

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
**(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор инженерно-строительного  
института  
Уваров В.А.  
2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**Физика твердого тела**

Направление подготовки:

**22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**

Направленность программы (профиль):

**Материаловедение и технологии  
конструкционных и специальных материалов**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**


**Институт: инженерно-строительный**

**Кафедра материаловедения и технологии материалов**


Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:


- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Минобрнауки России от 2 июня 2020 г. №701;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н.  П.С. Баскаков

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры материаловедения и технологии материалов «17» марта 2021 г. , протокол № 3

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  В.В. Строкова

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой материаловедения и технологии материалов

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  В.В. Строкова

«17» марта 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«25» марта 2021 г., протокол № 8

Председатель к.т.н., доц.  А.Ю. Феокистов

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Применение фундаментальных знаний	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1.1. Выявляет и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел</p> <p><b>Уметь:</b> оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твёрдых телах</p> <p><b>Владеть:</b> методами квантово-механического описания простейших квантовых систем</p>
		ОПК-1.2. Определяет характеристики физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	<p><b>Знать:</b> приближенные методы решения уравнения Шредингера для электрона в кристалле, основы динамики движения электронов и дырок в кристалле</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать и оценивать область применимости методов исследования функциональных характеристик материалов</p> <p><b>Владеть:</b> методами изучения энергетической структуры, дефектов и элементарных возбуждений в кристаллах и аморфных материалах</p>
		ОПК-1.5. Выбирает базовые физические и химические законы для решения задач профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> основные положения теории колебаний атомов кристаллической решетки, зонную теорию твердого тела</p> <p><b>Уметь:</b> использовать основные понятия зонной теории твердого тела и концепцию квазичастиц (фононы, электроны, дырки, полярон, экситон и т.д.) при анализе физических явлений в твердых телах</p> <p><b>Владеть:</b> методами оценивания физические параметры материалов (теплопроводность, проводимость, оптические, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции)</p>

		ОПК-1.11 Применяет методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов <b>Уметь:</b> использовать методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов <b>Владеть:</b> методами моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности
--	--	---	---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. ОПК-1** Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Высшая математика
2	Начертательная геометрия и инженерная графика
3	Неорганическая химия
4	Физика
5	Компьютерная графика
6	Теоретическая механика
7	Органическая химия
8	Общее материаловедение и технология материалов
9	Физическая химия
10	Физическая химия высокомолекулярных соединений
11	Экология

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	73	73
лекции	34	34
лабораторные		
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	107	107
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	71	71
Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b><i>Межатомные взаимодействия в кристаллах</i></b>					
1	Основные понятия физики твердого тела. Цели и задачи курса. Кристаллическая структура твердых тел и их форма. Электронная структура атомов. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван-дер-Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.	4	4		8
2	Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с не направленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая. ОЦК, ГЦК, ГПУ. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах.	4			5
<b><i>Дифракция в кристаллах</i></b>					
3	Условие Брэгга. Дифракция в кристаллах. Три вида излучения. Прямое пространство. Факторы рассеяния. Обратное пространство. Зоны Бриллюэна. Условие Брэгга в обратном пространстве.	2	4		8
<b><i>Динамика кристаллической решетки.</i></b>					
4	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	4		8
<b><i>Теплоемкость твердых тел</i></b>					
5	Фононы и их статистика, теплоемкость твердых тел. Классическая теория теплоемкости. Модель Эйнштейна. Функция и температура Эйнштейна. Модель Дебая. Функция и температура Дебая. Закон Дюлонга-Пти. Ангармонические эффекты. Тепловое расширение.	4	4		8
<b><i>Зонная структура твердых тел</i></b>					
6	Одноэлектронное приближение. Теорема Блоха. Изменение состояния электронов при сближении атомов. Энергетические зоны. Приближение почти	4	6		10

	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.				
<b>Диэлектрические свойства твердых тел</b>					
7	Свойства диэлектриков в статических полях. Виды поляризации. Диэлектрическая восприимчивость. Эффективное поле и наведенная поляризация. Ориентация диполей. Основные характеристики диэлектриков. Виды поляризации. Электрострикция, пьезоэффект, пироэффект. Сегнетоэлектрики. Электреты.	4	4		8
<b>Контактные явления</b>					
8	Эмиссионные процессы с поверхности твердого тела. Потенциальные барьеры. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Эмиссия во внешнем поле и автоэлектронная эмиссия. Фотоэмиссия. Вторичная электронная эмиссия. Контактные явления в твердых телах. Контактная разность потенциалов. Контакт металл-металл. Контакт металл-полупроводник. p-n - переход. Вольтамперная характеристика p-n – перехода.	4	4		8
<b>Оптические свойства кристаллов</b>					
9	Фотопроводимость. Излучательная рекомбинация. Оптоэлектрические явления. Закономерности поглощения и излучения света твердыми телами. Неравновесные носители заряда, механизмы рекомбинации, время жизни. Центры окраски, люминесценция, фотопроводимость.	4	4		8
ВСЕГО		34	34		71

