

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



Первый проректор, проректор по научной  
и инновационной работе

В.Г. Прокошев

« 20 » июня 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ»**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) подготовки Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения заочная

Год	Трудоём- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРА, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
2	3/108	4	2	-	102	ЗАЧЕТ
Итого	3/108	4	2	-	102	ЗАЧЕТ

г. Владимир 2016 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины по выбору «Физические свойства твердых тел» являются:

1. Ознакомление со структурой и основами современной физики твердого тела, включающих общие представления о строении кристаллов и аморфных веществ, методах исследования структуры и различных физических свойств твердых тел. Формирование у аспирантов вводных знаний по основным разделам физики твердого тела.
2. Выявление роли типов и характера межатомного взаимодействия в формировании структуры и свойств твердых тел. Рассмотрение основных фундаментальных принципов описания и исследования кристаллической структуры твердых тел различных типов.
3. Изучение видов дефектов структуры реальных твердых тел и способы их введения внешними воздействиями с целью формирования особых физико-механических свойств твердых тел, электронных, тепловых, магнитных и других свойств твердых тел.
4. Формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики твердого тела и физики конденсированного состояния.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ОПОП ВО)

Освоение дисциплины опирается на знания, полученные при освоении разделов "Квантовая механика", "Термодинамика", "Физика твердого тела" в вузовском курсе теоретической физики. Данный курс по выбору призван подготовить аспирантов к освоению обязательной дисциплины ОПОП (ВО) «Физика конденсированного состояния»

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать:
  - классификацию типов межатомной связи в твердых телах (ОПК – 2);
  - современные представления о структуре кристаллических и аморфных твердых тел (ОПК – 2);
  - основные методы их описания и исследования взаимосвязь электронной и кристаллической структуры твердых тел с механическими, магнитными, тепловыми и другими свойствами твердых тел (ОПК – 2);
- 2) Уметь:
  - анализировать общие проблемы физики твердого тела и уметь пропагандировать их (ОПК – 2);
  - самостоятельно анализировать вопросы взаимосвязи кристаллической и электронной структуры твердых тел с их физико-механическими свойствами (ОПК – 2);
  - ориентироваться в тематике научной литературы по общим вопросам физики твердого тела (ОПК – 2);

3) Владеть:

- информацией об общей структуре современной физики твердого тела и понимать перспективы её развития (ОПК – 2);
- фундаментальными принципами описания кристаллической структуры и свойств твердых тел и методами их исследования (ОПК – 2);
- знаниями о взаимосвязи типа и характера межатомного взаимодействия, кристаллической идеальной и дефектной структуры твердых тел с механическими, электронными, магнитными, тепловыми и другими свойствами твердых тел (ОПК – 2);

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	
1.	Электронная структура атомов. Гибридизация атомных орбиталей. Структура типа алмаза и графита. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ионная, ковалентная, металлическая, ван-дер-ваальсова и водородная связь.	2	1		-	25	Тестирование
2.	Структуры минералов, комплексных и координационных соединений. Структуры органических молекулярных соединений. Дефекты в твердых телах: точечные дефекты, вакансии, межузельные атомы, дефекты Френкеля и Шоттки.	2	1	1	-	26	Тестирование
3.	Колебания решетки. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие. Тепловые свойства твердых тел. Теплоемкость твердых тел. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.	2	1		-	25	Тестирование
4.	Основные приближения зонной	2	1	1	-	26	Тестирование

теории. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Магнитные свойства твердых тел. Природа ферромагнетизма. Парамагнетизм, диамагнетизм и ферромагнетизм. Домены и доменные границы.						
<b>ИТОГО:</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>102</b>	<b>ЗАЧЕТ</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение дисциплины «Физические свойства твердых тел» предполагает использование следующих инновационных форм проведения занятий:

- опережающее обучение (темы 1-4);
- проблемное обучение (темы 1, 2);
- компьютерный тренинг (темы 3, 4);

