

**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)**



А.А.Панфилов

20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ ТВЁРДОГО ТЕЛА**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки "Инженерно-физические технологии в nanoиндустрии"

Уровень высшего образования Магистр

Форма обучения Очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
2	4/144	36	18	-	45	Экзамен(45)
Итого	4/144	36	18	-	45	Экзамен(45)

Владимир 20 15

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «Специальные главы Физики твёрдого тела» являются формирование у обучающихся понимания физических основ современных дополнительных знаний в области Физики твёрдого тела, необходимых для понимания процессов, явлений и эффектов, происходящих на нано масштабах, получение практических навыков их расчета и моделирования для последующего использования этих знаний при разработке и оптимизации методов, средств и технологий в области нанотехнологий.

Задачи дисциплины:

- теоретическая подготовка в области физики твердого тела, позволяющая будущим инженерам ориентироваться в потоке научной и технической информации и обеспечивающая им возможность использования новых специфических физических принципов получения и исследования нано структур;
- познакомить с методами использования современных представления физики твердого тела при анализе особенностей нано структур, состава, формы и свойств современных конструкционных и функциональных нано материалов;
- выработка приемов и навыков решений конкретных задач в области физики нано структур, помогающих студентам в дальнейшем решать инженерные задачи.
- ознакомление студентов с современной научной аппаратурой и выработка у них начальных навыков проведения экспериментальных научных исследований физических явлений в области нано технологий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Специальные главы Физики твёрдого тела» относится к обязательным дисциплинам вариативной части основной профессиональной образовательной программы. Изучение дисциплины проходит во втором семестре.

Для успешного освоения курса физики студентам необходимо знать следующие разделы высшей математики и физики: Дифференциальное исчисление, Интегральное исчисление, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Ряды, Элементы векторного анализа, Функции комплексного переменного, Дифференциальные уравнения, Элементы теории вероятностей и математической статистики, Основы оптики, Основы квантовой механики и физики твёрдого тела.

Освоение дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин учебного плана: «Технологии производства микро- и наносистем», «Технологии производства микро- и наносистем», «Зондовая микроскопия», «Научно-исследовательская работа в семестре», выполнение выпускной диссертационной работы.

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

ОПК-4 - способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) **Знать:** современные представления в области Физики твёрдого тела и самостоятельно приобретать, и использовать их в практической деятельности (ОПК-4).
- 2) **Уметь:** самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в области Физики твёрдого тела нано структур (ОПК-4).
- 3) **Владеть:** современными представлениями и методами исследования в области Физики твёрдого тела и использовать их в практической деятельности (ОПК-4).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Структурные фазовые переходы твердых тела	2	1-8	16	8	-	-	20	-	12/50%	Рейтинг-контроль 1
2	Квазичастицы в физике конденсированного состояния	2	9-14	12	6	-	-	15	-	8/44%	Рейтинг-контроль 2
3	Неупорядоченные твердые тела	2	15-18	8	4	-	-	10	-	8/67%	Рейтинг-контроль 3
Всего		2	1-18	36	18	-	-	45	-	28/52%	Экзамен (45)

### Содержание разделов дисциплины

#### Лекции

№ модуля дисциплины	№ п/п	Наименование и/или краткое содержание практических занятий	Трудоёмкость (часов)
Раздел 1.	1.	Классификация структурных фазовых переходов. Фазовые переходы типа «смещения» и типа «порядок-беспорядок».	2
	2.	Собственные и несобственные фазовые переходы. Изоструктурные фазовые переходы.	2
	3.	Фазовые переходы первого и второго рода.	2
	4.	Основы феноменологической теории структурных фазовых переходов.	2
	5.	Понятие параметра порядка (параметра фазового перехода). Теория фазовых переходов Гинзбурга-Ландау.	2
	6.	Феноменологическое описание фазовых переходов первого и второго рода.	2
	7.	Изменение симметрии при структурных фазовых переходах. Принцип Кюри.	2
	8.	Особенности свойств твердых тел в окрестности структурных фазовых переходов.	2
Раздел 2.	9.	Квазичастицы в физике конденсированного состояния. Квазичастицы и их характеристики. Магноны, поляроны, экситоны, куперовские пары и др.	2
	10.	Типы элементарных возбуждений в кристаллах. Энергия, квазиимпульс, эффективная масса квазичастицы.	2
	11.	Экситоны в полупроводниках.	2
	12.	Магноны. Спиновые волны. Тепловое возбуждение магнонов.	2
	13.	Поляроны малого и большого радиуса. Энергия и подвижность поляронов.	2

