

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ**  
**ВВЕДЕНИЕ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Введение в материаловедение	<b>Код модуля</b> 1129771
<b>Образовательная программа</b> Физика	<b>Код ОП</b> 03.03.02/01.02
<b>Траектория образовательной программы (ТОП)</b>	<b>ТОП 2. Физика конденсированного состояния</b>
<b>Направление подготовки</b> Физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 03.03.02
<b>Уровень подготовки</b> Бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 07.08.2014г. № 937</b>

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Плещев Валерий Георгиевич	Канд. физ-мат наук. доцент	доцент	Кафедра физики конденсиро ванного состояния	
2	Катаев Василий Анатольевич	Канд. физ-мат наук. доцент	доцент	Кафедра магнетизма и магнитных наноматери алов	

**Руководитель модуля**

В.А. Катаев

**Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук**

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Введение в материаловедение

1.1. Объем модуля, 9 з.е.

### 1.2. Аннотация содержания модуля

Изучение дисциплин модуля «Введение в материаловедение» основывается на результатах освоения дисциплин, входящих в модуль «Общая физика, и в свою очередь служит базой для проведения экспериментальных исследований в рамках выполнения выпускной работы. Дисциплины модуля формируют представления о современных экспериментальных методах решения материаловедческих задач и дают практические навыки анализа фазовых превращений в многокомпонентных системах с использованием фазовых диаграмм.

## 2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
1.	(ВС) Динамические свойства магнетиков	7	9	42	-	51	17	Зачет, 4	72	2
2.	(ВС) Основы физического материаловедения	6	9	42	-	51	75	Экзамен, 18	144	4
3.	(ВС) Теория конденсированного состояния	7	9	42	-	51	39	Экзамен, 18	108	3
<b>Всего на освоение модуля</b>			<b>27</b>	<b>126</b>	<b>-</b>	<b>153</b>	<b>131</b>	<b>40</b>	<b>324</b>	<b>9</b>

## 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	1. Основы физического материаловедения
3.2.	Кореквизиты	Динамические свойства магнетиков Теория конденсированного состояния

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

### 4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для	Планируемые в ОХОП результаты обучения -	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО,
--------------	--	---------------------------------------

которм реализуется модуль	РО, которые формируются при освоении модуля	а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
03.03.02 /01.02	РО-1 Способность осуществлять научно-исследовательскую деятельность	ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию; ОПК2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;
	РО-2 Способность осуществлять научно-инновационную деятельность	ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию; ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач; ПК3 - готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований; ПК4 - способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин;
	РО-ТОП 2 Способность осуществлять научные исследования в области физики магнитных явлений и конденсированных сред.	ДПК6 - владеть основными технологическими приемами регулирования свойств магнитных материалов; ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.

#### 4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ОК-7	ОПК-2	ОПК-3	ПК-1	ПК-3	ПК-4	ДПК-6	ДПК-7
4.	(ВС) Динамические свойства магнетиков	*		*	*		*	*	
5.	(ВС) Основы физического материаловедения	*		*	*	*			*
6.	(ВС) Теория конденсированного состояния	*	*		*	*			*

#### 5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ *не предусмотрена*

## 6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

<b>Номер листа изменений</b>	<b>Номер протокола заседания проектной группы модуля</b>	<b>Дата заседания проектной группы модуля</b>	<b>Всего листов в документе</b>	<b>Подпись руководителя проектной группы модуля</b>

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГНЕТИКОВ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Введение в материаловедение	<b>Код модуля</b> 1129771
<b>Образовательная программа</b> Физика	<b>Код ОП</b> 03.03.02/01.02
<b>Направление подготовки</b> Физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 03.03.02
<b>Уровень подготовки</b> Бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> <b>07.08.2014г. № 937</b>

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Васьковский Владимир Олегович	Доктор физико- математических наук, профессор	Заведующи й кафедрой	Магнетиз ма и магнитны х наномате риалов	

**Руководитель модуля**

В.А. Катаев

**Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук**

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ **Динамические свойства магнетиков**

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

К числу важнейших характеристик магнетиков относится их реакция на быстро изменяющееся магнитное поле. Когда скорость изменения магнитного поля столь велика, что отражается на характере и количественных параметрах процесса перемагничивания, говорят о динамическом поведении (свойствах) магнетиков. В курсе «Динамические свойства магнетиков» изучаются следующие вопросы. Динамические характеристики магнетиков: динамическая петля гистерезиса, комплексная магнитная проницаемость. Условия измерения динамических магнитных характеристик. Влияние вихревых токов на магнитные свойства магнетиков: магнитное поле в проводнике, потери энергии на перемагничивание в электротехнической стали, роль доменных границ. Резонансные и релаксационные явления в области средних частот перемагничивания: размерный резонанс, магнитострикционный резонанс, магнитное последствие. Магнитный резонанс: уравнение Ландау-Лифшица, формула Киттеля, магнитный резонанс в ферри- и антиферромагнетиках, спин-волновой резонанс, ядерный магнитный резонанс, эффект Мёссбауэра. Элементы динамики доменных границ: эффективная масса доменной границы, резонанс доменных границ.

## 1.2. Язык реализации программы - русский

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ПК4 - способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин;

ДПК6 - владеть основными технологическими приёмами регулирования свойств магнитных материалов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:** природу и классическое математическое описание основных динамических явлений в магнитоупорядоченных веществах.

**Уметь:** решать задачи по количественному описанию магнитного скин-эффекта, магнитного последствия, магнитного резонанса, динамики доменных границ

**Владеть** (демонстрировать навыки и опыт деятельности): основными методиками исследования динамических магнитных свойств.

