела [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам в среде Mathcad / РГУ им. С. А. Есенина. - Рязань : РГУ, 2006. - 1 электр. оптич. диск (CD-ROM)	1-7	10	1- CD-ROM	

### 5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red) (дата обращения: 14.06.2018).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Физическая энциклопедия [Электронный ресурс] : [электронная энциклопедия] // Энциклопедия физики и техники. – Режим доступа: <http://femto.com.ua/>, свободный (дата обращения 14.06.2018)
2. Guide to physics on the web [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.physics.org> (дата обращения: 14.06.2018)
3. PHYSICS TODAY [Электронный ресурс] : [сайт «Физика сегодня»]. – Режим доступа: <http://www.physicstoday.org>, свободный (дата обращения: 14.06.2018).

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий:

*Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, др. оборудование или компьютерный класс*

### 6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

*Видеопроектор, ноутбук, переносной экран. Компьютерный класс, оборудованный компьютерами*

### 6.3. Требования к специализированному оборудованию:

Не предусмотрено.

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ *(Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО)*

## 8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и семинарские занятия.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, решения стандартных и нестандартных задач различной степени сложности, а также для контроля преподавателем

степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов, либо студентам предлагается ознакомиться с нормативными документами. Обсуждение сообщения или изученных материалов совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. Завершающий этап предполагает разбор задач по изучаемой теме. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам.

При подготовке к семинару студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

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

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов
2. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
3. Представление результатов практических заданий (рефератов, проектов) с использованием слайд-презентаций, графических объектов, видео- аудио- материалов.
4. ИТ обработка данных при выполнении проекта

## **10. Требования к программному обеспечению учебного процесса**

1. Операционная система Windows Pro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);
2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2018-0142 от 30/03/2018г.);
3. Офисное приложение LibreOffice (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений FastStoneImageViewer (свободно распространяемое ПО);
6. PDF ридер FoxitReader (свободно распространяемое ПО);
7. PDF принтер doPdf (свободно распространяемое ПО);
8. Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);
9. Запись дисков ImageBurn (свободно распространяемое ПО);
10. DJVU браузер DjVu Browser Plug-in (свободно распространяемое ПО);



## Приложение 1

### Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

#### *Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине для промежуточного контроля успеваемости*

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции или её части	Наименование оценочного средства
1	Конденсированное состояние сред. Элементы кристаллографии	ОК-3 ОК-6 ПВК-1	Экзамен
2	Дефекты в кристаллах		
3	Динамика кристаллической решетки.		
4	Магнитные свойства твердых тел		
5	Диэлектрические свойства твердых тел.		
6	Зонная структура твердых тел		
7	Сверхпроводимость и современные материалы		

#### ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
<b>ОК 3</b>	способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве	<b>знать</b>	
		Современное состояние физики конденсированного состояния;	<b>ОК3 31</b>
		Основные теоретические и экспериментальные направления исследований в физике твердого тела;	<b>ОК3 32</b>
		Прикладное значение физики твердого тела	<b>ОК3 33</b>
		<b>уметь</b>	
		Использовать знания физики твердого тела при решении профессиональных и образовательных задач;	<b>ОК3 У1</b>

		Объяснять явления окружающего мира на основе знаний физики твердого тела;	<b>ОК3 У2</b>
		Находить необходимую информацию о современном состоянии физики твердого тела	<b>ОК3 У3</b>
		<b>Владеть</b>	
		Базовыми методами физики твердого тела;	<b>ОК3 В1</b>
		Навыками работы с источниками информации по физике твердого тела;	<b>ОК3 В2</b>
		Опытом использования знаний в области физики твердого тела	<b>ОК3 В3</b>
<b>ОК 6</b>	способностью к самоорганизации и самообразованию	<b>знать</b>	
		Основные спорные вопросы физики твердого тела и направления современных исследований;	<b>ОК6 З1</b>
		Проблемные ситуации, возникающие при изучении физики твердого тела	<b>ОК6 З2</b>
		Базовый минимум сведений по физике твердого тела, необходимый для решения образовательных задач	<b>ОК6 З3</b>
		<b>уметь</b>	
		Уметь излагать и аргументированно отстаивать свои представления в области физики твердого тела;	<b>ОК6 У1</b>
		Уметь ставить вопросы и следить за дискуссией в области физики твердого тела	<b>ОК6 У2</b>
		Применять знания по физике твердого тела при решении задач в области образования, в том числе самообразования	<b>ОК6 У3</b>
		<b>Владеть</b>	
		Опытом участия в дискуссиях в области физики твердого тела	<b>ОК6 В1</b>
		Навыками использования систематизированных теоретических и практических знаний в области твердого тела для определения и решения задач в области образования, в том числе самообразования	<b>ОК6 В2</b>
		Приемами аргументации своей точки зрения в области физики твердого тела	<b>ОК6 В3</b>
<b>ПКВ-1</b>	способность	<b>знать</b>	

