

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. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Теория коллективных возбуждений в конденсированных средах М2.В.1

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кочелаев Б.И.

**Рецензент(ы):**

-

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой:

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань  
2013

## **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) Кочелаев Б.И. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Boris.Kochelaev@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины " Теория коллективных возбуждений в конденсированных средах " является изучение концепции и методов описания коллективных возбуждений сильно взаимодействующих частиц в конденсированных средах и их применения для описания явлений сверхтекучести, сверхпроводимости и магнетизма.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.В.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина (М.2.Р.1) входит в вариативную (региональную) часть профессионального цикла (М.2). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: квантовая теория, статистическая физика, квантовая теория твердого тела. Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин, связанных с физикой конденсированного состояния и для успешной профессиональной деятельности.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                       | Расшифровка приобретаемой компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК-1<br>(общекультурные компетенции)   | способность демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук;                                                                                                                                                                                                                                                |
| ОК-7<br>(общекультурные компетенции)   | способность адаптироваться к изменению научного и научно- производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности;                                                                                                                                                 |
| ОК-8<br>(общекультурные компетенции)   | способность к коммуникации в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности, свободное владение русским и иностранным языками как средством делового общения;                                                                                                                                                   |
| ПК-1<br>(профессиональные компетенции) | общепрофессиональные: способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой);                                                                                                                                        |
| ПК-2<br>(профессиональные компетенции) | способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности;                                                                                                                                                                                                   |
| ПК-3<br>(профессиональные компетенции) | научно-исследовательская деятельность: способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики (в соответствии с профилем магистерской программы) и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта; |

| Шифр компетенции                       | Расшифровка приобретаемой компетенции                                                                                                       |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-7<br>(профессиональные компетенции) | способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки); |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

способы квантового описания систем многих частиц

2. должен уметь:

применять концепцию элементарных возбуждений для описания основных характеристик явлений сверхтекучести, сверхпроводимости и магнетизма

3. должен владеть:

навыками приближенного решения задачи об энергетическом спектре элементарных возбуждений

к дальнейшему обучению

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен 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 |                        |
| 1. | Тема 1. Вторичное квантование        | 2       | 1               | 4                                                        | 0                    | 0                   |                        |
| 2. | Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия | 2       | 2-3             | 8                                                        | 0                    | 0                   |                        |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля               | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|-----------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |                                               |         |                    | Лекции                                                            | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 3. | Тема 3. Магнетизм диэлектриков                | 2       | 4-5                | 8                                                                 | 0                       | 0                      |                           |
| 4. | Тема 4. Сверхпроводимость металлов            | 2       | 6-7                | 8                                                                 | 0                       | 0                      |                           |
| 5. | Тема 5. Высокотемпературная сверхпроводимость | 2       | 8                  | 4                                                                 | 0                       | 0                      |                           |
| 6. | Тема 6. Аттестация                            | 2       |                    | 0                                                                 | 0                       | 0                      |                           |
| 7. | Тема 7. Итого                                 | 2       | 1-16               | 0                                                                 | 0                       | 0                      |                           |
|    | Тема . Итоговая форма контроля                | 2       |                    | 0                                                                 | 0                       | 0                      | экзамен                   |
|    | Итого                                         |         |                    | 32                                                                | 0                       | 0                      |                           |

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Вторичное квантование

#### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Тождественность частиц. Вектор состояния в обычном представлении. Операторы рождения и уничтожения частиц. Бозоны и фермионы. Одночастичные и двухчастичные векторы состояния. Одночастичные и двухчастичные операторы в представлении вторичного квантования

### Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия

#### лекционное занятие (8 часа(ов)):

Понятие элементарного возбуждения в квантовой жидкости. Критерий сверхтекучести Ландау. Эффективный гамильтониан Боголюбова для бозонов с взаимодействиями отталкивания. Спектр элементарных возбуждений. Явление сверхтекучести.

### Тема 3. Магнетизм диэлектриков

#### лекционное занятие (8 часа(ов)):

Обменные взаимодействия атомов и спиновые корреляции в парамагнитной фазе. Спиновые волны в ферромагнетике и антиферромагнетике. Спектры элементарных возбуждений. Зависимость намагниченности от температуры.

