

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Кревчик В.Д.  
(Подпись) (Фамилия, инициалы)  
« 30 » ноября 2015 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

М1.2.4 Избранные разделы физики конденсированного состояния

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины)

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»  
(код, наименование направления подготовки)

Магистерская программа «Физика конденсированного состояния вещества»  
(наименование магистерской программы)

Квалификация (степень) выпускника – **магистр**

Форма обучения очная  
(очная, заочная, очно-заочная)

Пенза, 2015

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Избранные разделы физики конденсированного состояния» являются: изучение качественных методов теоретической физики (размерные и модельные оценки), изучение предельных случаев, использование аналитических свойств функций и симметрии физических величин, в приложении к решению дифференциальных и интегральных уравнений, наиболее часто встречающихся в физике.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина М 1.2.4 «Избранные разделы физики конденсированного состояния» является дисциплиной блока обязательных дисциплин (блок М1.2) вариативной части программы подготовки студентов по направлению подготовки 03.04.02 «Физика».

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях по дисциплинам программы бакалавриата направления подготовки 03.03.02 «Физика», а также по дисциплинам базовой части (блок М1.1): физические методы исследования структурных особенностей твердых тел, специальный физический практикум.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем в научно-исследовательской работе студентов, при прохождении практики и итоговой государственной аттестации.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Избранные разделы физики конденсированного состояния»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-3	способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.	Знать: теоретические основы, основные понятия и методы физики конденсированного состояния для решения фундаментальных и практических задач по профилю подготовки
		Уметь: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями методы физики конденсированного состояния на качественном и количественном уровнях.
		Владеть: методами обработки экспериментальной и теоретической физической информации для решения профессиональных задач.

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Качественные методы в квантовой теории»

##### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)									Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)							
				Аудиторная работа				Самостоятельная Работа					Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	др.
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)	Подготовка к экзамену								
1.	Раздел 1. Элементы квантовой теории рассеяния и квантовой теории твердого тела.	4	1 ÷ 4	16	8	8	-	36	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.1	Тема 1.1 Квантовая теория рассеяния. Упругое рассеяние частиц без спина. Метод функции Грина. Борновское приближении. Метод парциальных волн в теории рассеяния.	4	1	4	2	2	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.2	Тема 1.2. Упругое рассеяние медленных частиц. Эффекты обмена при упругом рассеянии одинаковых частиц без спина и со спином.	4	2	4	2	2	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.3.	Тема 1.3. Общая теория неупругого рассеяния. Рассеяние электрона на атоме без учета обмена. Теория столк-	4	3	4	2	2	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

	новений с перераспределением частиц. Рассеяние электрона на атоме водорода с учетом обмена																		
1.4	Тема 1.4. Матрица рассеяния. Обращение времени и детальное равновесие. Дисперсионные соотношения в теории рассеяния.	4	4	4	2	2	-	9	9	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
2.	Раздел 2. Методы теоретического и экспериментального исследования в физике конденсированного состояния.	4	5 ÷ 9	20	10	10	-	36	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.1.	Тема 2.1 Метод кинетического уравнения Больцмана. Рассеяние носителей заряда на примесях, тепловых колебаниях атомов кристалла, дислокациях, вакансиях.	4	5	4	2	2	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2	Тема 2.2 Метод вторичного квантования. Основы микроскопической теории сверхтекучести. Микроскопическая теория сверхпроводимости.	4	6	4	2	2	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.3	Тема 2.3. Виды взаимодействия электромагнитного излучения с твердым телом. Поглощение света кристаллами. Рекомбинационное излучение в полупроводниках.	4	7	4	2	2	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	Тема 2.4. Физические свойства и структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Потенциалы Лифшица и Андерсона.	4	8	4	2	2	-	8	8	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
2.5.	Тема 2.5. Методы экспериментального изучения строения вещества, его физических характеристик и фундаментальных эффектов и явлений в веще-	4	9	4	2	2	-	4	4	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

	стве.																		
	<i>Курсовая работа (проект)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Подготовка к экзамену</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Общая трудоемкость, в часах			36	18	18	-	72	72	-	-		Промежуточная аттестация						
													Форма	Семестр					
													Зачет	4					
													Экзамен	-					

## 4.2. Содержание дисциплины

(Указывается наименование разделов, тем дисциплины и их содержание)

Введение.