использовать концептуальные и теоретические основы физики, систему знаний о фундаментальных физических законах и теориях, физической сущности явлений и процессов в природе и технике	Ключевые проблемные вопросы физики твердого тела	<b>ПВК-1 З1</b>
	Основы традиционных подходов физики твердого тела при анализе явлений и процессов в природе и технике	<b>ПВК-1 З2</b>
	Место физики твердого тела в системе физического знания	<b>ПВК-1 З3</b>
	<b>уметь</b>	
	Ставить и решать задачи физики твердого тела на основе знания законов физики	<b>ПВК-1 У1</b>
	Анализировать физическую сущность явлений и процессов природы и техники на основе знаний физики твердого тела	<b>ПВК-1 У2</b>
	Выявлять связи раздела «Физика твердого тела» с другими разделами физики	<b>ПВК-1 У3</b>
	<b>владеть</b>	
	Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях физики твердого тела	<b>ПВК-1 В1</b>
	Навыками анализа физической сущности явлений и процессов в природе и технике на основе законов физики твердого тела	<b>ПВК-1 В2</b>
Опытном выявлении связей физики твердого тела с другими разделами физики	<b>ПВК-1 В3</b>	

### КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН)

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1.	Предмет и методы физики твердого тела. Разделы физики твердого тела, ее связь с другими науками. Современное состояние. Объясните на примере ферромагнитных свойств веществ связь физики твердого тела с другими разделами физики	ОК3 З1, ОК3 З2, ОК3 У2, ОК6 З1, ОК6 У1, ОК6 В1, ОК6 В3, ПВК-1 З1, ПВК-1 З2, ПВК-1 З3, ПВК-1 У2, ПВК-1 В1
2.	Опишите одноэлектронное приближение. Сформулируйте теорему Блоха и объясните ее значение для физики твердого тела	ОК3 З2, ОК6 У1, ПВК-1 З1, ПВК-1 У2, ПВК-1 В1
3.	Определить число элементарных ячеек кристалла объемом $V=1 \text{ м}^3$ хлористого цезия (решетка объемно-центрированная кубической сингонии). Проанализируйте, как подобные задачи могут быть	ОК3 З2, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В3, ОК6 З2; ОК6 З3, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В2; ОК6 В3, ОК6 В3,