## 1.4. Объем дисциплины для очной формы обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная	7



			<b>работа (час.)*</b>	
<b>1.</b>	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
<b>2.</b>	Лекции	9	9	9
<b>3.</b>	Практические занятия	42	42	42
<b>4.</b>	Лабораторные работы	-	-	-
<b>5.</b>	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>17</b>	<b>7.65</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>Промежуточная аттестация -зачет</b>	4	<b>0.25</b>	3, 4
<b>7.</b>	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	72	58.90	72
<b>8.</b>	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	2		2

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ для очной формы обучения

<b>Код раздела, темы</b>	<b>Раздел, тема дисциплины*</b>	<b>Содержание</b>
<b>Р. 1</b>	Введение. Влияние вихревых токов на магнитные свойства магнетиков.	Динамические магнитные характеристики: динамическая петля гистерезиса и её количественные параметры; комплексная магнитная проницаемость и её связь с параметрами электрической цепи. Принципы измерения динамических магнитных характеристик. Магнитное поле в проводящем ферромагнитном полупространстве. Влияние вихревых токов на составляющие комплексной магнитной проницаемости и потери энергии на перемагничивание. Роль доменных границ в формировании потерь энергии. Пути снижения потерь энергии на примере электротехнической стали.
<b>Р. 2</b>	Резонансные и релаксационные явления в области средних частот перемагничивания	Переменное магнитное поле в диэлектрике. Размерный резонанс. Магнитострикционный резонанс. Магнитное последствие. Уравнение магнитной вязкости. Релаксационный спектр. Влияние магнитного последствия на составляющие комплексной магнитной проницаемости. Термическое последствие. Диффузионное последствие и связанные с ним особенности свойств магнетиков.
<b>Р. 3</b>	Магнитный резонанс	Природа магнитного резонанса. Уравнение Ландау-Лифшица. Прецессия магнитного момента без затухания и при наличии диссипации энергии. Классическая интерпретация природы магнитного резонанса. Элементы классической теории магнитного резонанса. Магнитный спектр. Ферромагнитный резонанс в образцах конечных размеров. Влияние магнитной анизотропии и доменных границ на частоту ФМР. Магнитный резонанс в ферри- и антиферромагнетиках. Спиновые волны в линейной цепочке магнитных моментов. Спин-волновой резонанс. Релаксация магнитного момента. Уравнение Блоха. Ядерный магнитный резонанс. Его особенности в сильномагнитных веществах. Эффект Мёссбауэра. Условия наблюдения. Факторы, влияющие на резонансный спектр.

<b>Р. 4</b>	Элементы динамики доменных границ	Механизм движения доменных границ с позиции уравнения Ландау-Лифшица. Эффективная масса доменной границы. Уравнение Дёринга. Релаксация и резонанс доменных границ
-------------	-----------------------------------	--

### **3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ**

#### **3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины для очной формы обучения**



#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

*«не предусмотрено»*

##### 4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
Раздел 1	1-5	Основные динамические магнитные характеристики. Влияние вихревых токов на составляющие комплексной магнитной проницаемости и потери энергии на перемагничивание.	10
Раздел 2	6-9	Влияние магнитного последствия на составляющие комплексной магнитной проницаемости. Роль объёмного и магнитострикционного резонансов в формировании макроскопических свойств магнетиков.	8
Раздел 3	10-18	Уравнение Ландау-Лифшица. Прецессия магнитного момента без затухания и при наличии диссипации энергии. Феноменологическое описание парамагнитного, ферромагнитного, ферримагнитного резонансов. Ядерный магнитный резонанс. Его особенности в сильномагнитных веществах. Эффект Мёсбауэра.	16
Раздел 4	19-21	Релаксация и резонанс доменных границ	8
<b>Всего:</b>			<b>42</b>

##### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ *не предусмотрено*

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. Примерная тематика индивидуальных и групповых проектов *не предусмотрено*

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов) *не предусмотрено*

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ *не предусмотрено*

4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ) *не предусмотрено*

4.3.8. Примерная тематика контрольных работ *не предусмотрено*

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Коллоквиум 1. Динамические свойства магнетиков в области низких и средних частот перемагничивания.

Коллоквиум 2. Магнитных резонанс в магнитоупорядоченных веществах

#### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения	Дистанционные образовательные технологии и электронное
------------------------------	--------------------------	--

							обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
Раздел 1 - Раздел 4				*								

## 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1.Рекомендуемая литература

#### 9.1.1.Основная литература

1. Е.С. Боровик, В.В. Ерёменко, А.С. Мильнер. Лекции по магнетизму. М.:Физматлит. 2005. 510 с. 24 экз + Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2118>
2. Ю.Н.Стародубцев. Магнитомягкие материалы: Энциклопедический словарь-справочник. М.: Техносфера. 2011. 664 с. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89018>

#### 9.1.2.Дополнительная литература

1. Акулов, Н.С. Ферромагнетизм / Н.С. Акулов. - Москва ; Ленинград : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1939. - 190 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=132729>
2. Алешкевич, В.А. Электромагнетизм : учебник / В.А. Алешкевич. - Москва : Физматлит, 2014. - 404 с. : ил. - ISBN 978-5-9221-1555-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275299>

### 9.2.Методические разработки *не используются*

### 9.3.Программное обеспечение

Оригинальная тест-программа

### 9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Публикации в периодической научно-технической литературе издательств «Наука» и «Elsevier»

### 9.5.Электронные образовательные ресурсы *не используются*

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Аудитория снабжена необходимым количеством посадочных мест. Предусмотрено использование мультимедийных средств при проведении учебных занятий.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к рабочей программе дисциплины

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 1**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение занятий</i>	7 сем. 1-17нед	40
<i>Активность на лекционных занятиях</i>	7 сем. 1-17нед	10
<i>Коллоквиум 1</i>	7 сем. 9 нед	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,4</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение практических занятий</i>	7 сем. 1-17нед	30
<i>Решение задач во время занятий</i>	7 сем. 1-17нед	20
<i>Коллоквиум 2</i>	7 сем. 15нед	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена:</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрены</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**  
*Не предусмотрено*

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 7	1

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**к рабочей программе дисциплины**

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.*

*В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**к рабочей программе дисциплины**