№ модуля дисциплины	№ п/п	Наименование и/или краткое содержание практических занятий	Трудоёмкость (часов)
	14.	Куперовские пары. Теория сверхпроводимости БКШ.	2
Раздел 3.	15.	Понятие ближнего и дальнего порядка. Классификация неупорядоченных твердых тел. Аморфные твердые тела. Спиновые и дипольные стекла	2
	16.	Структура аморфных твердых тел. Модели аморфной структуры. Аморфные металлические сплавы.	2
	17.	Спиновые стекла. Модели спиновых стекол. Дипольные стекла. Модели дипольных стекол.	2
	18.	Особенности физических свойств спиновых и дипольных стекол. Температура замораживания	2
Итого			36

### Практические занятия.

№ п/п	Наименование и/или краткое содержание практических занятий	Трудоёмкость (часов)
1.	Феноменологическое описание структурных фазовых переходов.	2
2.	Энергия и импульс кристаллической решетки.	2
3.	Квазичастицы и их характеристики.	2
4.	Экситоны в полупроводниках.	2
5.	Магноны, поляроны, куперовские пары.	2
6.	Прыжковый механизм электропроводности неупорядоченных полупроводников.	2
7.	Аморфные твердые тела.	2
8.	Температура замораживания.	2
9.	Заключительное занятие.	2
	<b>Итого</b>	<b>18</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и практические занятия);
- мастер-классы (демонстрация на практических занятиях принципов расчета задач по различным темам);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или компьютера);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).
- Встречи с учеными и специалистами, работающими в направлении развития и использования перспективных лазерных технологий.

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

Текущий контроль успеваемости является распределённым и основан на оценке нескольких составляющих.

1. Результаты рейтинг-контроля.
2. Выполнение практических заданий.

*Вопросы рейтинг-контроля №1*

1. Что такое структурные фазовые переходы? Приведите примеры.
2. По каким признакам осуществляется классификация структурных фазовых переходов?
3. Опишите фазовые переходы типа «смещения» и типа «порядок-беспорядок».

4. Чем различаются собственные и несобственные фазовые переходы.
5. Что такое изоструктурные фазовые переходы.
6. Как различить фазовые переходы первого рода от фазовых переходов второго рода?
7. Основы феноменологической теории структурных фазовых переходов.
8. Что такое параметр порядка (параметра фазового перехода).
9. Опишите суть теории фазовых переходов Гинзбурга-Ландау.
10. Суть феноменологического описания фазовых переходов первого и второго рода.
11. В чём проявляется изменение симметрии при структурных фазовых переходах.
12. В чём состоит принцип Кюри?

*Вопросы рейтинг-контроля №2*

1. Что представляют собой спиновые волны в модели Гейзенберга. Теплоемкость магненов?
2. Теория фазовых переходов II рода Ландау в применении к ферромагнетику. Как ведут себя намагниченность, восприимчивость и скачок теплоемкости?
3. Как объяснить ферромагнитный переход в модели Гейзенберга в приближении среднего поля. Что в этом случае означает температура Кюри?
4. Флуктуации параметра порядка и критерий применимости теории среднего поля.
5. Как выглядит гамильтониан взаимодействующих бозе- и ферми- частиц в представлении вторичного квантования?
6. Какова скорость звука в неидеальном бозе-газе при нулевой температуре?
7. Критерий Ландау сверхтекучести?
8. В чём суть микроскопической теории сверхтекучести Боголюбова? Каков характер спектра возбуждений?
9. Опишите качественно микроскопическую теорию сверхпроводимости БКШ.
10. Уравнение для щели в модели БКШ.
11. Скачок теплоемкости сверхпроводника в модели БКШ.
12. Критерий Ландау сверхтекучести для сверхпроводника. Критический ток.
13. Функционал Гинзбурга – Ландау. Уравнение для комплексного параметра порядка.
14. Функционал Гинзбурга – Ландау. Уравнение для векторного потенциала.
15. В чём состоит эффект Мейсснера?
16. Как связаны длина когерентности и глубина проникновения магнитного поля?
17. Плотность сверхпроводящего тока. Квантование магнитного потока.
18. Что такое вихрь Абрикосова? Верхнее и нижнее критические магнитные поля в сверхпроводниках II рода.