	использованы в учебно-исследовательской работе школьников. Какие данные из других разделов физики были использованы при решении данной задачи и почему?	ПВК-1 З3, ПВК-1 У2, ПВК-1 У3, ПВК-1 В2, ПВК-1 В3
4.	Пользуясь классической теорией, вычислите удельные теплоемкости с кристаллов NaCl и CaCl <sub>2</sub> . Спланируйте учебное исследовательское задание, опирающееся на классическую теорию теплоемкости твердого тела. Какие источники информации будут полезны при планировании учебного исследовательского задания?	ОК3 З2, ОК3 У1, ОК3 У3, ОК3 В1, ОК-3 В2, ОК3 В3, ОК6 З2; ОК6 З3, ОК6 У3; ОК6 В2; ПВК-1 З2, ПВК-1 У1, ПВК-1 У2, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2, ПВК-1 В2
5.	Кристаллическое состояние и его классификация. Аморфное и жидкое состояние. Сформулируйте дискуссионные и проблемные вопросы кристаллографии. Объясните, каково практическое значение кристаллографии в современной электронике и приведите примеры	ОК3 З1, ОК3 З2, ОК3 З3, ОК3 У2, ОК6 З1, ОК6 З2, ОК6 У1, ОК6 У2, ОК6 В3, ПВК-1 З1, ПВК-1 З2, ПВК-1 У3, ПВК-1 В1
6.	Структура энергетических зон твердого тела. Проанализируйте степень сложности темы для школьников и предложите адаптированные темы учебных исследований. Проиллюстрируйте прикладное значение темы и современное состояние исследований	ОК3 З1; ОК3 З2, ОК3 З3, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК6 З3; ОК6 У1, ОК6 У3; ОК6 В2, ОК6 В3, ПВК-1 З1; ПВК-1 З2, ПВК-1 У2, ПВК-1 В1
7.	Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка, базис. Предложите варианты тем учебных исследований, связанных с созданием моделей кристаллических решеток. Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 З2, ОК3 У1; ОК3 У2, ОК3 У3; ОК3 В2, ОК6 З2; ОК6 З3, ОК6 У3, ОК6 В2; ПВК-1 З1; ПВК-1 З2
8.	Виды поляризации в диэлектриках. Можно ли объяснить различные виды поляризации исходя из классических представлений? Объясните свою точку зрения. Приведите примеры значимости темы для современной науки. Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 З1; ОК3 З2; ОК3 З3, ОК3 У2; ОК3 У3; ОК3 В2, ОК6 У1, ОК6 В1, ОК6 В3, ПВК-1 З2, ПВК-1 З3, ПВК-1 У2, ПВК-1 В3
9.	Определить число элементарных ячеек кристалла объемом $V=1 \text{ м}^3$ кобальта, имеющего гексагональную структуру с плотной упаковкой. Сформулируйте примерный план учебных исследований на основе данной задачи.	ОК3 З2, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 В1; ОК3 В3, ОК6 З2; ОК6 В2; ПВК-1 З2, ПВК-1 У2; ПВК-1 В2
10.	Определить изменение $\square U$ внутренней энергии кристалла никеля при нагревании его от $t=0^\circ\text{C}$ до $t_2=300^\circ\text{C}$ . Масса $m$ кристалла равна 20 г. Теплоёмкость $C$ вычислить. Сформулируйте проблемные вопросы на основе задачи.	ОК3 З2, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 В1; ОК3 В3, ОК6 З2; ОК6 У2, ОК6 В2; ПВК-1 З1; ПВК-1 З2, ПВК-1 У1, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
11.	Кристаллическая решетка. Кристаллографические направления, плоскости и зоны. Проанализируйте возможные межпредметные связи темы. Где в современной науке может быть использованы знания о кристаллической решетке? Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 З1; ОК3 З2; ОК3 З3, ОК3 В2, ОК6 У3, ОК6 З2; ОК6 У1, ОК6 У2; ОК6 В3, ПВК-1 З1, ПВК-1 З2, ПВК-1 З3, ПВК-1 У3, ПВК-1 В1, ПВК-1 В3