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует

	решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

*НТК не предусмотрено*

## **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**

*«не предусмотрено»*

### **8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

*«не предусмотрено»*

### **8.3.3. Примерные контрольные кейсы**

*«не предусмотрено»*

### **8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета**

1. Динамическая петля гистерезиса. Влияние характеристик вещества, образца и условий перемагничивания на параметры динамической петли гистерезиса.
2. Понятие эффективной массы доменной границы. Влияние внешнего магнитного поля на величину эффективной массы.
3. Механизм движения доменных границ с позиции уравнения Ландау-Лифшица.
4. Эффект Мёссбауэра: сущность явления, условия наблюдения, факторы, влияющие на резонансный спектр.
5. Влияние вихревых токов на составляющие комплексной магнитной проницаемости. Магнитный спектр.
6. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Применение ЯМР.
7. Потери энергии при динамическом перемагничивании образцов с однородной магнитной проницаемостью.
8. Электронный парамагнитный резонанс, факторы, влияющие на его спектр.
9. Релаксация магнитного момента. Уравнение Блоха.
10. Технологические приёмы снижения электромагнитных потерь энергии за счёт оптимизация параметров доменной структуры.
11. Спиновые волны в линейной цепочке магнитных моментов. Спин-волновой резонанс.
12. Магнитный резонанс в ферромагнетиках. Эффективный g-фактор, и его поведение вблизи температуры магнитной компенсации.
13. Сущность и проявления размерного резонанса.
14. Влияние магнитной анизотропии и доменных границ на частоту ФМР.



15. Ферромагнитный резонанс в образцах конечных размеров. Формула Киттеля.
16. Феноменологическое описание явления магнитного последствия. Понятие релаксационного спектра.
17. Описание спектра магнитного резонанса с помощью уравнения Ландау-Лифшица.
18. Влияние магнитного последствия на составляющие комплексной магнитной проницаемости.
19. Условия реализации и классическая интерпретация магнитного резонанса.
20. Описание закономерностей намагничивания диссипативной среды с помощью уравнения Ландау-Лифшица.
21. Природа и характерные особенности ориентационного диффузионного последствия.
22. Уравнение Ландау-Лифшица, и его использование для описания свободной прецессии магнитного момента.
23. Природа и характерные особенности изотропного диффузионного последствия.
24. Условия реализации и квантовая природа магнитного резонанса.
35. Уравнение Дёринга. Релаксация и резонанс доменных границ.

### **8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена «не предусмотрено»**

### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации** *«не используются»*

### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля** *«не используются»*

### **8.3.8. Интернет-тренажеры** *«не используются»*

### **8.3.9. Перечень примерных вопросов для коллоквиумов**

#### **Коллоквиум 1:**

1. Перечислить основные динамические магнитные характеристики.
2. Определить понятие «комплексная магнитная проницаемость».
3. Привести соотношения между параметрами динамической петли гистерезиса и составляющими комплексной магнитной проницаемости.
4. Как измерить упругую и вязкую составляющие комплексной магнитной проницаемости?
5. Определить и обосновать наиболее употребимые режимы динамического перемагничивания.
6. Представить графически распределение магнитного поля в полубесконечном проводнике для двух фиксированных моментов времени.
7. Записать формулы для глубина скин-слоя и длины волны магнитного поля в проводящем магнетике.
8. В чём качественное и количественное различие скин-эффекта в магнитоупорядоченном и немагнитоупорядоченном проводниках?
9. Перечислить свойства проводящей ферромагнитной пластины, влияющие на потери энергии при её динамическом перемагничивании.
10. Объяснить частотные зависимости  $\mu_1$  и  $\mu_2$  в проводящем магнетике.
11. Какова роль доменной структуры в формировании потерь энергии при динамическом перемагничивании? Формула Прая-Бина.
12. Как изменяются составляющие потерь энергии на перемагничивание при нарушении идеальной кристаллической текстуры в холоднокатаной электротехнической стали?
13. Сравнить зависимости переменного (гармонического) магнитного поля от координаты в полубесконечных проводящем и непроводящем пространствах.
14. Что такое объёмный (размерный) магнитный резонанс?
15. Каковы причины и сущность магнитострикционного резонанса?
16. Записать уравнение магнитной вязкости.
17. Определить понятие «релаксационный спектр», используемое при описании магнитного последствия.

18. Охарактеризовать магнитный спектр магнетика, обладающего магнитным последствием.
19. Что такое термическое магнитное последствие?
20. Причины и механизм анизотропного диффузионного магнитного последствия.
21. Что такое дезаккомодация?
22. Сущность изотропного диффузионного последствия.

### **Коллоквиум 2:**

1. Записать уравнение динамики магнитного момента.
2. Дать классическую интерпретацию спин-спиновой и спин-решёточной релаксациям магнитного момента.
3. Классическая интерпретация магнитного резонанса.
4. Природа магнитного резонанса.
5. Явление насыщения магнитного резонанса в классическом и квантово-механическом представлениях.
6. Формула для частоты резонанса в бесконечном изотропном однородном магнетике.
7. Эффект Зеемана. Энергетический спектр электронной оболочки атома в магнитном поле.
8. Составляющие эффективного магнитного поля магнитоупорядоченного образца, входящие в уравнение Ландау-Лифшица.
9. Связь между динамической намагниченностью и переменным магнитным полем, следующая из уравнения Ландау-Лифшица. Тензор динамической магнитной восприимчивости.
10. Варианты графического изображения магнитного спектра ФМР.
11. Формула Киттеля для частоты ФМР в изотропном эллипсоиде.
12. Роль магнитной анизотропии в формировании условий ферромагнитного резонанса.
13. Основная причина влияния доменной структуры на условия магнитного резонанса.
14. Выражение для частоты ферромагнитного резонанса.
15. Дать качественное описание поведения эффективного  $g$ -фактора в области магнитной компенсации.
16. Выражение для частоты обменного резонанса.
17. Изобразить траектории движения магнитных моментов при ферромагнитном и обменном резонансах.
18. Перераспределение энергии при спин-спиновой и спин-решёточной релаксациях.
19. Понятие ширины линии ферромагнитного резонанса. Факторы, влияющие на ширину резонансной линии.
20. Дать понятие спиновой волны и трактовку магнитной релаксации на языке спиновых волн.
21. Перечислить особенности и возможности применения ЭПР.
22. Особенности и сферы применения ЯМР.
23. Причина усиления ЯМР в магнитоупорядоченных веществах.
24. Сущность и условия возникновения эффекта Мёссбауэра.
25. Чем обусловлен изомерный сдвиг?
26. Нарисовать и пояснить спектр ЯГР для изотопа  $Fe^{57}$ .
27. Привести принципиальную блок-схему установки для наблюдения ЯГР.
28. Описать динамику магнитных моментов при смещении доменной границы в магнитном поле.
29. Формула для эффективной массы 180-градусной доменной границы Блоха.
30. Причина постоянства скорости движения доменных границ в области слабых магнитных полей.
31. Параметры материала, определяющие подвижность доменных границ.
32. Сущность резонанса доменных границ.
33. Перечислить основные явления, возникающие при динамическом перемагничивании магнитоупорядоченных веществ, указать характерные области частот и материалы.

