

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Микроскопические модели в конденсированных средах М2.Б.1.2

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Физика сложных систем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Еремин М.В.

**Рецензент(ы):**

-

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 640717

Казань  
2017

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Еремин М.В. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем , Mikhail.Eremin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

- изучить основные механизмы и модели описания взаимодействия, формирующие физические свойства конденсированных сред, освоить основные приемы вывода эффективных спин-спиновых гамильтонианов и операторов взаимодействия квазичастиц.
- получить представления о существующих модельных представлениях в теории конденсированных сред и уметь пользоваться ими.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.Б.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина "Микроскопические модели в конденсированных средах" входит в группу "Ф" профессионального цикла подготовки магистров

по направлению 011200.68 - "Физика" и является необходимой для изучения в рамках магистерской программы "Физика конденсированного состояния "

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке бакалавров по направлению 011200.62 - "Физика" по курсам высшей математике из цикла

"Математический и естественнонаучный цикл", по курсам общей физики (разделы:

"Молекулярная физика", "Электричество и магнетизм",

"Атомная физика", "Физика атомного ядра и элементарных частиц"), по курсам теоретической физики (разделы: "Электродинамика",

"Квантовая механика", "Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика"), по курсу "Физика конденсированного состояния".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью порождать новые идеи (креативность)
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью организовать и планировать физические исследования.

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- современный теоретический уровень описания основных типов взаимодействий спиновых и орбитальных моментов в конденсированных средах;
- современные методы экспериментальных исследований;
- основные микроскопические модели в конденсированных средах .

2. должен уметь:

применять современные методы теоретического исследования конденсированных сред для расчетов параметров взаимодействия спинов и зарядов.

3. должен владеть:

- навыками системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- навыками анализа данных, полученных различными экспериментальными методами в области физики конденсированного состояния.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

понимать основные механизмы и модели описания взаимодей-ствия, формирующие физические свойства конденсированных сред, освоить основные приемы расчета вывода эффективных гамильтонианов спин-спиновых гамильтонианов и операторов взаимодействия квазичастиц.

-обладать теоретическими знаниями о существующих модель-ных представлениях в теории конденсированных сред и уметь пользоваться ими.

-ориентироваться в существующих приближениях и приобрести навыки в практических расчетах.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема 1. Метод						
1	Регистрационный номер 640717						

канонических преобразований в теории возмущений.

## домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Суперобменное взаимодействие	2	2-7	6	4	0	Контрольная работа
3.	Тема 3. Двойной обмен. Поляронный эффект	2	8-9	2	2	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Сверхпроводники. Теория ВКШ.	2	10-12	4	4	0	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Модели перехода металл- диэлектрик.	2	13-16	2	6	0	Контрольная работа
	Итого			16	16	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Метод канонических преобразований в теории возмущений.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Эффективные операторы, соответствующие второму и третьему порядкам теории возмущений.

### Тема 2. Суперобменное взаимодействие

#### *лекционное занятие (6 часа(ов)):*

Механизмы анти- и ферромагнитного обмена в соединениях переходных металлов.

#### *практическое занятие (4 часа(ов)):*

Модели и механизмы анизотропных обменных взаимодействий

### Тема 3. Двойной обмен. Поляронный эффект

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Двойной обмен. Поляронный эффект

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Модель двух магнитных центров с переменной валентностью. Адиабатические потенциалы

### Тема 4. Сверхпроводники. Теория ВКШ.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Взаимодействие электронов проводимости через поле фононов. Модель БКШ.

Высокотемпературные сверхпроводники

#### *практическое занятие (4 часа(ов)):*

Теорема Купера. Решение уравнения БКШ. Расчет плотности сверхпроводящего тока.

### Тема 5. Модели перехода металл- диэлектрик.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Модель Пайерлса. Модель Хаббарда. Сценарий Мотта

#### *практическое занятие (6 часа(ов)):*

Волны зарядовых плотностей. Операторы Хаббарда и их свойства. Метод функций Грина.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Метод канонических преобразований в теории возмущений.	2	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Суперобменное взаимодействие	2	2-7	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
3.	Тема 3. Двойной обмен. Поляронный эффект	2	8-9	подготовка к отчету	4	отчет
4.	Тема 4. Сверхпроводники. Теория ВКШ.	2	10-12	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
5.	Тема 5. Модели перехода металл-диэлектрик.	2	13-16	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
	Итого				40	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

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

#### Тема 1. Метод канонических преобразований в теории возмущений.

устный опрос , примерные вопросы:

Операторная форма теории возмущений.

#### Тема 2. Суперобменное взаимодействие

домашнее задание , примерные вопросы:

Рассчитать матричные элементы оператора антисимметричного обменного взаимодействия.

#### Тема 3. Двойной обмен. Поляронный эффект

отчет , примерные вопросы:

Особенности фазовой диаграммы  $\text{LaMn}_{1-x}\text{Sr}_x\text{O}_3$

#### Тема 4. Сверхпроводники. Теория ВКШ.

домашнее задание , примерные вопросы:

Найти выражение для плотности сверхпроводящего тока в приближении сильной связи.

#### Тема 5. Модели перехода металл- диэлектрик.

контрольная работа , примерные вопросы:

Диагонализация модельных гамильтонианов. Уравнения для параметра порядка.

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы:



1. Модель кинетического обменного взаимодействия
2. Механизм ферромагнитного обменного взаимодействия
3. Взаимодействие Дзялошинского-Мории
4. Двойной обмен.
5. Теорема Купера
6. Модель БКШ
8. Особенности высокотемпературных сверхпроводников.
9. Модели перехода металл-диэлектрик

### **7.1. Основная литература:**

1. Микроскопические модели в конденсированных средах. М. В. Еремин, Учебное пособие КГУ, 2011, 112с.  
[http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin\\_Posobie\\_2011.doc](http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc)
2. Абрикосов А.А. Основы теории металлов М. Физматлит. - 2010. - 600 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/2093/>
3. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика. М.: Физматлит, 2011. - 136 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/2672/>

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Квантовая теория парамагнетизма. Конспект лекций/. Малкин Б.З.// Из-во КФУ, 2006, 83 с.  
Скачать: [http://kpfu.ru/portal/docs/F800871619/quant\\_theory\\_param.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F800871619/quant_theory_param.pdf)
2. Электронный парамагнитный резонанс ионов переходных групп, Том. II / А. Абрагам, Б. Блини, Том. II, Мир, Москва, 1973, 349с

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

архив публикаций по физике - <http://xxx.lanl.gov/find/cond-mat>  
Информационный бюллетень - <http://perst.issp.ras.ru>  
Микроскопические модели ВТСП - <http://www.nano-journal.ru>  
Справочник по крист. структурам - <http://www.crystallography.net>  
Таблицы 3-j символов - <http://www.svengato.com/threej.html>  
Таблицы 6-j символов - <http://www.svengato.com/sixj.html>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Микроскопические модели в конденсированных средах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Лекционная аудитория, справочники, Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.68 "Физика" и магистерской программе Физика сложных систем .

Автор(ы):

Еремин М.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.