	этом. Для каких разделов физики может быть полезен раздел	
12.	Типичные свойства металлов. Практическая значимость металлов. Современные представления о металлах. Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У2, ОК3 У3, ОК3 В2, ПВК-1 32
13.	Найти плотность $\rho$ кристалла неона (при 20 К), если известно, что решетка гранецентрированная кубической сингонии. Постоянная $a$ решетки при той же температуре равна 0,452 нм. Предложите примерный план исследования данной задачи.	ОК3 32, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 В1; ОК3 В3, ОК6 У3, ПВК-1 32, ПВК-1 У1; ПВК-1 У2; ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
14.	Определить энергию $U$ и теплоемкость $C$ системы, состоящей из $N=10^{25}$ классических трёхмерных независимых гармонических осцилляторов. Температура $T=300\text{К}$ . Сравните классический и квантовый подходы к решению данной задачи.	ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В3, ОК6 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
15.	Кристаллическая решетка. Сингонии кристаллов. Решетки Бравэ. Ячейка Вигнера-Зейтца. Проанализируйте возможные межпредметные связи темы. Где в современной науке может быть использованы знания о кристаллической решетке? Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 У3, ОК3 В1; ОК3 В2, ОК6 32; ОК6 У1, ОК6 У2; ПВК-1 32, ПВК-1 33, ПВК-1 У2, ПВК-1 В3
16.	Взаимодействие электромагнитного излучения с твердым телом. Предложите примерный план исследования практических приложений темы. Где в современной науке и технике можно использовать представления по теме. Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 У3, ОК3 В2, ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В2; ПВК-1 32, ПВК-1 У2; ПВК-1 У3, ПВК-1 В1, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2, ПВК-1 В3
17.	Найти частоту $\nu$ колебаний атомов серебра по теории теплоемкости Эйнштейна, если характеристическая температура $\theta_E$ серебра равна 165К. Объясните, какие еще возможны подходы к решению этой задачи.	ОК3 32; ОК3 У2, ОК3 В1; ОК3 В3, ОК6 В1, ПВК-1 32, ПВК-1 У1, ПВК-1 В2
18.	Симметрия кристаллов. Точечные операции симметрии. Пространственные группы симметрии. Объясните геометрические основы темы. Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 32; ОК3 У3, ОК3 В2, ОК6 32; ОК6 У2; ОК6 В2; ОК6 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 У2, ПВК-1 У3
19.	Эффекты Джозефсона. Предложите варианты учебных исследований по теме. Каковы современные представления об эффектах Джозефсона и их практическом применении. Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 У3, ОК3 В2, ОК6 У3, ПВК-1 31, ПВК-1 32, ПВК-1 У2
20.	Обратная решетка. Принцип плотной упаковки. Сформулируйте основные направления исследовательской деятельности по данной теме.	ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 У2; ОК6 У1, ОК6 У2, ОК6 В2, ПВК-1 32, ПВК-1 У2
21.	Связь между поляризуемостью и диэлектрической проницаемостью. Электрострикция, пьезоэффект, пирозэффект. Предложите план учебных	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 У3,

	исследований по практическому применению перечисленных эффектов. Каковы современные научные представления о поляризуемости и связанных с ней эффектах.	ОК6 В2; ПВК-1 32, ПВК-1 У2; ПВК-1 В1
22.	Найти постоянную $a$ решетки и расстояние $d$ между ближайшими соседними атомами кристалла алюминия (решетка гранцентрированная кубической сингонии). Проиллюстрируйте решение геометрически. Объясните свое решение	ОК3 32, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В3, ОК6 В1, ПВК-1 32
23.	Полиморфизм. Жидкие кристаллы. Предложите темы учебных исследований, связанные с практическим применением жидких кристаллов и полиморфизма. Опишите проблемные вопросы темы	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 У2; ОК6 33, ОК6 У2, ОК6 У3, ОК6 В2, ОК3 33, ПВК-1 32, ПВК-1 У3, ПВК-1 В2
24.	Основные характеристики диэлектриков. Сформулируйте перечень исследовательских заданий, позволяющий раскрыть данную тему и ее важность для практики. Какое место в современной физике твердого тела занимает данная тема?	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В2; ПВК-1 31; ОК3 33, ПВК-1 32, ПВК-1 У3
25.	Методы определения структуры твердых тел. Предложите простые практические задания по теме. Какие из перечисленных методов имеют в настоящее время наибольшее значение для практики. Опишите источники информации, которые могут быть использованы при этом	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 У3, ОК3 В2, ОК6 33, ОК6 У2, ПВК-1 31, ПВК-1 32
26.	Энергия Ферми. Критерий вырождения электронного газа. Поясните, почему представления об энергии Ферми важны для современной электроники. Какая информация может подтвердить эту значимость?	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У3, ОК6 У1, ПВК-1 32, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2, ПВК-1 В3
27.	Определить относительную погрешность, которая будет допущена, если при вычислении теплоемкости $C$ вместо значения, даваемого теорией Эйнштейна (при $T=\theta_E$ ), воспользоваться значением, даваемым законом Дюлонга и Пти.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У2; ОК3 В1, ОК3 В3, ПВК-1 31; ВК 32, ПВК-1 32, ПВК-1 У1
28.	Химическая связь и валентность, эволюция представлений. Энергия связи. Сформулируйте и обоснуйте межпредметные связи раздела. Приведите примеры применения темы	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У2; ОК3 В1; ОК6 У1, ОК6 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 33, ПВК-1 У2, ПВК-1 У3, ПВК-1 В3
29.	Сегнетоэлектрики. Электреты. Предложите план учебных исследований по данной теме. Сформулируйте современные практические приложения темы. Перечислите возможные источники информации по теме	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 У3, ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 В2; ПВК-1 У2; ОК3 33, ПВК-1 32
30.	Типы межатомных связей в твердых телах. Ионная и ковалентная связь. Сформулируйте и обоснуйте межпредметные связи раздела	ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У2; ОК3 В1; ОК6 У1, ОК6 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 33, ПВК-1 У3, ПВК-1 В3
31.	Примеси и примесные уровни. Зонная структура неупорядоченных твердых тел. Объясните практическое значение темы и приведите примеры влияния примесей на свойства твердых тел.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У2; ОК6 32; ОК6 У1, ОК6 В1, ОК6 В3, ПВК-1 31, ПВК-1 32, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2