### Тема 4. Сверхпроводимость металлов

#### лекционное занятие (8 часа(ов)):

Элементарные возбуждения в нормальном металле. Взаимодействие электронов через поле фононов. Пара Купера. Эффективный Гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера. Элементарные возбуждения, метод Боголюбова. Энергетический спектр элементарных возбуждений и сверхпроводимость. Ядерная спиновая релаксация в сверхпроводнике.

### Тема 5. Высокотемпературная сверхпроводимость

#### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Эволюция свойств оксидов меди с допированием. Основные модели в теории высокотемпературной сверхпроводимости. Поиски новых высокотемпературных сверхпроводников.

### Тема 6. Аттестация

### Тема 7. Итого

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

| N  | Раздел<br>Дисциплины                          | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|-----------------------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Вторичное квантование                 | 2       | 1                  | Подготовка к устному опросу                    | 3                         | Устный опрос                                |
| 2. | Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия          | 2       | 2-3                | Подготовка к устному опросу                    | 8                         | Устный опрос                                |
| 3. | Тема 3. Магнетизм диэлектриков                | 2       | 4-5                | Подготовка к устному опросу                    | 8                         | Устный опрос                                |
| 4. | Тема 4. Сверхпроводимость металлов            | 2       | 6-7                | Подготовка к устному опросу                    | 8                         | Устный опрос                                |
| 5. | Тема 5. Высокотемпературная сверхпроводимость | 2       | 8                  | Подготовка к устному опросу                    | 4                         | Устный опрос                                |
|    | Итого                                         |         |                    |                                                | 31                        |                                             |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции, практические занятия в группах, самостоятельная работа студента (выполнение домашних заданий), консультации.

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

### Тема 1. Вторичное квантование

Устный опрос , примерные вопросы:

Тождественность частиц. Вектор состояния в обычном представлении. Операторы рождения и уничтожения частиц. Бозоны и фермионы. Одночастичные и двухчастичные векторы состояния. Одночастичные и двухчастичные операторы в представлении вторичного квантования

### Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия

Устный опрос , примерные вопросы:

Понятие элементарного возбуждения в квантовой жидкости. Критерий сверхтекучести Ландау. Эффективный гамильтониан Боголюбова для бозонов с взаимодействиями отталкивания. Спектр элементарных возбуждений. Явление сверхтекучести.

### Тема 3. Магнетизм диэлектриков

Устный опрос , примерные вопросы:

Обменные взаимодействия атомов и спиновые корреляции в парамагнитной фазе. Спиновые волны в ферромагнетике и антиферромагнетике. Спектры элементарных возбуждений. Зависимость намагниченности от температуры.

### Тема 4. Сверхпроводимость металлов

Устный опрос , примерные вопросы:

Элементарные возбуждения в нормальном металле. Взаимодействие электронов через поле фононов. Пара Купера. Эффективный Гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера. Элементарные возбуждения, метод Боголюбова. Энергетический спектр элементарных возбуждений и сверхпроводимость. Ядерная спиновая релаксация в сверхпроводнике.

### Тема 5. Высокотемпературная сверхпроводимость

Устный опрос , примерные вопросы:

Эволюция свойств оксидов меди с допированием. Основные модели в теории высокотемпературной сверхпроводимости. Поиски новых высокотемпературных сверхпроводников.

#### **Тема 6. Аттестация**

#### **Тема 7. Итого**

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Бальная система оценки практических заданий и активности на занятиях. Итоговый контроль в форме экзамена

#### **7.1. Основная литература:**

1. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. Квазичастицы в физике конденсированного состояния, Физматлит, 2005.
2. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Теоретическая физика, т. 9. Статистическая физика. Часть 2. Теория конденсированного состояния. Физматлит, 2004 (и предыдущие издания)

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

1. Ю.А. Изюмов, В.И. Анисимов. Электронная структура соединений с сильными корреляциями. НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2008
2. А.А. Абрикосов. Основы теории металлов. Наука, 1987.
3. В.В. Вальков, С.Г. Овчинников. Квазичастицы в сильно коррелированных системах. Издательство СО РАН, Новосибирск, 2001.

#### **7.3. Интернет-ресурсы:**

методические материалы кафедры ТФ - [http://www.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8205](http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=8205)  
Новая электронная библиотека - <http://www.newlibrary.ru>  
Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>  
сайт кафедры теоретической физики - [http://www.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=5721](http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5721)  
ЭБС КнигаФонд - <http://www.knigafund.ru>

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

Освоение дисциплины "Теория коллективных возбуждений в конденсированных средах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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

Автор(ы):

Кочелаев Б.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.