

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



» 20 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины Физика конденсированного состояния

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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) главный научный сотрудник, д.н. (профессор) Еремин М.В. (НИЛ магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулер, Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии), Mikhail.Eremin@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
ОПК-3	Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач
ПК-2	Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Основные направления современных исследований по физике конденсированного состояния.

Должен уметь:

Уметь применять современные методы анализа магнитных и структурных свойств физики конденсированного состояния

Должен владеть:

Концепцией квазичастичных возбуждений, и современными методами расчета различных физических характеристик

Должен демонстрировать способность и готовность:

Способность проводить анализ температурных зависимостей теплоемкости, намагниченности, проводимости и динамических характеристик. Быть готовым к решению новых актуальных задач.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Физика магнитных явлений)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 56 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 28 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 70 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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	
	Тема 1. Введение. Концепция					

квазичастичных возбуждений. Методы описания

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Матричные элементы операторов рождения и уничтожения квазичастиц. Бозоны. Фермионы. Числа заполнения.	3	4	4	0	10
3.	Тема 3. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков	3	2	4	0	10
4.	Тема 4. Металлы. Приближения сильной и слабой связи.	3	2	2	0	4
5.	Тема 5. Магнитная восприимчивость металлов. Системы с тяжелыми фермионами.	3	4	4	0	5
6.	Тема 6. Температурные зависимости сдвига Найта и времени ядерной релаксации	3	2	2	0	10
7.	Тема 7. Сверхпроводники . Модель БКШ. Метод Боголюбова	3	4	4	0	10
8.	Тема 8. Сверхтекучесть . Квазичастичные возбуждения. Критерий Ландау.	3	4	4	0	10
9.	Тема 9. Модели перехода металл-диэлектрик	3	4	4	0	5
	Итого		28	28	0	70

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Концепция квазичастичных возбуждений. Методы описания

Квантование свободного электромагнитного поля. Решение уравнения для векторного потенциала в виде разложения по плоским волнам. Обобщенные координаты и обобщенные импульсы. Представление энергии в виде энергий невзаимодействующих гармонических осцилляторов. Матричные элементы обобщенных координат и импульсов .

Тема 2. Матричные элементы операторов рождения и уничтожения квазичастиц. Бозоны. Фермионы. Числа заполнения.

Вид операторов в представлении вторичного квантования. Операторы рождения и уничтожения. Симметрия волновых функций относительно перестановки частиц или квантовых чисел. Коммутационные соотношения для бозонных операторов и для операторов фермионного типа.

Примеры расчета матричных элементов. Волновые функции в представлении вторичного квантования.

Тема 3. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков

Одномерная цепочка из разных атомов. Ветви акустических и оптических колебаний. Системы со многими Колебания в трехмерных решетках. Фононы . Операторы рождения и уничтожения. Функция распределения по энергиям колебаний. Квантовая теория теплоемкости диэлектриков. Модель Эйнштейна. Температурная зависимость теплоемкости. Теория Дебая.

Тема 4. Металлы. Приближения сильной и слабой связи.

Одномерная цепочка. Операторы квазичастиц. Закон дисперсии для линейной , двумерной и трехмерной решеток . Зоны Бриллюэна. Метод расчета плотности состояний. Особенности Ван-Хова. Поверхность Ферми . Функция распределения Ферми. Графики функции распределения и её производной. Температурная зависимость теплоемкости.

Тема 5. Магнитная восприимчивость металлов. Системы с тяжелыми фермионами.

Квантовая теория магнитной восприимчивости металлов. Функция распределения. Модель узкой зоны. Решение уравнения на химический потенциал. Энергия Ферми. Парамагнетизм Паули. Системы с тяжелыми фермионами. Температурные зависимости сдвига Найта и скорости ядерной спин-решеточной релаксации . Закон Корринги.

Тема 6. Температурные зависимости сдвига Найта и времени ядерной релаксации

Модель узкой зоны. Уравнение на хим. потенциал. Температурная зависимость сдвига Найта и ядерной спин-решеточной релаксации. Квантовая теория магнитной восприимчивости металлов. Функция распределения. Модель узкой зоны. Решение уравнения на химический потенциал. Энергия Ферми. Парамагнетизм Паули. Системы с тяжелыми фермионами. Температурные зависимости сдвига Найта и ядерно спин-решеточной релаксации

Тема 7. Сверхпроводники . Модель БКШ. Метод Боголюбова

Куперовские пары. Аномальные средние. Уравнение Бардина Купера Шриффера.