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Межатомные взаимодействия в кристаллах	Семинар по теме, решение задач	4	4
2	Дифракция в кристаллах	Семинар по теме, решение задач	4	4
3	Динамика кристаллической решетки.	Семинар по теме, решение задач	4	4
4	Теплоемкость твердых тел	Семинар по теме, решение задач	4	4
5	Зонная структура твердых тел	Семинар по теме, решение задач	6	6
6	Диэлектрические свойства твердых тел	Семинар по теме, решение задач	4	4
7	Контактные явления	Семинар по теме, решение задач	4	4
8	Оптические свойства кристаллов	Семинар по теме, решение задач	4	4

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Расчетно-графические задания и индивидуальные домашние задания учебным планом не предусмотрены.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1 Компетенция ОПК-1.** Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1. Выявляет и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности	Экзамен, защита практических работ, решение практических задач, тестовый контроль
ОПК-1.2. Определяет характеристики физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	Экзамен, защита практических работ, решение практических задач, тестовый контроль
ОПК-1.5. Выбирает базовые физические и химические законы для решения задач профессиональной деятельности	Экзамен, защита практических работ, решение практических задач, тестовый контроль
ОПК-1.11 Применяет методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности	Экзамен, защита практических работ, решение практических задач, тестовый контроль

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Код компетенции	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Межатомные	ОПК-1	Природа межатомных сил и потенциалы



	взаимодействия в кристаллах		межатомных взаимодействий.
2.			Классификация твердых тел по типам связи. Энергия связи кристалла.
3.			Ковалентные кристаллы, основные свойства. Гибридные орбитали.
4.			Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса.
5.			Энергия решетки ионных кристаллов. Постоянная Маделунга.
6.			Общая модель твердого тела. Вид гамильтониана.
7.			Основные понятия симметрии. Оси, плоскости. Точечные группы. Симметрия кристаллов и их физические свойства.
8.			Сингонии. Кристаллический класс. Пространственные группы.
9.			Упругость кристалла. Закон Гука. Вид тензора упругости кристаллов и изотропных тел.
10.			Обратная решетка и ее свойства. Построение зоны Бриллюэна.
11.	Дифракция в кристаллах	ОПК-1	Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брегга-Вульфа.
12.			Формула Лауэ
13.	Динамика кристаллической решетки.	ОПК-1	Колебания одноатомной цепочки. Граничные условия.
14.			Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустические и оптические колебания многоатомной линейной цепочки.
15.			Колебания трехмерных решеток. Число ветвей. Плотность колебательных состояний.
16.			Колебания кристаллической решетки. Нормальные колебания. Нулевые колебания. Фононы.
17.	Теплоемкость твердых тел	ОПК-1	Распределение Ферми-Дирака. Уровень Ферми.
18.			Поверхность Ферми и ее вид для разных концентраций электронов.
19.	Зонная структура твердых тел	ОПК-1	Адиабатическое приближение.
20.			Одноэлектронное приближение (приближение самосогласованного поля).
21.			Теорема Блоха. Функции Блоха. Выбор волновых функций.
22.			Модель свободных электронов. Квазиволновой вектор.
23.			Модель почти свободных электронов. Модель Кронига-Пенни.
24.			Приближение сильно связанных электронов. Дисперсионная зависимость в кубическом кристалле в приближении сильно связанных электронов.
25.			Свойства электрона в периодическом поле. Эффективная масса электрона в кристаллах.
26.			Заполнение электронных зон в кристалле. Плотность состояний
27.	Диэлектрические свойства твердых тел	ОПК-1	Механизмы поляризации. Спонтанная и миграционная поляризация.
28.			Виды упругой поляризации.

29.			Виды тепловой поляризации.
30.	Контактные явления	ОПК-1	Понятия о дырках в полупроводниках. Масса и заряд дырок.
31.			Собственная и примесная проводимость полупроводников.
32.			Локализованные состояния в твердом теле. Общий подход. Примесные состояния. Доноры и акцепторы.
33.			Статистика электронов в полупроводниках. Положение уровня Ферми.
34.	Оптические свойства кристаллов	ОПК-1	Оптические свойства твердых тел.
35.			Поглощение света кристаллами.
36.			Рекомбинационное излучение в полупроводниках.