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Введение в материаловедение	<b>Код модуля</b> 1129771
<b>Образовательная программа</b> Физика	<b>Код ОП</b> 03.03.02/01.02
<b>Направление подготовки</b> Физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 03.03.02
<b>Уровень подготовки</b> Бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> <b>07.08.2014г. № 937</b>

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Плещев Валерий Георгиевич	Канд. физ-мат наук. доцент	доцент	физики конденси рованного состояния	

**Руководитель модуля**

В.А. Катаев

**Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук**

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

## **2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Основы физического материаловедения**

### **1.2. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина «Основы физического материаловедения» является составной частью модуля «Введение в материаловедение». Данная дисциплина основывается на результатах освоения дисциплин, входящих в модули «Общая физика», «Основы физики конденсированного состояния», и в свою очередь служит базой для проведения экспериментальных исследований в рамках выполнения выпускной работы. Данная дисциплина содержит подробные сведения о термодинамических и кинетических факторах процесса кристаллизации и дает практические навыки анализа фазовых превращений в многокомпонентных системах с использованием фазовых диаграмм.

### **1.2. Язык реализации программы - русский**

### **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

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

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК3 - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ПК3 - готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований;

ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:** основные физические закономерности формирования структуры и свойств кристаллических материалов в процессе их получения и последующей обработки.

**Уметь:** пользоваться фазовыми диаграммами для определения фазовых и структурных составляющих в многокомпонентных системах.

**Владеть** (демонстрировать навыки и опыт деятельности): методами и приемами численных расчетов количества фазовых и структурных составляющих в двух – и трехкомпонентных системах.

### 1.5. Объем дисциплины для очной формы обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
<b>1.</b>	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
2.	Лекции	9	9	9
3.	Практические занятия	42	42	42
4.	Лабораторные работы	-	-	-
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	75	7.65	75
6.	Промежуточная аттестация - экзамен	18	2.33	Э, 18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	144	60.98	144
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	4		4

### 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
<b>Р. 1</b>	Кристаллизация металлов и сплавов	Термодинамические системы, термодинамические параметры. Равновесие термодинамических систем. Фазы и компоненты. Зарождение и рост кристаллов. Роль переохлаждения. Критический размер зародыша кристаллизации. Механизмы роста кристаллов. Принцип ориентационного и размерного соответствия. Кинетика кристаллизации. Формирование макро- и микроструктуры материалов в процессе кристаллизации.
<b>Р.2</b>	Физическая природа фаз в твердом состоянии.	Твердые растворы, типы твердых растворов, особенности их структуры. Условия неограниченной растворимости. Химические соединения, особенности их структуры. Промежуточные фазы, их классификация, условия образования и особенности структуры
<b>Р. 3</b>	Диаграммы состояния (фазового равновесия) бинарных сплавов.	Классификация диаграмм состояния, принципы и некоторые методы их построения. Правило фаз Гиббса. Правило отрезков. Основные типы бинарных диаграмм состояния. Практическая значимость фазовых диаграмм на примере системы Fe-C.
<b>Р. 4</b>	Принципы, особенности построения и	Основные понятия и правила (концентрационный треугольник, правило фаз, правило центра тяжести, конодный треугольник). Классификация и основные типы

	анализа тройных диаграмм	тройных диаграмм состояния. Построение изотермических и политермических разрезов.
--	--------------------------	---

## **7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ**

### **3.2. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины для очной формы обучения**

Объем модуля 9 (зач.ед.):  
Объем дисциплины 4 (зач.ед.):

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 текущей аттестации (колич.)			Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)		Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации по модулю (час.)			
								Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар. занятие	Лабораторное занятие	И/л семинар, семинар-конфер., коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод инояз. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет	Экзамен
1	P.1	28	10	2	8		18	10	2	8												8		1				
2	P.2	24	12	2	10		12	12	2	10												8		1				
3	P.3	36	14	2	12		22	14	2	12												8		1				
4	P.4	38	15	3	12		23	15	3	12												8		1				
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>126</b>	<b>51</b>	<b>9</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>51</b>	<b>9</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>24</b>				
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>144</b>	<b>51</b>				<b>93</b>																					
																					В т.ч. промежуточная аттестация			<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

\*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета промежуточной аттестации»



## 8. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.3. Лабораторные работы

*«не предусмотрено»*

### 4.4. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
Раздел 1	1-4	Влияние условий охлаждения на микроструктуру твердого тела при гомогенной и гетерогенной кристаллизации. Энергетический баланс процесса кристаллизации.	8
Раздел 2	5-9	Твердые растворы и промежуточные фазы. Основные типы твердых растворов и изменения в атомной структуре при их образовании. Экспериментальные способы определения типа твердого раствора.	10
Раздел 3	10-15	Методы построения диаграмм состояния. Применение правила фаз Гиббса к определению равновесных фаз. Основные типы бинарных фазовых диаграмм. Определение количества фазовых и структурных составляющих в двойных сплавах	12
Раздел 4	16-21	Определение состава тройного сплава по концентрационному треугольнику, Понятие весового треугольника и его свойства. Определение количества фазовых и структурных составляющих в тройных сплавах. Построение изотермических разрезов	12
<b>Всего:</b>			42

