

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

Институт прикладной математики, физики и информатики



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

_____ К.С. Хорьков

« 30 » _____ августа 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
« СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА »

направление подготовки / специальность

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

направленность (профиль) подготовки

Инженерно-физические технологии в nanoиндустрии

г. Владимир

2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся понимания физических основ современных дополнительных знаний в области физики твердого тела, необходимых для понимания процессов, явлений и эффектов, происходящих на наномасштабах, и последующего использования при разработке и оптимизации методов, средств и технологий в области нанотехнологий.

Задачи дисциплины:

- теоретическая подготовка в области физики твердого тела, позволяющая обучающимся ориентироваться в потоке научной и технической информации и обеспечивающая им возможность использования новых специфических физических принципов получения и использования наноструктур;
- ознакомление с методами использования современных представлений физики твердого тела при анализе особенностей наноструктур, а также состава, формы и свойств современных конструкционных и функциональных наноматериалов;
- освоение приемов решений конкретных задач в области физики наноструктур;
- ознакомление с современной научной аппаратурой и выработка у них навыков проведения экспериментальных научных исследований физических явлений в области нанотехнологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Специальные главы физики твердого тела» относится к обязательным дисциплинам блока Б1 Дисциплины (модули) учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1. Знает принципы физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. ОПК-1.2. Умеет описывать, анализировать, теоретически и экспериментально исследовать и моделировать процессы синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования	Знает: • принципы физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и использования материалов нано- и микросистемной техники. Умеет: • описывать, анализировать, теоретически и экспериментально исследовать и моделировать процессы синтеза, диагностики и использования материалов нано- и микросистемной техники. Владеет: • математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального	Контрольные вопросы к практическим работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

	процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и использования материалов нано- и микросистемной техники.	
ПК-1. Способен формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1.1. Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.2. Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований.	Знает: • принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники. Умеет: • формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования в области физики твердого тела в приложении их к объектам нанотехнологии и микросистемной техники. Владеет: • навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований в области физики твердого тела.	Контрольные вопросы к практическим работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Структурные фазовые переходы в твердых телах	1	1-8	16	16	—	16	52	рейтинг-контроль №1
2	Квазичастицы в физике конденсированного состояния	1	9-14	12	12	—	12	39	рейтинг-контроль №2
3	Неупорядоченные твердые тела	1	15-18	8	8	—	8	26	рейтинг-контроль №3
Всего за 1 семестр:		—	—	36	36	—	36	117	Экзамен (27 ч)
Наличие в дисциплине КП/КР		—	—	—	—	—	—	—	—
Итого по дисциплине		—	—	36	36	—	36	117	Экзамен (27 ч)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Структурные фазовые переходы в твердых телах.

Тема 1.1. Классификация структурных фазовых переходов. Фазовые переходы типа «смещения» и типа «порядок-беспорядок».

Тема 1.2. Собственные и несобственные фазовые переходы. Изоструктурные фазовые переходы.

Тема 1.3. Фазовые переходы первого и второго рода.

Тема 1.4. Основы феноменологической теории структурных фазовых переходов.

Тема 1.5. Понятие параметра порядка (параметра фазового перехода). Теория фазовых переходов Гинзбурга-Ландау.

Тема 1.6. Феноменологическое описание фазовых переходов первого и второго рода.

Тема 1.7. Изменение симметрии при структурных фазовых переходах. Принцип Кюри.

Тема 1.8. Особенности свойств твердых тел в окрестности структурных фазовых переходов.

Раздел 2. Квазичастицы в физике конденсированного состояния.

Тема 2.1. Квазичастицы и их характеристики. Магноны, поляроны, экситоны, куперовские пары и др.

Тема 2.2. Типы элементарных возбуждений в кристаллах. Энергия, квазиимпульс, эффективная масса квазичастицы.

Тема 2.3. Экситоны в полупроводниках.

Тема 2.4. Магноны. Спиновые волны. Тепловое возбуждение магнонов.

Тема 2.5. Поляроны малого и большого радиуса. Энергия и подвижность поляронов.

Тема 2.6. Куперовские пары. Теория сверхпроводимости БКШ.

Раздел 3. Неупорядоченные твердые тела.

Тема 3.1. Понятие ближнего и дальнего и дальнего порядка. Классификация неупорядоченных твердых тел. Аморфные твердые тела.

Тема 3.2. Структура аморфных твердых тел. Модели аморфной структуры. Аморфные металлические сплавы.

Тема 3.3. Спиновые стекла. Модели спиновых стекол. Дипольные стекла. Модели дипольных стекол.

Тема 3.4. Особенности физических свойств спиновых и дипольных стекол. Температура замораживания.

Содержание практических занятий

Раздел 1. Структурные фазовые переходы в твердых телах.