32.		<p>Определить индексы узлов, отмеченных на рис. буквами A, B, C, D.</p>	<p>ОКЗ 32; ОКЗ У2, ОКЗ В1; ОКЗ В3, ПВК-1 32, ПВК-1 У1</p>
33.	<p>Типы межатомных связей в твердых телах. Металлическая, ван-дер-ваальсова и водородная связь. Предложите темы учебных исследований по теме и обоснуйте их значимость. Перечислите источники информации по теме</p>		<p>ОКЗ 32; ОКЗ У1; ОКЗ У2; ОКЗ У3; ОКЗ В2, ОК6 33, ОК6 У2, ОК6 У3, ОК6 В1, ОК6 В2, ОК6 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 У2</p>
34.	<p>Оптические характеристики металлов, диэлектриков и полупроводников. Современные оптические приборы на базе полупроводников, металлов и диэлектриков. Сформулируйте план учебных исследований по теме. Предложите варианты применения на практике материалов темы.</p>		<p>ОКЗ 31; ОКЗ 32; ОКЗ 33, ОКЗ У1; ОКЗ У2; ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В2; ПВК-1 31, ПВК-1 32, ПВК-1 У2; ПВК-1 В1</p>
35.	<p>Классификация дефектов. Геометрические основы раздела. Какую роль играют дефекты в объяснении свойств тел. Подберите несколько статей посвященных принципу плотной упаковки</p>		<p>ОКЗ 32; ОКЗ У2; ОКЗ У3, ОКЗ В2, ПВК-1 32, ПВК-1 У2</p>
36.	<p>Классическая теория свободных электронов Друде-Лоренца. Сформулируйте основные проблемные места раздела. Подберите ссылки на теорию Друде-Лоренца и оцените достоверность информации по ссылкам</p>		<p>ОКЗ 32; ОКЗ У3, ОКЗ В1; ОК6 31, ОК6 32; ОК6 У2, ПВК-1 31, ПВК-1 32</p>
37.	<p>Точечные дефекты. Каким образом они могут повлиять на свойства твердых тел? Приведите примеры подобного влияния. Сформулируйте практическое задание по теме.</p>		<p>ОКЗ 31; ОКЗ 32; ОКЗ У1; ОКЗ У2; ОК6 33, ОК6 У2, ПВК-1 32, ПВК-1 У2</p>
38.	<p>Движение электрона в периодическом поле кристалла под действием внешнего поля. Эффективная масса электрона. Приведите примеры явлений, которые можно объяснить в представлении эффективной массы.</p>		<p>ОКЗ 31; ОКЗ 32; ОКЗ У2; ПВК-1 31; ПВК-1 32, ПВК-1 У3, ПВК-1 В2</p>
39.	<p>Дислокации. Влияние дислокаций на свойства твердых тел. Сформулируйте план учебных исследований по теме. Приведите примеры явлений, которые можно объяснить исходя из представлений темы.</p>		<p>ОКЗ 31; ОКЗ 32; ОКЗ У1; ОКЗ У2; ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В2; ПВК-1 32, ПВК-1 У2; ПВК-1 В2ПВК-1 У3, ПВК-1 В1</p>
40.	<p>Приближение почти свободных электронов. Модель Кронига-Пенни. Сравните модели Друде-Лоренца и Кронига-Пенни</p>		<p>ОКЗ 31; ОКЗ 32; ОКЗ В1 ОК6 32; ПВК-1 32, ПВК-1 В1</p>
41.	<p>Дефекты упаковки. Методы наблюдения дислокаций. Предложите простое исследовательское задание по теме. Перечислите источники информации по теме</p>		<p>ОКЗ 31; ОКЗ 32; ОКЗ У1; ОКЗ У3, ОКЗ В2, ОК6 33, ОК6 У2, ОК6 У3, ОК6 В2, ПВК-1 32</p>