### 4.4. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.10. Примерный перечень тем домашних работ

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.11. Примерный перечень тем графических работ

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.12. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.13. Примерная тематика индивидуальных и групповых проектов

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.14. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.15. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.16. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.17. Примерная тематика контрольных работ

*«не предусмотрено»*

#### 4.3.18. Примерная тематика коллоквиумов

Коллоквиум 1. Вопросы:

- анализ фазовых превращений в бинарных сплавах при их кристаллизации;
- анализ фазовых превращений в тройных диаграммах эвтектического типа
- анализ фазовых превращений в диаграммах перитектического типа;

Коллоквиум 2. Вопросы:

- анализ режимов термической обработки при кристаллизации с целью управления формирующейся микроструктурой материала;

Коллоквиум 3. Вопросы:

- построение горизонтальных и вертикальных разрезов тройных диаграмм.

## 9. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение						
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
Раздел 1				*	*							
Раздел 2	*			*								
Раздел 3	*			*	*							
Раздел 4			*	*								

## 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1.Рекомендуемая литература

#### 9.1.1.Основная литература

1. Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 978-5-94836-327-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>
2. Мальцева Л.А., Гервасьев М.А., Кутьин А.Б.. Материаловедение. Екатеринбург, УПИ, 2007. 68 экз.
3. Физическое материаловедение: учебник для вузов / С.В. Грачев, В.Р. Бараз, А.А. Богатов, В.П. Швейкин – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2001. 534 с. 60 экз.

#### 9.1.2.Дополнительная литература

1. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. М.: Атомиздат, 1978. 48 экз.
2. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. М.: Metallurgia, 1990. 25 экз.
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., 2008. 26 экз.
4. Штейнберг С.С. Металловедение. Свердловск, Metallurgizdat, 1961. 75 экз.

### **9.2. Методические разработки**

1. Серикова В.П. Диаграммы состояния двойных систем. Екатеринбург. УрГУ, 2000.

### **9.3. Программное обеспечение**

Тестовая программа контроля знаний АСТ-тест

### **9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Интернет-ресурсы: [ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/text/m5\\_6.htm](http://ido.tsu.ru/schools/physmat/data/res/molek/uchpos/text/text/m5_6.htm)

Электронные каталоги ЗНБ на <http://opac.urfu.ru>

### **9.5. Электронные образовательные ресурсы *не используются***

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

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

Аудитория снабжена необходимым количеством посадочных мест. Предусмотрено использование мультимедийных средств при проведении учебных занятий.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе дисциплины**

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 1**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Миниконтрольная</i>	6 сем. 5,10 нед	40
<i>Коллоквиум 1</i>	6 сем 4 нед.	20
<i>Коллоквиум 2</i>	6 сем 8 нед.	20
<i>Коллоквиум 3</i>	6 сем 14 нед.	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,4</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение практических занятий</i>	6 сем, 1-17 нед.	30
<i>Решение задач во время занятий</i>	6 сем, 1-17 нед.	70
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена:</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрены</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**  
*Не предусмотрено*

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 6	1

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**к рабочей программе дисциплины**

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.*

*В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**к рабочей программе дисциплины**

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует

	решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

*НТК не предусмотрен*

## **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**

1. анализ фазовых превращений в бинарных сплавах при их кристаллизации;
2. анализ фазовых превращений в тройных диаграммах эвтектического типа
3. анализ фазовых превращений в диаграммах перитектического типа;
4. свойства концентрационного треугольника и их применение для определения состава тройного сплава;
5. условия образования неограниченных твердых растворах в двухкомпонентных системах

### **8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

*«не предусмотрено»*

### **8.3.3. Примерные контрольные кейсы**

*«не предусмотрено»*

### **8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета «не предусмотрено»**

### **8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Основные положения равновесной термодинамики. Термодинамические системы, термодинамические параметры. Равновесие термодинамических систем. Фазы и компоненты. Условия равновесия фаз.
2. Диаграммы состояния (фазового равновесия) бинарных сплавов Классификация диаграмм состояния, принципы и некоторые методы их построения. Правило фаз Гиббса. Правило отрезков.
3. Диаграммы состояния систем с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях.
4. Диаграммы состояния с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии и ограниченной в твердом (диаграммы с эвтектикой и с перитектикой).
5. Диаграммы состояния с промежуточными фазами. Диаграммы состояния с конгруэнтно плавящимися промежуточными фазами. Диаграммы состояния с инконгруэнтно плавящимися промежуточными фазами.
6. Диаграммы с ограниченной растворимостью в жидком состоянии.

7. Диаграммы состояния с превращениями в твердом состоянии (полиморфными, эвтектоидными, перитектоидными).

8. Диаграмма состояния системы Fe - C. Фазовые и структурные составляющие сплавов. Фазовые превращения и принципы выбора термической обработки сплавов.

9. Отклонение от равновесного состояния. Роль диаграмм состояния при выборе условий кристаллизации и термической обработки.

10. Принципы и особенности построения тройных диаграмм. Основные понятия и правила (концентрационный треугольник, правило фаз, правило центра тяжести, конодный треугольник). Классификация тройных диаграмм состояния.

11. Диаграммы состояния систем с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состояниях. Построение изотермических и политермических разрезов.

12. Диаграммы состояния с неограниченной растворимостью в жидком состоянии и ограниченной в твердом. Изотермические и политермические разрезы.

13. Диаграммы состояния с двойными и тройными химическими соединениями.

14. Образование и рост кристаллов. Гомогенное образование зародышей. Роль переохлаждения. Критический размер зародыша кристаллизации. Гетерогенная кристаллизация. Эпитаксия, принцип ориентационных и размерных соответствий. Практическое применение эпитаксиальных пленок. Кинетика кристаллизации. Основные методы выращивания кристаллов (Бриджмена - Стокбаргера, Чалмерса, Чохральского и др.). Использование монокристаллов в науке и технике.