*Вопросы рейтинг-контроля №3.*

1. Понятие ближнего и дальнего порядка.
2. По каким признакам осуществляется классификация неупорядоченных твердых тел.
3. Что такое аморфные твердые тела. Примеры.
4. Чем различаются спиновые и дипольные стекла. Примеры.
5. Сравните модели аморфной структуры твердых тел и аморфных металлических сплавов.
6. На основе модели спиновых стекол опишите особенности их физических свойств.
7. На основе модели дипольных стёкл опишите особенности их физических свойств.
8. Что такое температура замораживания?
9. Опишите модель Изинга.
10. В чем проявляется процесс аморфизации кристаллической структуры?
11. Объясните качественно с точки зрения МКТ изменение температуры плавления для аморфного твёрдого тела.
12. Чем отличаются фазовые переходы для кристаллической и аморфной структур?
13. Что происходит с зонной структурой при аморфизации.
14. Как меняются электрические и магнитные свойства при аморфизации поверхности проводников?

**Промежуточная аттестация** проходит в форме экзамена.

Вопросы к экзамену:

1. Общие характеристики фазовых переходов первого и второго рода в кристаллах.
2. Фазовые переходы типа смещения.
3. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок.
4. Изоструктурные фазовые переходы.
5. Сегнетоэлектрические фазовые переходы
6. Фазовые переходы в магнетиках.
7. Феноменологическое описание структурных фазовых переходов
8. Формирование доменной структуры при структурных фазовых переходах
9. Процессы переключения в ферроиках. Эффект Баркгаузена.
10. Нарушение симметрии при фазовых переходах.
11. Основные характеристики квазичастиц (энергия, квазиимпульс, закон дисперсии, эффективная масса квазичастицы).
12. Экситоны в полупроводниках.
13. Магноны. Спиновые волны. Тепловое возбуждение магнонов
14. Поляроны малого и большого радиуса. Энергия и подвижность поляронов
15. Куперовские пары. Теория сверхпроводимости БКШ
16. Структура аморфных твердых тел. Модели аморфной структуры
17. Аморфные металлические сплавы
18. Спиновые стекла. Модели спиновых стекол
19. Модель Изинга.
20. Дипольные стекла. Модели дипольных стекол

**Самостоятельная работа** студентов включает в себя:

1. Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на практических занятиях при решении задач.

2. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к практическим занятиям. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы и решения конкретных задач.

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется при выполнении практических заданий и на экзамене.

Вопросы для контроля самостоятельной работы

1. Мартенситные фазовые переходы
2. Дисторсионные и антидисторсионные фазовые переходы
3. Сегнетомагнетики
4. Сегнетоэлектрики с несоразмерной фазой
5. Фазовые превращения в конденсированных пленках
6. Солитоны в кристаллах
7. Системы с тяжелыми фермионами
8. Экситонная сверхпроводимость
9. Плазмоны в металлах
10. Аморфные полупроводники
11. Методы получения аморфных сплавов
12. Аморфные сверхпроводники
13. Сходство и различие между частицами и квазичастицами.

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

а) основная литература:

1. Анфимов, И.М. Физика конденсированного состояния. Электронная структура твердых тел. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.М. Анфимов, С.П. Кобелева, И.В. Щемеров. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2014. — 76 с.
2. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2015. — 294 с.
3. Смирнов, Е.А. Сборник задач по физике конденсированного состояния: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.А. Смирнов, Г.Н. Елманов, М.Г. Исаенкова. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ (Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт»), 2012. — 64 с.
4. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с

б) дополнительная литература:

1. Абрикосов, А.А. Основы теории металлов [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2010. — 598 с.
2. Брандт Н. Б., Кульбачинский В. А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния [Электронный ресурс] / Брандт Н. Б., Кульбачинский В. А. - 2-е изд., испр. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007.
3. Гольдаде В.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]/ Гольдаде В.А., Пинчук Л.С.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2009.— 648 с
4. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния» [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 47 с.

в) периодические издания:

1. Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
2. Журнал технической физики <http://journals.ioffe.ru/>
3. Журнал композиты и нано структуры <http://www.issp.ac.ru/journal/composites/russian.html>

г) интернет-ресурсы:

1. Фундаментальные основы нано наук и компьютерный инжиниринг наносистем <http://compnano.lgb.ru/theory/>

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

Преподавание дисциплины предусматривает применение мультимедийных презентаций и компьютерных симуляций, что обеспечивается проведением занятий в оборудованных мультимедийным оборудованием аудиториях кафедры ФиПМ.

Для обеспечения проведения практических работ имеются компьютерные классы кафедры ФиПМ.

Для обеспечения проведения лабораторных работ имеются специализированные учебно-научные лаборатории, оборудованные современным оборудованием

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочую программу составил профессор кафедры ФиПМ, Бутковский О.Я.  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

д. спец. научн.-техн. степ. ФКИТ "ТАП Вадуга"  
(место работы, должность, ФИО, подпись) Шимичев А.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 2А от 13.10.15 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.04.01

Протокол № 2А от 13.10.15 года

Председатель комиссии

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

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

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

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.