42.	Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейса. Предложите план учебных исследований ферромагнетиков. Приведите примеры приборов, в которых используются свойства ферромагнетиков.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 В1, ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В2; ПВК-1 32, ПВК-1 У2; ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
43.	Механизмы диффузии в твердых телах. Законы Фика. Где могут быть использованы представления о диффузии? Приведите примеры явлений, которые можно объяснить на основе диффузии	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У2; ПВК-1 32; ПВК-1 33, ПВК-1 У3, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
44.	Концентрация электронов и дырок в разрешенных зонах для случая вырождения. Сформулируйте прикладные приложения темы	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У2; ПВК-1 32; ПВК-1 В2
45.	Колебания одномерной монокристаллической цепочки атомов. Зоны Бриллюэна	ОК3 31; ОК3 32; ПВК-1 31; ПВК-1 32
46.	Подвижность свободных носителей заряда при различных механизмах рассеяния. Проводимость в полупроводниках. Какова роль полупроводников в современной электронике? Объясните принцип действия полупроводникового диода.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У2; ОК6 У1, ОК6 В3, ПВК-1 31, ОК3 33, ПВК-1 32, ПВК-1 В1
47.	Определить концентрацию $n$ свободных электронов в металле при температуре $T=0\text{К}$ . Энергию Ферми $\varepsilon_F$ принять равной $1\text{эВ}$	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1, ОК3 В1; ОК3 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 У1
48.	Колебательный спектр двухатомной одномерной цепочки. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Подберите несколько источников информации, в которых речь идет об оптических и акустических фононах.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У3, ОК3 В2, ПВК-1 31; ПВК-1 32; ПВК-1 У2, ПВК-1 В2
49.	Энергия обменного взаимодействия. Доменная структура ферромагнетиков. Предложите план учебных исследований ферромагнетиков. Объясните важность темы для современной физики твердого тела. Какие явления можно объяснить, имея представление о доменной структуре ферромагнетиков?	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 У2; ОК3 В1, ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У1, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В1, ОК6 В2; ОК6 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 У2; ПВК-1 В1, ПВК-1 В3
50.	Определить отношение концентраций $n_1/n_2$ свободных электронов при $T=0$ в литии и цезии, если известно, что уровни Ферми в этих металлах соответственно равны $\varepsilon_{f,1}=4,72\text{эВ}$ , $\varepsilon_{f,2}=1,53\text{эВ}$	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 В1; ОК3 В3, ПВК-1 31; ПВК-1 32, ПВК-1 У1, ПВК-1 В2
51.	Колебания атомов трехмерной решетки. Современные представления о теплоемкости твердых тел. Перечислите и проанализируйте основные источники информации о тепловых свойствах твердых тел.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У2; ОК3 У3, ОК3 В2, ОК6 У1, ОК6 В3, ПВК-1 31, ПВК-1 32, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
52.	Плотность квантовых состояний в разрешенных зонах. Случай 2D, 1D, 0D электронного газа	ОК3 31; ОК3 32; ПВК-1 31; ПВК-1 32
53.	Фононы. Локальные фононные моды. Значение фононов для физики твердого тела	ОК3 31; ОК3 32; ПВК-1 31; ПВК-1 32, ПВК-1 В1
54.	Функции распределения электронов по энергиям. Предложите темы обсуждения по разделу. Предложите источники информации, которая будет полезна при подготовке к обсуждению по темам.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 У3, ОК3 В2, ОК6 31, ОК6 У2, ОК6 У3, ПВК-1 32, ПВК-1 У2
55.	Сколько свободных электронов приходится на атом	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 В1;