Диагонализация модели БКШ методом Боголюбова. Боголюбоны. Типы спаривания. Механизмы спаривания. Высокотемпературные сверхпроводники. Слоистые купраты. Типы носителей. Электронные и дырочные сверхпроводники. Уранения братьев Лондон. Плотность всерхпроводящего тока.

Тема 8. Сверхтекучесть . Квазичастичные возбуждения. Критерий Ландау.

Бозе-Эйнштейновская конденсация. Критерий перехода систем в квантовое состояние. Теория теплоемкости. Коллективные возбуждения в гелии. Метод для расчета спектра коллективных возбуждений. Теория Боголюбова. Критерий сверхтекучести Ландау. Ротоны. Конденсация легких атомов. Методы наблюдения конденсации.

Тема 9. Модели перехода металл-диэлектрик

Сценарии перехода металл-диэлектрик. Сценарий Мотта. Сценарий Плейерлса. Волны зарядовых плотностей. Диагонализация гамилтониана путем решения уравнений движения для квазичастичных операторов. Модель Хаббарда. Фазовая диаграмма высокотемпературных сверхпроводников. Волны спиновых плотностей.

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 №14-55-996нин/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

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 (модулю).

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 З++ - 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)

Еремин Микроскопические модели в конд. средах -

<http://kpfu.ru/physics/elektronnye-materialy/uchebnye-i-metodicheskie-materialy/metodicheskie-posobiyap://www.twirpx.com/file>

Курс теоретической физики Ландау и Лифшица - <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/111933>

методические пособия - <http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodiches>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Овладеть методом вторичного квантования. Он используется для решения широкого круга задач. Выделить основные модели в теории обменного взаимодействия. Осознать, что основные состояния ионов в кристаллах могут быть качественно угаданы на основе закона Кулона. Обратить внимание на физическую интерпретацию излагаемого материала.
практические занятия	Научиться составлять и решать уравнения движения для операторов рождения и уничтожения квазичастиц в представлении Гейзенберга. Полезно проиллюстрировать механизмы взаимодействий диаграммами. Представить распределение электронных плотностей в виде рисунков с указанием фазы соответствующих волновых функций.
самостоятельная работа	При освоении материала пропущенные вычисления в учебных руководствах желательно провести. Особое внимание обратить на физическое содержание моделей, лежащих в основе теории сверхпроводимости (модель Купера Бардина Шраффера и моделей перехода металл-диэлектрик. Уметь коротко рассказать основное содержание прочитанного раздела .
экзамен	Подготовиться к ответам на следующие вопросы : 1. Квантование свободного электромагнитного поля. 2. Операторы рождения и уничтожения фотонов. 3. Спонтанное и вынужденное излучения. 4. Фононы. Одномерная цепочка с двумя атомами в элементарной ячейке. 5. Сверхтекучесть . Критерий Ландау. 6. Метод Боголюбова 7. Металлы. Приближение сильной связи . 8. Задача Купера . Куперовские пары. 9. Модель БКШ. Уравнение на параметр прядка. 10. Метод Боголюбова в теории сверхпроводимости. Боголюбоны. 11. Сценарий Пайерлса. Волны зарядовых плотностей. 12. Модель Хаббарда. Квазичастичные операторы. 13. Критические параметры высокотемпературных сверхпроводников. 14. Модели и механизмы высокотемпературной сверхпроводимости. 15. Диамагнетизм Ландау

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.

Специализированная лаборатория.

Специализированная лаборатория.

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 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе "Физика магнитных явлений".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.4 Физика конденсированного состояния*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Основная литература:

1. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев; Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф теорет. физики.-[2-е изд., перераб., доп. и испр.].-Казань: [Казанский университет], 2013.-222 с.
2. Еремин, М.В. Микроскопические модели в конденсированных средах / М.В.Еремин // - Казань, Казанский университет. - 2011. -111 с. http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc . Отредактирован в 2014 году: <http://www.twirpx.com/file/1473991/>
3. 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/>

Дополнительная литература:

1. Абрагам, А. Электронный парамагнитный резонанс ионов переходных групп , Том.2 [Текст] / А. Абрагам, Б. Блини - М.: Мир, 1973. -349с.
 2. Зарипов, М.М. Основы теории спектров электронного парамагнитного резонанса в кристаллах : курс лекций / М. М. Зарипов Казань : Казанский государственный университет, 2009 . 212 с.
 3. Абрикосов, А.А. Основы теории металлов. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2010. - 600 с.
- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2093/>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.4 Физика конденсированного состояния

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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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.