15. Физическая природа фаз в твердом состоянии.

Твердые растворы, типы твердых растворов, особенности их структуры. Условия неограниченной растворимости. Термодинамический анализ условий растворимости.

Упорядоченные и неупорядоченные твердые растворы. Химические соединения, особенности их структуры. Промежуточные фазы, их классификация, условия образования и особенности структуры (электронные соединения, фазы внедрения, фазы Лавеса и др.)

### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

*«не используются»*

### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

*«не используются»*

### **8.3.8. Интернет-тренажеры**

*«не используются»*

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Введение в материаловедение	<b>Код модуля</b> 1129771
<b>Образовательная программа</b> Физика	<b>Код ОП</b> 03.03.02/01.02
<b>Направление подготовки</b> Физика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 03.03.02
<b>Уровень подготовки</b> Бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> <b>07.08.2014г. № 937</b>

Екатеринбург, 2016



Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Москвин Александр Сергеевич	д.ф.-м.н. профессор	Заведующи й кафедрой	Теоретич еской физики	

**Руководитель модуля**

В.А. Катаев

**Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук**

Председатель учебно-методического совета

Е.С. Буянова

Протокол № 49 от 02.06.2016 г.

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Теория конденсированного состояния**

### **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

**Теория конденсированного состояния** использует для изучения твердых тел методы термодинамики, статистической физики, теории симметрии, кристаллографии, атомной физики и квантовой механики, электродинамики сплошных сред. Это важнейший раздел физики конденсированного состояния. Теория изучает связь макроскопических свойств конденсированных тел с их атомной структурой, создавая, таким образом, теоретический базис современного материаловедения. Основу курса составляет теория твердого тела, которая обрела всеобщее признание благодаря результатам исследования полупроводников, сверхпроводимости, новых магнитных материалов, магнитного резонанса, низкоразмерных систем, спинтроники, мультиферроиков и других разнообразных свойств сильнокоррелированных материалов. Лекции и лабораторные занятия охватывают широкий круг вопросов теории конденсированного состояния – общую классификацию твердых тел, параметры порядка, вопросы симметрии и ее нарушения, термодинамическое описание, теорию фазовых переходов, теорию основных подсистем – решетки и электронов, квазичастицы, теорию транспортных, тепловых, оптических, магнитных, и других физических свойств.

### **1.2. Язык реализации программы - русский**

### **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

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

ОК7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ОПК2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;

ПК1 - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ПК3 - готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований;

ДПК7 - способность применять на практике знания теории и методов физических исследований конденсированных сред, методов структурных исследований с применением рентгеновского и нейтронного излучения.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**Знать:** Основные понятия, законы, методы и модели теории твердого тела, механизмы формирования физических свойств твердых тел.

**Уметь:** анализировать атомно-кристаллическую структуру твердого тела и его физические свойства: оценивать перспективы применения методов теории твердого тела для аналитического и/или численного решения или возможности получения качественного решения конкретных задач материаловедения.

**Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности)** основными методами теории твердого тела для решения конкретных задач материаловедения.

### 1.4. Объем дисциплины

Для очной формы обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	7
1.	Аудиторные занятия	51	51	51
2.	Лекции	9	9	9
3.	Практические занятия	42	42	42
4.	Лабораторные работы	-	-	-
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	39	7.65	39
6.	Промежуточная аттестация	18	2.33	Э, 18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	60.98	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ для очной формы обучения

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Классификация твердых тел. Структура идеальных кристаллов. Кристаллическая решетка. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Точечная симметрия. Решетки Браве. Пространственные группы симметрии. Номенклатура кристаллов. Обратная решетка. Зона Бриллюэна.
P2	Твердое тело как квантовомеханическая система электронов и ядер	Общий вид гамильтониана системы электронов и ядер. Слабые и сильные электронные корреляции. Характер распределения электронов и ядер в основном состоянии. Ионные остовы и связывающие электроны. Распределение электронов и типы связей в кристаллах. Энергия связи для основных типов твердых тел. Простейшие модели в теории твердого тела. Адиабатическое приближение. Модель атомов, связанных центральными силами (модель Борна). Модель ионного кристалла (точечные ионы). Модель «желе» для простых металлов. Оболочечная модель кристалла.
P3	Термодинамическое описание твердого тела	Термодинамический потенциал. Обобщенные восприимчивости. Теория фазовых переходов Ландау. Симметрия и фазовые переходы. Параметры порядка. Фазовые переходы первого и второго рода. Критерии