	калия, если энергия Ферми калия $E_F=2,14$ эВ? Плотность калия $\rho=862$ кг/м <sup>3</sup>	ОК3 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 В2
56.	Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга – Пти. Выделите и сформулируйте ключевые проблемные ситуации раздела. Приведите примеры объяснения свойств или явлений на основе закона Дюлонга-Пти	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У2; ОК6 31, ОК6 У1, ОК6 В1, ПВК-1 31, ПВК-1 32, ПВК-1 У1; ПВК-1 У2, ПВК-1 В2, ПВК-1 В3
57.	Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике. Объясните практическое значение темы для современной электроники. Приведите примеры такой практической значимости и подтвердите примеры истопниками.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У2; ОК3 У3, ОК3 В2, ОК6 В3, ПВК-1 31; ПВК-1 32, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
58.	Энергия тепловых колебаний решетки. Приближение Эйнштейна. Найдите ссылки на источники информации по теме и проанализируйте их достоверность	ОК3 31; ОК3 32; ПВК-1 31; ОК3 У3, ОК3 В2, ПВК-1 31, ПВК-1 32
59.	Концентрация электронов и дырок в примесном полупроводнике. Объясните практическое значение темы для современной электроники	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 33, ОК6 В3, ПВК-1 31; ПВК-1 32
60.	Энергия тепловых колебаний решетки. Приближение Дебая. Сравните приближения Эйнштейна и Дебая, поясните необходимость и обоснованность двух подходов, а также группы явлений, которые позволяют объяснить эти два подхода	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У2; ОК6 У1, ОК6 В1, ОК6 В3, ПВК-1 31, ПВК-1 32, ПВК-1 У2
61.	Генерация и рекомбинации в полупроводниках и диэлектриках. Опишите применение представлений о генерации и рекомбинации. Найдите ссылки на источники информации по теме и проанализируйте их достоверность	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У2; ОК3 У3, ОК3 В2, ПВК-1 У2, ОК3 33, ПВК-1 В1, ПВК-1 В2
62.	Электронная теплоемкость и ее зависимость от температуры. Вклад электронной теплоемкости в общую теплоемкость твердых тел.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 В1, ПВК-1 31; ПВК-1 32
63.	Эффект Мейснера. Сверхпроводники первого и второго рода. Изотопический эффект. Предложите темы учебных исследований по разделу. Высокотемпературная сверхпроводимость. Используя доступные источники информации, перечислите самые высокотемпературные сверхпроводники и укажите их критические температуры	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У3, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ОК6 32; ОК6 33, ОК6 У2; ОК6 У3, ОК6 В2; ПВК-1 31; ПВК-1 32, ПВК-1 У1, ПВК-1 В2
64.	Определить число элементарных ячеек кристалла объемом $V=1$ м <sup>3</sup> стронция, имеющего объемноцентрированную кубическую структуру. Сформулируйте примерный план исследований на основе данной задачи. Какое оборудование необходимо для таких исследований?	ОК3 32; ОК3 В1, ОК6 32; ОК6 У2; ОК6 В2; ОК3 В3, ОК6 У3, ОК6 В2, ПВК-1 32; ПВК-1 У1; ПВК-1 В2
65.	Определить концентрацию $n$ свободных электронов в металле при температуре $T=0$ К. Энергию Ферми $\epsilon$ принять равной 3,5 эВ.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1, ОК3 У2; ОК3 В1, ОК3 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 У1; ПВК-1 В2
66.	Выразить среднюю квадратичную скорость $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ электронов в металле при $T=0$ К через максимальную	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 В1; ОК3 В3, ОК3 У1, ПВК-1 32,