### Раздел I. Элементы квантовой теории рассеяния и квантовой теории твердого тела.

1. Квантовая теория рассеяния. Упругое рассеяние частиц без спина. Метод функции Грина. Функция Грина для свободной частицы. Теория упругого рассеяния в борновском приближении. Метод парциальных волн в теории рассеяния.
2. Упругое рассеяние медленных частиц. Упругое рассеяние в кулоновском поле. Эффекты обмена при упругом рассеянии одинаковых частиц без спина. Обменные эффекты при упругом столкновении одинаковых частиц, обладающих спином.
3. Общая теория неупругого рассеяния. Рассеяние электрона на атоме без учета обмена. Теория столкновений с перераспределением частиц. Рассеяние электрона на атоме водорода с учетом обмена.
4. Матрица рассеяния. Обращение времени и детальное равновесие. Дисперсионные соотношения в теории рассеяния.
5. Когерентное и некогерентное рассеяние медленных нейтронов. Когерентное рассеяние нейтронов кристаллическим веществом. Упругое рассеяние медленных нейтронов кристаллами с учетом колебаний атомов.
6. Квантовая теория твердого тела. Геометрия кристаллической решетки. Уравнение Шредингера для кристалла. Волновая функция и энергетический спектр электрона, движущегося в периодическом поле кристалла. Одноэлектронное приближение. Заполнение энергетических зон электронами: металлы, диэлектрики, полупроводники. Эффективная масса электрона. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Локализованные состояния, связанные с поверхностью. Элементарная теория ферромагнетизма. Спиновые волны. Экситонные возбуждения в молекулярных кристаллах.

### Раздел II. Методы теоретического и экспериментального исследования в физике конденсированного состояния.

7. Метод кинетического уравнения Больцмана. Рассеяние носителей заряда на примесях, тепловых колебаниях атомов кристалла, дислокациях, вакансиях.
8. Метод вторичного квантования. Вторичное квантование для систем бозонов и фермионов. Основы микроскопической теории сверхтекучести. Микроскопическая теория сверхпроводимости.
9. Взаимодействия с электромагнитными полями и потоками частиц. Виды взаимодействия электромагнитного излучения с твердым телом. Оптические константы. Поглощение света кристаллами. Рекомбинационное излучение в полупроводниках.
10. Физические свойства аморфных твердых тел. Структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Потенциалы Лифшица и Андерсона.
11. Аморфные полупроводники и их применение. Аморфные диэлектрики и металлы.
12. Методы экспериментального изучения строения вещества, его физических характеристик и фундаментальных эффектов и явлений в веществе.
13. Элементы технологии получения веществ с заданными физическими свойствами.
14. Современные теоретические представления и математические методы исследований в физике вещества.

## 5. Образовательные технологии

Форма проведения теоретических занятий – лекции в традиционной форме и интерактивные лекции с применением мультимедиа-технологий (электронные презентации).

Форма проведения практических занятий – аналитическое или численное решение поставленной физической задачи.

Форма выполнения самостоятельной работы – подготовка к аудиторным занятиям, численное решение задач физики конденсированного состояния с помощью прикладных математических программ.

*Занятия, проводимые в интерактивных формах, с использованием интерактивных технологий составляют 30 % аудиторных занятий.*

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами, в том числе, в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **6.1. План самостоятельной работы студентов**

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература (см. п. 7)	Количество часов
1-9	Темы указаны в таблице 4.1	подготовка к аудиторным занятиям, подготовка к зачету	Ознакомление с основными понятиями, законами. Владение основными методами решения задач по данной теме.	1-9	72

### **6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

Отчет по самостоятельной работе студентов по теоретическому материалу должен быть оформлен в виде реферата и представлен в форме доклада на лекционном или практическом занятии.

Отчет по практическим занятиям представляет собой решенные и оформленные в соответствии с правилами физические задачи с последующим их объяснением на занятии.

### **6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов**

#### ***Контроль освоения компетенций***

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Коллоквиум, проведе-	Раздел 1. Элементы квантовой теор-	ПК-3

	ние контрольной работы	рии рассеяния и квантовой теории твердого тела.	
2.	Коллоквиум, проведение контрольной работы	Раздел 2. Методы теоретического и экспериментального исследования в физике конденсированного состояния	ПК-3