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

**Текущий контроль** осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты практических работ.

**Практические работы.** Различные формы практических занятий являются самой емкой частью учебной нагрузки в вузе. Практические занятия - метод репродуктивного обучения, обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы. Практические занятия представляют собой, как правило, занятия по решению различных прикладных задач, образцы которых были даны на лекциях. В итоге у каждого обучающегося должен быть выработан определенный профессиональный подход к решению каждой задачи и интуиция.

Защита практических работ (практико-ориентированных заданий) проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по соответствующим темам. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ (практико-ориентированных заданий) представлен в таблице.

#### *Примеры типовых практических задач*

**1 Компетенция ОПК-1.** Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания

Задача 1. Выразить межплоскостные расстояния для плоскостей (hkl) кубической, тетрагональной, ромбической и гексагональной решеток через параметры решеток и индексы Миллера.

Задача 2. Найти выражения для скоростей распространения продольных и поперечных волн, распространяющихся в кубической решетке в направлении [111].

## Примеры тестовых заданий

**1 Компетенция ОПК-1.** Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания

1. Укажите, в каких решетках два угла являются прямыми, а третий отличен от  $90^\circ$ ?

- а) гексагональной и моноклинной;
- б) ромбической и моноклинной;
- в) тригональной и ромбической;
- г) тетрагональной и ромбической.

2. Если вещество может существовать в разных кристаллических модификациях, то при этом:

- а) меняется плотность упаковки и координационное число;
- б) меняется плотность упаковки;
- в) меняется координационное число;
- г) ничего не меняется.

3. Наиболее слабой является:

- а) ионная связь;
- б) ковалентная связь;
- в) молекулярная связь;
- г) металлическая связь.

4. Модель Дебая для теплоемкости введена с учетом следующих предположений:

- а) непрерывности среды и идентичности продольных и поперечных колебаний;
- б) минимальности энергии системы;
- в) существования температуры Дебая;
- г) существования распределения Больцмана.

### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел

	приближенные методы решения уравнения Шредингера для электрона в кристалле, основы динамики движения электронов и дырок в кристалле
	основные положения теории колебаний атомов кристаллической решетки, зонную теорию твердого тела
	методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов
Умения	оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твердых телах
	выбирать и оценивать область применимости методов исследования функциональных характеристик материалов
	использовать основные понятия зонной теории твердого тела и концепцию квазичастиц (фононы, электроны, дырки, полярон, экситон и т.д.) при анализе физических явлений в твердых телах
	использовать методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов
Владения	методами квантово-механического описания простейших квантовых систем
	методами изучения энергетической структуры, дефектов и элементарных возбуждений в кристаллах и аморфных материалах.
	методами оценивания физические параметры материалов (теплопроводность, проводимость, оптические, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции)
	методами моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание классификации твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел	Не знает классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел	Допускает ошибки при классификации твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел	Знает классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел	Знает и способен описать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории, основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел
Знание приближенных методов решения уравнения Шредингера для электрона в кристалле, основы динамики движения	Не знает приближенные методы решения уравнения Шредингера для электрона в кристалле, основы динамики движения	Допускает ошибки при описании приближенных методов решения уравнения Шредингера для электрона в кристалле, основы динамики движения	Знает испытания приближенные методы решения уравнения Шредингера для электрона в кристалле, основы динамики движения	Знает и способен описать приближенные методы решения уравнения Шредингера для электрона в кристалле, основы динамики движения

электронов и дырок в кристалле	электронов и дырок в кристалле	движения электронов и дырок в кристалле	электронов и дырок в кристалле	электронов и дырок в кристалле
Знание основных положений теории колебаний атомов кристаллической решетки, зонную теорию твердого тела	Не знает основные положения теории колебаний атомов кристаллической решетки, зонную теорию твердого тела	Допускает ошибки при описании основных положений теории колебаний атомов кристаллической решетки, зонную теорию твердого тела	Знает основные положения теории колебаний атомов кристаллической решетки, зонную теорию твердого тела	Знает и способен описать основные положения теории колебаний атомов кристаллической решетки, зонную теорию твердого тела
Знание методов моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Не знает методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Допускает ошибки при описании методов моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Знает основные положения методов моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Знает и способен описать методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твёрдых телах	Не умеет оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твёрдых телах	Умеет оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твёрдых телах, но допускает ошибки	Умеет оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твёрдых телах	Умеет оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в твёрдых телах в полном объеме
Умение выбирать и оценивать область применимости методов исследования функциональных характеристик материалов	Не умеет выбирать и оценивать область применимости методов исследования функциональных характеристик материалов	Умеет выбирать и оценивать область применимости методов исследования функциональных характеристик материалов, но допускает ошибки	Умеет выбирать и оценивать область применимости методов исследования функциональных характеристик материалов	Умеет выбирать и оценивать область применимости методов исследования функциональных характеристик материалов в полном объеме
Умение использовать основные понятия зонной теории твердого тела и концепцию квазичастиц при анализе физических явлений в твердых телах	Не умеет использовать основные понятия зонной теории твердого тела и концепцию квазичастиц при анализе физических явлений в твердых телах	Умеет использовать основные понятия зонной теории твердого тела и концепцию квазичастиц при анализе физических явлений в твердых телах	Умеет использовать основные понятия зонной теории твердого тела и концепцию квазичастиц при анализе физических явлений в твердых телах	Умеет использовать основные понятия зонной теории твердого тела и концепцию квазичастиц при анализе физических явлений в твердых телах