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

#### Вопросы к зачету

1. Основные различия между кристаллическими и аморфными твердыми телами.
2. Кристаллическая решетка, базис, вектор кристаллической решетки, вектор внутренних смещений.
3. Типы межатомных связей. Вандерваальсово взаимодействие. Ионная связь.
4. Типы межатомных связей. Ковалентная и водородная связь. Металлическая связь.
5. Операции симметрии в кристаллической решетке. Трансляционная симметрия.
6. Решетка Браве. Основные типы двумерных решеток Браве и их симметрии.
7. Решетка Браве. Основные типы трехмерных решеток Браве. Базоцентрированная, объемцентрированная, гранецентрированная.
8. Кристаллографическая плоскость и кристаллографическое направление. Индексы Миллера.
9. Колебания одноатомной линейной цепочки масс. Дисперсионное соотношение. Длинноволновый и коротковолновый пределы.
10. Колебания двухатомной линейной цепочки масс. Дисперсионное соотношение. Длинноволновый и коротковолновый пределы.
11. Теплоемкость твердых тел. Фононы. Классическая модель теплоемкости.
12. Модель теплоемкости Эйнштейна. Функция Эйнштейна. Температура Эйнштейна.
13. Модель теплоемкости Дебая. Функция Дебая. Температура Дебая.
14. Дифракция в кристаллах. Три вида излучения для изучения кристаллов. Условие Брэгга.
15. Обратное пространство. Условие Брэгга в обратном пространстве.
16. Статистика электронов в кристалле. Уравнение Шредингера. Валентная аппроксимация. Приближение самосогласованного поля.
17. Статистика электронов в кристалле. Уравнение Шредингера. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение.
18. Статистика электронов в кристалле. Уравнение Шредингера. Функции Блоха. Область определения волнового вектора и его дискретность.

19. Статистика электронов в кристалле. Основные различия между металлами диэлектриками и полупроводниками.
20. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные состояния. Элементарная теория примесных состояний.
21. Статистика носителей зарядов в полупроводниках. Плотность состояний. Взаимная компенсация доноров и акцепторов.
22. Потенциальный барьер. Работа выхода. Эмиссия электронов с поверхности твердого тела.
23. Контактная разность потенциалов. Контакт металл-металл. Контакт металл-полупроводник.
24. *P-n-переход*. Вольтамперная характеристика *p-n*-перехода. Полупроводниковые приборы.

#### **Дополнительные вопросы**

1. Объемцентрированная, Базоцентрированная, гранеццентрированная решетка.
2. Вектор кристаллической решетки и вектор внутренних смещений.
3. Типы межатомных связей.
4. Сколько основных типов двумерных решеток Браве?
5. Кристаллографическая плоскость.
6. Кристаллографическое направление.
7. Дисперсионная кривая однородной линейной цепочки масс.
8. Дисперсионная кривая двухатомной линейной цепочки масс.
9. Дисперсионная кривая однородной трехмерной решетки.
10. Классическая модель теплоемкости.
11. Основные положения модели теплоемкости Эйнштейна.
12. Основные положения модели теплоемкости Дебая.
13. Три вида излучения для изучения кристаллов.
14. Условие Брэгга.
15. Условие Брэгга в обратном пространстве.
16. Валентная аппроксимация.
17. Приближение самосогласованного поля.
18. Адиабатическое приближение.
19. Одноэлектронное приближение.
20. Функции Блоха.
21. Собственные и примесные полупроводники.
22. Потенциальный барьер.
23. Работа выхода.
24. Виды эмиссии электронов с поверхности твердого тела.
25. Контактная разность потенциалов.
26. Вольтамперная характеристика *p-n*-перехода.