		Лифшица. Особенности поведения обобщенных восприимчивостей при фазовых переходах.
<b>P4</b>	<b>Колебания кристаллических решеток. Классическое и квантовое описание, фононы</b>	Дисперсионное уравнение, закон дисперсии фононов. Основные свойства частот. Нормальные моды и нормальные координаты. Длинноволновые колебания. Приближение сплошной среды. Простые и сложные решетки. Акустические и оптические ветви колебаний. Поляритоны. Спектральная плотность колебаний решетки. Изочастотные поверхности. Особые точки спектральной плотности. Теорема ван Хофа. Термодинамические свойства кристаллов в гармоническом приближении. Температура Дебая. Термодинамические функции в областях низких и высоких температур. Термодинамика кристалла в приближении Дебая. Теплоемкость кристалла. Упругие деформации кристалла. Тензор модулей упругости. Закон Гука, упругие константы. Ангармонизм кристаллической решетки и уравнение состояния твердого тела. Коэффициент теплового расширения кристалла. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность кристаллической решетки. Поглощение звука в кристаллах.
<b>P5</b>	<b>Электронные свойства металлов и других слабокоррелированных твердых тел</b>	Теория металлов Друде. Теория металлов Зоммерфельда. Импульс Ферми, энергия Ферми. Обменная энергия. Диэлектрическая проницаемость электронного газа. Вигнеровский кристалл. Энергия основного состояния электронного кристалла. Приближение почти свободных электронов. Теорема Блоха. Энергетические полосы. Квазиимпульс. Спектральная плотность состояний (DOS). Метод функционала электронной плотности. Приближение локальной плотности (LDA). Элементы теории фермижидкости Ландау. Электронные вклады в термодинамические характеристики твердых тел. Теплоемкость электронов проводимости в металлах. Соотношение теплоемкостей электронов и решетки при низких температурах. Электронный вклад в модуль всестороннего сжатия (сжимаемость) металла. Электронный вклад в уравнение состояния металла при низких температурах. Вклад электронов в тепловое расширение. Магнитная восприимчивость электронов проводимости.
<b>P6</b>	<b>Электронные свойства сильнокоррелированных электронных систем</b>	Атомы в кристаллах. Элементы теории кристаллического поля. Слабое, среднее, сильное кристаллическое поле. Элементы квантовой химии. Метод Гайтлера–Лондона и метод молекулярных орбиталей. Перенос зарядовой и спиновой плотности. Электронно–колебательное взаимодействие. Эффект Яна–Теллера. Приближение Борна–Оппенгеймера. Туннельное расщепление. Взаимодействие атомов в кристаллах. Обменные и обменно-релятивистские взаимодействия парамагнитных ионов. Спингамильтонианы. Учет сильных корреляций в зонных моделях. Приближение локальной спиновой плотности (LSDA). Гамильтониан Хаббарда. LDA+U-, LDA+DMFT-модели. Особенности термодинамических (транспортные, тепловые, оптические, магнитные, резонансные) свойств

		сильнокоррелированных систем.
<b>P7</b>	<b>Актуальные вопросы современной теории твердого тела</b>	Высокотемпературная сверхпроводимость. Гигантское и колоссальное магнитосопротивление. Спинтроника. Топологические структуры. Топологические изоляторы. Конденсация атомов в оптических решетках. Графен. Мультиферроики и т.д.

### **3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ**

#### **3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины для очной формы обучения**



#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.5. Лабораторные работы *не предусмотрено*

#### 4.6. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1-4	Модель жестких ионов и оболочечная модель кристалла	8
P3	5-8	Ориентационные фазовые переходы	8
P4	9-12	Фононы	8
P5	13-16	Плотность состояний и поверхность Ферми металлов	8
P6	17-21	Кристаллическое поле, молекулярные орбитали, зонные модели	10
<b>Всего:</b>			<b>42</b>

#### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

##### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

1. Модель жестких ионов и оболочечная модель кристалла. Прикладные пакеты.
2. Ориентационные фазовые переходы. Классификация. Поведение термодинамических величин.
3. Фононы. Акустические и оптические моды. Плотность состояний. Модельные расчеты.
4. Плотность состояний и поверхность Ферми металлов. Простой металл. Приближение почти свободных электронов.
5. Кристаллическое поле, молекулярные орбитали, зонные модели. Примеры расчетов.

##### 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. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

*Не предусмотрено*

##### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

*Не предусмотрено*

##### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

*Не предусмотрено*

##### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

*Не предусмотрено*

##### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

*Не предусмотрено*

##### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

*Не предусмотрено*

## 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1-P7			*	*	*							

## 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1.Рекомендуемая литература

#### 9.1.1.Основная литература

1. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твёрдого тела: В двух томах / М.И Каганов. — М.: Мир, 1979. — 399 с. 40 экз.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твёрдого тела. — М.: Наука, 1978. 106 экз.
3. Займан, Дж. М. Принципы теории твердого тела : Пер. со 2-го англ. изд. / Дж. М. Займан ; Под ред. В. Л. Бонч-Бруевича .— М. : Мир, 1974 .— 472 с. : ил. — Библиогр.: с. 455-464 .— 2-21 .— 7845-00 .— 8000-00 .— 38-00. 65 экз.
5. Ч. Киттель, Квантовая теория твердых тел, Наука, М., 1967, 491 с.52 экз.

#### 9.1.2. Дополнительная литература

1. С.В. Вонсовский, М.И. Кацнельсон Квантовая физика твердого тела, Наука,1983. 34 экз.
2. Р. Пайерлс Квантовая теория твердых тел, Изд. ИЛ. 1956
3. А.А. Абрикосов Основы теории металлов, Изд. Наука, 1987 14 экз + URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67590>
4. А. Анималу, Квантовая теория кристаллических твердых тел, Изд.Мир, 1981 25 экз.

#### 9.2.Методические разработки

1. А.С. Москвин, Ю.Д. Панов, Атомы в кристаллах учебное пособие / А.С. Москвин, Ю.Д. Панов; Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького .— Екатеринбург: УрГУ, 1999 .— 114 с. : ил.
2. А.С. Москвин, Е.В. Сеницын, Ориентационные фазовые переходы, методические указания по теории твердого тела / А.С. Москвин, Е.В. Сеницын; Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького .— Свердловск: УрГУ, 1990 .— 46 с. : ил.



### **9.3. Программное обеспечение**

*Не используется*

### **9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [study.urfu.ru](http://study.urfu.ru)

Wolfram Alpha – <http://alpha.wolfram.com>

Электронная библиотека УрФУ [opac.urfu.ru](http://opac.urfu.ru)

### **9.5. Электронные образовательные ресурсы**

*Не используются*

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

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

Демонстрационное оборудование; аудитория и мультимедийный проектор для сопровождения лекций.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе дисциплины**

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 1**

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение лекций</i>	VII, 1-17	10
Мини контрольная работа по теме <b>Модель жестких ионов и оболочечная модель кристалла</b>	VII, 5	20
Мини контрольная работа по теме <b>Ориентационные фазовые переходы</b>	VII, 8	10
Мини контрольная работа по теме <b>Фононы</b>	VII, 11	10
Мини контрольная работа по теме <b>Плотность состояний и поверхность Ферми металлов</b>	VII, 13	20
Мини контрольная работа по теме <b>Кристаллическое поле, молекулярные орбитали, зонные модели</b>	VII, 15	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – Экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,4</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Посещение занятий	VII, 1-17	20
Выполнение домашних заданий	VII, 2-17	30
Активность на занятиях	VII, 3-17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена:</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта – не предусмотрено**