		телах, но допускает ошибки		телах в полном объеме
Умение использовать методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Не умеет использовать методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Умеет использовать методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, но допускает ошибки	Умеет использовать основные методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	Умеет использовать методы моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в полном объеме

### Оценка сформированности компетенций по показателю Владения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение методами квантово-механического описания простейших квантовых систем	Не владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем	Владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, но допускает ошибки и недочеты	Владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем	Владеет и дополняет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем
Владение методами изучения энергетической структуры, дефектов и элементарных возбуждений в кристаллах и аморфных материалах	Не владеет навыками методами изучения энергетической структуры, дефектов и элементарных возбуждений в кристаллах и аморфных материалах	Владеет методами изучения энергетической структуры, дефектов и элементарных возбуждений в кристаллах и аморфных материалах, но допускает ошибки и недочеты	Владеет методами изучения энергетической структуры, дефектов и элементарных возбуждений в кристаллах и аморфных материалах	Владеет и дополняет методами изучения энергетической структуры, дефектов и элементарных возбуждений в кристаллах и аморфных материалах
Владение методами оценивания физические параметры материалов	Не владеет методами оценивания физические параметры материалов	Владеет методами оценивания физические параметры материалов, но допускает ошибки и недочеты	Владеет методами оценивания физические параметры материалов	Владеет и дополняет методами оценивания физические параметры материалов
Владение методами моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности	Не владеет методами моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности	Владеет методами моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности, но допускает ошибки	Владеет методами моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности не в полном объеме	Владеет методами моделирования физических и химических систем, явлений и процессов в профессиональной деятельности в полном объеме и может самостоятельно их применять

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук; компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий Опытно-промышленный участок НИИ «Наносистемы в строительном материаловедении»	Комплекс оборудования для испытаний образцов композиционных материалов: – гидравлический пресс, – приспособления для испытания образцов балочек на изгиб, – сушильный шкаф с автоматической регулировкой температуры в пределах 100–110 °С, – весы технические, – пикнометры вместимостью 50–100 мл, – лабораторная баня водяная или песчаная, – электроплитка с закрытым нагревательным элементом, – стандартная воронка для определения насыпной плотности материала, – штангенциркуль и металлическая линейка, – сита №1 и №0063, – шкала гибкости ШГ, – толщиномер, – секундомер, – лабораторная посуда, – поляризационный микроскоп, – спектрофотометр LEKI SS-1207, – камера охлаждения
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
4	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Павлов, П.В. Физика твердого тела: учеб. для вузов / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – 3-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2000. – 494 с. Щукин, Е.Д. Коллоидная химия. / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – М: Высшая школа, 2004. – 445 с.

2. Физика твердого тела: лаб. практикум: в 2 т.: учеб. пособие / ред. А.Ф. Хохлов. – 2-е изд., испр. – Москва: Высшая школа. Т. 1: Методы получения твердых тел и исследования их структуры. – 2001. – 364 с. Русанов, А.И. Термодинамические основы механохимии / А.И. Русанов. – М.: Изд-во: Наука, 2006. – 224 с.

3. Физика твердого тела: в 2 т.: лаб. практикум: учеб. пособие / ред. А.Ф. Хохлов. – 2-е изд., испр. – Москва: Высшая школа. Т. 2: Физические свойства твердых тел. – 2001. – 480 с. Ломаченко, В.А. Методические указания к лабораторным работам по коллоидной химии. – Ч.1,2. / В.А. Ломаченко. – Белгород: Изд-во БГТУ им В.Г. Шухова, 2005. – 34 с.

4. Физика твердого тела: учеб. пособие для втузов / ред. И. К. Верещагин. – 2-е изд., испр. – Москва: Высшая школа, 2001. – 237 с.

5. Гуревич, А.Г. Физика твердого тела: учеб. пособие / А.Г. Гуревич. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург: Невский Диалект, 2004. – 318 с.



#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Электронно-библиотечная система «Лань». – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>