#### **Темы рефератов по дисциплине (самостоятельная работа)**

1. Самосогласованные методы расчета зонного спектра кристаллов.
2. Теория глубоких уровней точечных и кластерных дефектов.
3. Метод эффективной массы для описания электронных состояний в гетероструктурах.
4. Теоретические модели высокотемпературной сверхпроводимости.
5. Феноменологические и первопринципные методы расчета фононного спектра кристаллов.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Название и выходные данные (автор, вид издания, издательство, издания, количество страниц)	Год издания	Количество экземпляров в библиотеке университета	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ	Количество аспирантов, использующих указанную литературу	Обеспеченность аспирантов литературой, %
1	2	3	4	5	6	7
<b>Основная литература</b>						
1.	Межмолекулярные взаимодействия. Физическая интерпретация, компьютерные расчеты и модельные потенциалы [Электронный ресурс] / И.Г. Каплан. - М.: БИНОМ, 2014.	2014		ЭБС «Консультант студента» <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326556">www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326556</a>	1	100
2.	Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Цирельсон В.Г. - 3-е изд., испр. (эл.). - М.: БИНОМ, 2014.	2014		ЭБС «Консультант студента» <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323623">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323623</a>	1	100
3.	Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с - ISBN: 978-5-369-00967-3	2013		ЭБС «Znanium» <a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363421">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363421</a>	1	100
4.	Физика конденсированного состояния	2013		ЭБС «Консультант	1	100

	[Электронный ресурс] / Байков Ю.А., Кузнецов В.М. - М.: БИНОМ, 2013.			студента <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322596">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322596</a>		
5.	Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела [Электронный ресурс] / Цирельсон В.Г. - М.: БИНОМ, 2012.	2012		ЭБС «Консультант студента» <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310982">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310982</a>	1	100
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Физическое материаловедение. Ч. 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. В 3 ч. / А.К. Федотов. – Минск : Выш. шк., 2012. – 446 с.: ил. - ISBN 978-985-06-2063-7.	2012		ЭБС «Znanium» <a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508082">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508082</a>	1	100
2	Дифракционный анализ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Анищик, В.В. Понарядов, В.В. Углов. – Минск: Выш. шк., 2011. – 215 с - ISBN 978-985-06-1834-4	2011		ЭБС «Znanium» <a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506981">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506981</a>	1	100
3	Малеев, Андрей Владимирович. Модель послыонного роста разбиений, упаковок и графов :	2011	5		1	33

монография / А. В. Малеев, А. В. Шутов ; ВлГУ .— ВлГУ.— 107 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 100-107 .— ISBN 978-5-8311-0546-9.					
--	--	--	--	--	--

#### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Cambridge Structural Database System. Version 1.18. Cambridge Crystallographic Data Centre, 2015.
2. Программный комплекс для исследования координационных окружений в модели послойного роста графов связности (регистрационный номер №2013619399).
3. Программа перебора вариантов периодических упаковок полигексов в плоскости (регистрационный номер №2014661669).
4. Программа перебора вариантов периодических упаковок полимино в плоскости (регистрационный номер №2013619301).
5. Программа сравнения молекулярных упаковок в кристаллических структурах (регистрационный номер №2015662262).
6. <http://crystal.geology.spbu.ru/studies/materiaux-denseignement>
7. <http://ums.usu.ru/x-ray/Labs1-4/>

#### **Периодические издания:**

1. Журнал структурной химии
2. Кристаллография

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

1. Супер-ЭВМ «СКИФ-Мономах».
2. Персональные компьютеры типа Core i7 2,4 ГГц (16 GB RAM).
3. По договорам о творческом содружестве ВлГУ с Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, Нижегородским государственным университетом им. Н.И. Лобачевского имеется возможность проведения экспериментов на современных автоматических монокристалльных дифрактометрах.
4. Доступ к базе данных Cambridge Crystallographic Data Center (CDC).



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия и направленности (профилю) подготовки Физика конденсированного состояния

Рабочую программу составил \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н, доц. А.В. Малеев

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., профессор  
кафедры информационных технологий Владимирского филиала Российской академии  
народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации  
(РАНХиГС) В.Г. Рау

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и теоретической физики

протокол № 10 от 24.06.16 года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии направления 03.06.01 - Физика и астрономия

Протокол № 2 от 20.06.16 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)

## ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ

### РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ»**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.16 года

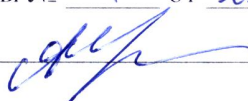
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 2018/2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_