### **Вопросы и задания к зачету**

1. Квантовая теория рассеяния. Упругое рассеяние частиц без спина. Метод функции Грина. Функция Грина для свободной частицы. Теория упругого рассеяния в борновском приближении. Метод парциальных волн в теории рассеяния.
2. Упругое рассеяние медленных частиц. Упругое рассеяние в кулоновском поле. Эффекты обмена при упругом рассеянии одинаковых частиц без спина. Обменные эффекты при упругом столкновении одинаковых частиц, обладающих спином.
3. Общая теория неупругого рассеяния. Рассеяние электрона на атоме без учета обмена. Теория столкновений с перераспределением частиц. Рассеяние электрона на атоме водорода с учетом обмена.
4. Матрица рассеяния. Обращение времени и детальное равновесие. Дисперсионные соотношения в теории рассеяния.
5. Когерентное и некогерентное рассеяние медленных нейтронов. Когерентное рассеяние нейтронов кристаллическим веществом. Упругое рассеяние медленных нейтронов кристаллами с учетом колебаний атомов.
6. Квантовая теория твердого тела. Геометрия кристаллической решетки. Уравнение Шредингера для кристалла. Волновая функция и энергетический спектр электрона, движущегося в периодическом поле кристалла. Одноэлектронное приближение. Заполнение энергетических зон электронами: металлы, диэлектрики, полупроводники. Эффективная масса электрона. Энергетические связанные с поверхностью. Элементарная теория ферромагнетизма. Спиновые волны. Экситонные возбуждения в молекулярных кристаллах.
7. Метод кинетического уравнения Больцмана. Рассеяние носителей заряда на примесях, тепловых колебаниях атомов кристалла, дислокациях, вакансиях.
8. Метод вторичного квантования. Вторичное квантование для систем бозонов и фермионов. Основы микроскопической теории сверхтекучести. Микроскопическая теория сверхпроводимости.
9. Взаимодействия с электромагнитными полями и потоками частиц. Виды взаимодействия электромагнитного излучения с твердым телом. Оптические константы. Поглощение света кристаллами. Рекомбинационное излучение в полупроводниках.
10. Физические свойства аморфных твердых тел. Структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Потенциалы Лифшица и Андерсона.
11. Аморфные полупроводники и их применение. Аморфные диэлектрики и металлы.
12. Методы экспериментального изучения строения вещества, его физических характеристик и фундаментальных эффектов и явлений в веществе.
13. Элементы технологии получения веществ с заданными физическими свойствами.
14. Современные теоретические представления и математические методы исследований в физике вещества.



**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение  
дисциплины «Избранные разделы физики конденсированного состояния»**

а) основная литература:

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Квантовая механика (нерелятивистская теория) т. 3. – М.: Физматлит, 2001.  
[https://e.lanbook.com/book/2380?category\\_pk=918#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/2380?category_pk=918#book_name)
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Статистическая физика. ч. 2. Теория конденсированного состояния т. 9. – М.: Физматлит, 2004.  
[https://e.lanbook.com/book/2235?category\\_pk=918#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/2235?category_pk=918#book_name)
3. Шалимова, К.В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/648> — Загл. с экрана.

б) дополнительная литература:

4. Прудников, В.В. Квантово-статистическая теория твердых тел: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Прудников, П.В. Прудников, М.В. Мамонова. — Электрон. дан. — Омск: ОмГУ, 2014. — 492 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/75409> — Загл. с экрана.
5. Алферов Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур (обзор) //ФТП – 1998. – т. 32. – №1. – С. 3 – 18. Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе <http://journals.ioffe.ru/articles/34218>
6. Берг Н. А., Гуревич С. А. и др. Создание и исследование оптических свойств квантовых проволок *InGaAs/GaAs* // ФТП – 1994. – т. 28. – №9. – С. 1605 – 1612. Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе <http://journals.ioffe.ru/articles/17961>
7. Гапоненко С. В. Оптические процессы в полупроводниковых нанокристаллитах (квантовых точках) (обзор). // ФТП – 1996. – т. 30. – №4. – С. 577 – 619. Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе <http://journals.ioffe.ru/articles/18388>
8. Пахомов А.А. Локальные электронные состояния в полупроводниковых квантовых ямах /А.А. Пахомов, К.В. Халипов, И.Н. Яссиевич // ФТП.–1996.–т.30.–№ 8.–С.1387–1394. Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе <http://journals.ioffe.ru/articles/18494>
9. Белявский В.И., Померанцев Ю.А. Фотоионизация глубоких примесных центров в структурах с квантовыми ямами.// ФТП.– 1999. – т. 33. – № 4. – С. 451 – 455. Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе <http://journals.ioffe.ru/articles/35725>

в) Интернет-ресурсы: механико-математический факультет, физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**1. Оснащенность учебных аудиторий:**

Комплект учебной мебели: парты, стол преподавательский, стулья, доска.

Проектор NEC V260X, экран Lumien Master Control, ноутбук HP Pro Book 4710s VQ738EA.

**2. Программное обеспечение:**

«Microsoft» (подписка Eopen), «Антивирус Касперского».

Рабочая программа дисциплины «Избранные разделы физики конденсированного состояния» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 «Физика».

Программу составили:

1. Грунин Александр Борисович, профессор



(Ф.И.О., должность, подпись)

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 3

от « 19 » ноября 2015 года

Зав. кафедрой «Физика»

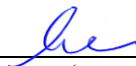


Семенов М.Б.

(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой

«Физика»



Семенов М.Б. 19.11.2015

(название кафедры)

(подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена методической комиссией факультета приборостроения, информационных технологий и электроники (ФПИТЭ)

Протокол № 4

от « 30 » ноября 2015 года

Председатель методической комиссии  
ФПИТЭ





Задера А.В.

(подпись)

(Ф.И.О.)

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год  
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных
2016-2017	№1 от 9.09.2016 г. 	Учебно-методическое и информационное обес- печение дисциплины	9		
2017-2018	№1 от 14.09.2017 г. 	Учебно-методическое и информационное обес- печение дисциплины	9		