Содержание практических занятий: практическое занятие 1 «Феноменологическое описание структурных фазовых переходов»; практическое занятие 2 «Энергия и импульс кристаллической решетки»; практическое занятие 3 «Фазовые диаграммы»; практическое занятие 4 «Теория фазовых переходов Гинзбурга-Ландау».

Раздел 2. Квазичастицы в физике конденсированного состояния.

Содержание практических занятий: практическое занятие 5 «Квазичастицы и их характеристики»; практическое занятие 6 «Экситоны в полупроводниках»; практическое занятие 7 «Магноны и поляроны»; практическое занятие 8 «Куперовские пары. Сверхпроводимость».

Раздел 3. Неупорядоченные твердые тела.

Содержание практических занятий: практическое занятие 9 «Прыжковый механизм электропроводности неупорядоченных полупроводников»; практическое занятие 10 «Аморфные твердые тела»; практическое занятие 11 «Температура замораживания».

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №1

1. Что такое структурные фазовые переходы? Приведите примеры.
2. По какому признаку 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. Чем отличаются фазовые переходы первого рода от фазовых переходов второго рода?
7. Основы феноменологической теории структурных фазовых переходов.
8. Что такое параметр порядка фазового перехода?
9. Основные принципы 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 чем состоит принцип Кюри?

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №2

1. Что представляют собой спиновые волны в модели Гейзенберга. Теплоемкость магнонов?
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 в представлении вторичного квантования?
6. Какова скорость звука в неидеальном бозе-газе при нулевой температуре?
7. Критерий сверхтекучести Ландау.
8. Микроскопическая теория 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 чем состоит эффект Мейсснера?
16. Как связаны длина когерентности и глубина проникновения магнитного поля?
17. Плотность тока сверхпроводимости. Квантование магнитного потока.
18. Что такое вихрь Абрикосова? Верхнее и нижнее критические магнитные поля в сверхпроводниках II рода.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №3

1. Понятия ближнего и дальнего порядков.
2. По каким признакам осуществляется классификация неупорядоченных твердых?
3. Что такое аморфные твердые тела? Примеры.
4. 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 стекол опишите особенности их физических свойств.
8. Что такое температура замораживания?
9. 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?

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен.

Примерный перечень вопросов

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 полиморфных превращениях.
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.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Специальные главы физики твердого тела» включает в себя следующие виды деятельности:

1) Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на практических занятиях.

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

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

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе практических занятий по дисциплине и на экзамене.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

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 различия между частицами и квазичастицами.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
Байков Ю.А., Кузнецов В.М. Физика конденсированного состояния: учебное пособие – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 296 с. – ISBN 978-5-00101-825-4	2020	https://e.lanbook.com/book/151595
Пейсахович Ю.Г., Филимонова Н.И. Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства диэлектриков: учебное пособие – Новосибирск: НГТУ, 2018. – 163 с. – ISBN 978-5-7782-3612-7	2018	https://e.lanbook.com/book/118468
Дополнительная литература		
Немилов С.В. Научные основы материаловедения стекол: учебное пособие Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 360 с. – ISBN 978-5-8114-2905-9	2022	https://e.lanbook.com/book/205931
Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния: учебное пособие – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 632 с. – ISBN 978-5-9221-1209-3	2010	https://e.lanbook.com/book/59598
Смирнов Е.А., Елманов Г.Н., Исаенкова М.Г. Сборник задач по физике конденсированного состояния: учебное пособие – Москва: НИЯУ МИФИ, 2012. – 64 с. – ISBN 978-5-7262-1579-6	2012	https://e.lanbook.com/book/75956

6.2. Периодические издания

- 1) Журнал «Успехи физических наук». 0042-1294 (печатный), 1996-6652 (онлайн). Архив номеров. Режим доступа: <https://ufn.ru/ru/articles/>
- 2) Журнал «Физика твердого тела», ISSN: 0367-3294. Архив номеров. Режим доступа: <https://journals.ioffe.ru/journals/1>
- 3) Журнал «Наносистемы: физика, химия, математика». ISSN: 2305-7971. Архив номеров. Режим доступа: <http://nanojournal.ifmo.ru/articles>.

6.3. Интернет-ресурсы

- 1) <https://elibrary.ru> – электронная библиотека научных публикаций
- 2) <http://www.nanonewsnet.ru> – новостной портал о наноиндустрии
- 3) <https://topwar.ru> – новостной портал о новых разработках

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения лекционных и практических занятий. Лекционные аудитории оснащены меловой или маркерной доской, экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Используемое лицензионное программное обеспечение – система математических и инженерных расчётов MATLAB.

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ Абрамов Д.В.

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

А.В. Осипов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и прикладной математики
Протокол № 1 от 30.08.2022 года

И.о. заведующего кафедрой

С.И. Абрахин

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол №1 от 30.08.2022 года

Председатель комиссии

С.И. Абрахин

(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры №____ от____ года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры №____ от____ года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры №____ от____ года

Заведующий кафедрой