	скорость $U_{\max}$ электронов. Функцию распределения электронов по скоростям считать известной	ПВК-1 У1; ПВК-1 В2
67.	Определить отношение концентраций $n_1/n_2$ свободных электронов при $T=0$ в натрии и калии, если известно, что уровни Ферми в этих металлах соответственно равны $\varepsilon_{f,1}=3,1\text{эВ}$ , $\varepsilon_{f,2}=1,9\text{эВ}$	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 В1, ОК3 В3, ОК6 32; ОК6 У2; ПВК-1 32, ПВК-1 У1; ПВК-1 У2; ПВК-1 В2
68.	Во сколько раз число свободных электронов, приходящихся на один атом металла при $T=0$ , больше в алюминий, чем в меди, если уровни Ферми соответственно равны $\varepsilon_{f,1}=11,7\text{эВ}$ , $\varepsilon_{f,2}=7,0\text{эВ}$ ?	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 В1, ОК3 В3, ПВК-1 32; ПВК-1 У1, ПВК-1 У2
69.	Оценить энергию Ферми $E_F$ для меди, считая, что на каждый атом меди приходится по одному свободному электрону	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 В1, ОК3 В3, ОК6 32; ОК6 У2; ПВК-1 32, ПВК-1 У1; ПВК-1 У2
70.	Система плоскостей в примитивной кубической решетке задана индексами Миллера (221). Найти наименьшие отрезки, отсекаемые плоскостью на осях координат, и изобразить эту плоскость графически.	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 В1, ОК3 В3, ПВК-1 32, ПВК-1 У1
71.	Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho=0,480\text{м}\cdot\text{м}$ . Определить концентрацию $n$ носителей заряда, если подвижности $b_n$ и $b_p$ электронов и дырок соответственно равны $0,36$ и $0,16\text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 В1; ОК3 В3, ПВК-1 31; ПВК-1 32; ПВК-1 У1; ПВК-1 У2; ПВК-1 В2
72.	Пользуясь классической теорией, вычислите удельные теплоемкости $c$ кристаллов $\text{CH}_4$ и $\text{SiO}_2$ . Спланируйте профессиональную ситуацию, в которой может быть использована подобная задача	ОК3 32; ОК3 33, ОК3 У1; ОК3 В1, ОК3 В3, ОК6 У2, ОК6 У3, ПВК-1 32; ПВК-1 У1; ПВК-1 В2
73.	Определить относительную атомную массу $A_r$ кристалла, если известно, что расстояние $d$ между ближайшими соседними атомами равно $0,304\text{ нм}$ . Решетка объемно-центрированная кубической сингонии. Плотность $\rho$ кристалла равна $534\text{ кг/м}^3$ .	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 У1; ОК3 В1, ОК3 В3, ПВК-1 32; ПВК-1 У1; ПВК-1 В2
74.	Полупроводник в виде тонкой пластины шириной $l=1\text{см}$ и длиной $L=10\text{см}$ помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,2\text{Тл}$ . Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости пластины. К концам пластины (по направлению $L$ ) приложено постоянное напряжение $U=300\text{В}$ . Определить холловскую разность потенциалов $U_H$ на гранях пластины, если постоянная Холла $R_H=0,1\text{м}^3/\text{Кл}$ , удельное сопротивление $\rho=0,50\text{м}\cdot\text{м}$	ОК3 31; ОК3 32; ОК3 В1; ОК3 У1, ОК3 В1, ОК3 В3, ПВК-1 32; ПВК-1 У1; ПВК-1 В2
75.	Определить максимальную частоту $\omega_{\max}$ собственных колебаний в кристалле золота по теории Дебая. Характеристическую температуру определить из литературы	ОК3 31; ОК3 32; ОК6 32; ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 У3, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ОК6 33, ОК6 У2; ПВК-1 32; ПВК-1 У1; ПВК-1 В2

## ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (Шкалы оценивания)

Результаты выполнения обучающимся заданий на экзамене - по пятибалльной шкале.

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине **Физика твердого тела** (Таблица 2.5 рабочей программы дисциплины).

«Отлично» (5) – оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, 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.

«Хорошо» (4) - оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос или выполнении заданий, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

«Удовлетворительно» (3) - оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

«Неудовлетворительно» (2) - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.