**6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины**

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 7	<b>1.0</b>

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
**к рабочей программе дисциплины**

**7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.*

*В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**  
**к рабочей программе дисциплины**

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских

	выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

– НТК не используется

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

1. Что вы знаете о номенклатуре пространственных групп и кристаллов?
2. Опишите поведение обобщенных восприимчивостей вблизи точки фазового перехода.
3. Что вы знаете об электрическом мультипольном моменте электронов, многоэлектронного атома?
4. Сформулируйте первое, второе, и третье правила Хунда.
5. Что вы знаете о схемах сильного, среднего и слабого кристаллического поля.
6. Основы метода молекулярных орбиталей. Связывающие и антисвязывающие орбитали.
7. Классификация твердых тел.
8. Классификация взаимодействий в твердых телах.
9. Акустические и оптические моды фононов.
10. Фононный и электронный вклады в теплоемкость.
11. Аномалия Шоттки.
12. Спин-гамильтонианы.
13. Элементарные возбуждения в кристаллах. Фононы. Экситоны. Поляроны. Магноны.
14. Резонансные свойства твердых тел. Эффекты ЭПР, ЯМР, ЯКР, ЯГР, ФМР, АФМР.
15. Приближение функционала электронной плотности. DFT-LDA, LSDA, LDA+U.

### 8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

*Не предусмотрено*

### 8.3.3. Примерные контрольные кейсы

*Не предусмотрено*

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

*Не предусмотрено*

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Распределение электронов и типы связи в кристаллах. Энергия связи для основных типов твердых тел.
2. Уравнение движения для простой кристаллической решетки. Адиабатическое приближение. Дисперсионное уравнение. Основные свойства частот

3. Колебания сложной кристаллической решетки. Уравнение движения. Дисперсионное уравнение. Акустические и оптические ветви колебаний.
4. Спектральная плотность колебаний кристаллической решетки. Особые точки спектральной плотности, их связь с геометрией изочастотных поверхностей. Теорема ван Хова.
5. Свободная и внутренняя энергии колеблющейся решетки в гармоническом приближении. Температура Дебая. Области низких и высоких температур.
6. Ангармонизм колебаний кристаллической решетки. Свободная энергия кристалла с учетом ангармонизмов 3 и 4 порядка.
7. Теплоемкость кристалла. Выражения для теплоемкости при высоких и низких температурах. Влияние ангармонизмов на теплоемкость
8. Упругие свойства кристалла. Тензор модулей упругости. Температурная зависимость тензора модулей упругости с учетом ангармонизмов.
9. Свободная и внутренняя энергии кристалла в приближении Дебая. Теплоемкость в приближении Дебая. Области низких и высоких температур.
10. Уравнение состояния твердого тела. (уравнение Ми-Грюнайзена). Тепловое расширение кристаллической решетки.
11. Основное состояние однородной электронной жидкости. Энергия основного состояния однородной системы электронов в приближении высокой и низкой плотности. Метод разложения по малому параметру при высокой плотности, экранировка взаимодействия, диэлектрическая проницаемость электронного газа. Вигнеровский кристалл, энергия вигнеровской решетки, оценка энергии нулевых колебаний. Интерполяционные формулы для энергии основного состояния однородной электронной жидкости промежуточной плотности
12. Приближение почти свободных электронов. Теория возмущений по взаимодействию электронов с ионной решеткой. Модельные псевдопотенциалы Энергетические полосы. Квазиимпульс Блоховские волновые функции в приближении почти свободных электронов. Энергия основного состояния кристалла в приближении почти свободных электронов.
13. Энергия основного состояния электронной системы как функционал плотности. Локальное приближение. Одночастичные состояния в приближении функционала электронной плотности. Уравнения Хартри – Фока для электронов в кристалле. Одночастичные состояния и корреляционное взаимодействие.
14. Приближение сильно связанных электронов Представление волновых функций электронов в кристалле в виде линейной комбинации атомных орбиталей. Электронные состояния в кристалле в приближении сильно связанных электронов. Блоховские функции для сильно связанных электронов. Энергетический спектр в приближении ближайших соседей
15. Поверхность Ферми. Определение поверхности Ферми. Классификация поверхностей Ферми металлов по форме и связности. Поверхности Ферми металлов различных групп.
16. Система взаимодействующих электронов как квантовая ферми-жидкость. Ферми-жидкостное описание слабовозбужденных состояний электронной системы металлов. Уравнение и формула для эффективной массы квазичастиц однородной электронной жидкости. Энтропия слабовозбужденного состояния электронной жидкости. Определение равновесной функции распределения. Свободная и внутренняя энергия квазичастиц.
17. Теплоемкость электронов проводимости в металлах. Вывод формулы для теплоемкости электронной жидкости. Соотношение теплоемкостей электронов и решетки при низких температурах. Плотность состояний электронов на поверхности Ферми и её определение по температурной зависимости теплоемкости.
18. Электронный вклад в модуль всестороннего сжатия (сжимаемость) металла. Вывод формулы для модуля упругости электронной ферми-жидкости, его зависимость от плотности состояний на поверхности Ферми и константы ферми-жидкостного взаимодействия.

Температурная зависимость модуля упругости, связь с кривизной плотности состояний на поверхности Ферми.

19. Электронный вклад в уравнение состояния металла при низких температурах. Электронные добавки в уравнение Ми-Грюнайсена, их температурная зависимость и соотношение с решеточными слагаемыми. Вклад электронов в тепловое расширение

20. Магнитная восприимчивость электронов проводимости. Формулы для спиновой и орбитальной частей восприимчивости электронной жидкости. Температурная зависимость магнитной восприимчивости

**8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

*Не используются*

**8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

*Не используются*

**8.3.8. Интернет-тренажеры**

*Не используются*