

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский



» 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Коллективные возбуждения в твердых телах

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика атомов и молекул

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@kpfu.ru ; профессор-консультант Кочелаев Б.И. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Boris.Kochelaev@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-5	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-6	способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

способы квантового описания систем многих частиц

Должен уметь:

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

Должен владеть:

навыками приближенного решения задачи об энергетическом спектре элементарных возбуждений

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.Б.3 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика атомов и молекул)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Вторичное квантование	2	2	2	0	6
2.	Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия	2	2	2	0	12
3.	Тема 3. Магнетизм диэлектриков	2	4	4	0	12
4.	Тема 4. Сверхпроводимость металлов	2	4	4	0	18
	Итого		12	12	0	48

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Вторичное квантование

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

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

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

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.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Аминов Л.К., Малкин Б.З. Динамика и кинетика электронных и спиновых возбуждений в парамагнитных кристаллах - http://kpfu.ru/portal/docs/F1917339624/DynamicsSpinParamagnets_Aminov_Malkin.pdf

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модуля).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы.

Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Библиотека - E-library - Кафедра теоретической физики МФТИ -

https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/

методические материалы кафедры теоретической физики -

<http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>

Физика твердого тела - скачать и читать онлайн электронные учебники бесплатно для вузов -

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.74.6.8&p_nr=50

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов, подготовке к практическим занятиям, выполнению письменных работ, подготовке к зачету

Тема 1. Вторичное квантование

Обратить внимание на запись векторов состояния в обычном представлении. Учет квантовой статистики частиц (фермионы и бозоны), введение операторов рождения и уничтожения частиц в данном состоянии. Ввод полевых операторов рождения и уничтожения частиц в данной точке и в данном состоянии. Освоить запись одночастичных и двухчастичных операторов в представлении вторичного квантования.

Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия

При рассмотрении теории Ландау сверхтекучести жидкого гелия важно обратить внимание на предложенный Ландау энергетический спектр элементарных возбуждений (фононы и ротоны), существенным моментом которого является наличие энергетической щели в ротонной части спектра.

В микроскопической теории сверхтекучести Боголюбова продемонстрирована возможность сверхтекучести в модели слабо неидеального газа Бозе-Эйнштейна (с взаимодействиями отталкивания) с вырожденным конденсатом.

Тема 3. Магнетизм диэлектриков

Обменное взаимодействие проявляется вследствие кулоновского отталкивания электронов и принципа Паули. Параметром, характеризующим спиновые корреляции, является длина когерентности. Подчеркнем, что в парамагнитной фазе при приближении температуры к температуре Кюри длина когерентности растет, а при совпадении температур она захватывает весь кристалл, что говорит об установлении дальнего порядка.

Слабо возбужденное состояние ферромагнетика (антиферромагнетика) можно рассматривать на основе эффективного гамильтониана (представление Холстейна-Примакова) и получить энергетический спектр спиновых волн (магнонов) в ферромагнетике (антиферромагнетике).

Тема 4. Сверхпроводимость металлов

Для объяснения сверхпроводимости важным является рассмотрение спин-фононного взаимодействия и взаимодействия электронов через поле фононов.

Общая картина сверхпроводящего состояния, нестабильность нормального состояния. Гамильтониан спаривания (БКШ).

Сверхпроводящее спаривание. Пара Купера. Энергетическая щель. Нестабильность нормального состояния. Теория БКШ рассматривает гамильтониан, учитывающий исключительно притяжение между электронами с равными по величине и противоположно направленными импульсами и антипараллельными спинами, характеризуемое одной положительной константой связи g . Гамильтониан электронов в модели БКШ записывается с помощью операторов вторичного квантования.

Задача об определении основного состояния системы с таким модельным гамильтонианом, как показал Н. Н. Боголюбов, решается точно. Имеется несколько методов решения уравнений теории БКШ, среди которых эффективным является преобразование Боголюбова.

Контрольная работа по теме 1. Вторичное квантование.

При решении задач по теме 'Вторичное квантование' следует уделить внимание различию коммутационных соотношений для бозонов и фермионов и действию операторов рождения (уничтожения) на вектор основного состояния.

Контрольная работа по темам 2,4. Сверхтекучесть жидкого гелия. Сверхпроводимость металлов

Предлагаемые на этой контрольной работе задачи связаны с приведением (на основе идей Боголюбова) гамильтонианов взаимодействующих бозонов и фермионов к квадратичной форме с последующей их диагонализацией, что позволяет найти энергетический спектр.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика атомов и молекул".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.Б.3 Коллективные возбуждения в твердых телах

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика атомов и молекул
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Основная литература:

2. Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников. [Электронный ресурс] : Учебные пособия - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 624 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/71742/>
3. Прудников, В.В. Квантово-статистическая теория твердых тел. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / В.В. Прудников, П.В. Прудников, М.В. Мамонова. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 448 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/72587/>

Дополнительная литература:

1. Абрикосов, А.А. Основы теории металлов. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2010. - 600 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2093/>
2. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. [Электронный ресурс] / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2010. - 632 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/59598/>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.Б.3 Коллективные возбуждения в твердых телах

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика атомов и молекул

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.