

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

Методы квантовой теории поля в статистической физике

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния

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) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@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-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

диаграммную технику метода функций Грина

Должен уметь:

применять этот метод к физике конденсированного состояния

Должен владеть:

навыками вычисления (в рамках диаграммной техники) различных свойств конденсированных систем

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.2 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика конденсированного состояния)" 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 46 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 62 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 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	
1.	Тема 1. Основные положения.	3	4	0	0	6

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Гриновские функции при нулевой температуре.	3	14	8	0	22
3.	Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.	3	4	4	0	11
4.	Тема 4. Теория линейного отклика.	3	2	2	0	4
5.	Тема 5. Неравновесные функции Грина.	3	3	4	0	10
6.	Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.	3	1	0	0	9
	Итого		28	18	0	62

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Основные положения.

Пропагатор: определение и свойства. Интегралы по траектории (функциональные интегралы). Теория возмущений для пропагатора: общий формализм и пример - потенциальное рассеяние.

Тема 2. Гриновские функции при нулевой температуре.

Определение функций Грина многочастичной системы. Аналитические свойства гриновских функций. Запаздывающая и опережающая функции Грина. Гриновская функция и наблюдаемые. Теория возмущений (диаграммы Фейнмана). Вывод правил Фейнмана. Теоремы Вика и сокращения. Операции с диаграммами. Собственно-энергетическая часть (функция). Уравнение Дайсона. Перенормировка взаимодействия. Поляризационный оператор. Многочастичные гриновские функции. Уравнения Бете-Солпитера. Вершинная часть (функция).

Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.

Статистический оператор (матрица плотности). Уравнение Лиувилля. Определение и аналитические свойства гриновских функций. Уравнение Блоха. Температурная (мацубаровская) функция Грина. Ряды возмущений и диаграммная техника для температурных функций Грина.

Тема 4. Теория линейного отклика.

Формулы Кубо. Флуктуационно-диссипативная теорема.

Тема 5. Неравновесные функции Грина.

Неравновесная причинная функция Грина: определение. Контурное упорядочение и три дополнительные неравновесные гриновские функции. Формализм Келдыша. Уравнения Дайсона для неравновесных функций Грина. Квантовое кинетическое уравнение. Приложение: электропроводность квантовых точечных контактов. Метод туннельного гамильтониана.

Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.

Введение: общая картина сверхпроводящего состояния, нестабильность нормального состояния, гамильтониан спаривания (БКШ). Функции Грина сверхпроводника: формализм Намбу-Горькова. Матричная структура теории. Элементы теории сильной связи. Уравнения Горькова для гриновских функций. Токопроводящее состояние сверхпроводника. Разрушение током сверхпроводимости. Андреевское отражение.

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

Тагиров Л.Р., Кочелаев Б.И., Дёминов Р.Г., Усеинов Н.Х. Приложения двухвременных термодинамических функций Грина в физике твердого тела (Конспект лекций на английском языке). -

http://kpfu.ru/portal/docs/F237569143/Application_of_Green_functions.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 (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 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)

Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека - <http://window.edu.ru/library>

Кафедра квантовой статистики и теории поля МГУ. Библиотека - <http://statphys.nm.ru/biblioteka.html>

Лаборатория теоретической физики Института электрофизики - <http://sadvovski.iiep.uran.ru/RUSSIAN/LTF/index.htm>

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

Метод туннельного гамильтониана.

Приближение туннельного гамильтониана было впервые введено Оппенгеймером в 1928 г. и затем обобщено Бардином в 1961 г. на твердотельные структуры. Такое приближение объясняется тем фактом, что в обычной туннельной структуре с низкой прозрачностью барьеров возникает близкая к единице вероятность отражения от барьера. Это означает, что слева от барьера электронные волны являются скорее стоячими, чем бегущими, тоже самое происходит и справа от барьера. Можно считать, что энергетический барьер разделяет систему на две почти независимые части и слабое взаимодействие между ними может трактоваться как возмущение. Однако возникает естественный вопрос о способе введения такого слагаемого в гамильтониан, чтобы он обеспечивал существование туннельного тока. Интерес к приближению туннельного гамильтониана связан с тем, что такое приближение дает правильный рецепт учета плотности состояний в результирующий туннельный ток.

Действительно, если бы был известен матричный элемент перехода M , тогда вероятность переходов в единицу времени определялась бы по золотому правилу Ферми.

Использование неравновесных функций Грина в методе туннельного гамильтониана.

Квантовое кинетическое уравнение.

Используется определение двухкомпонентной неравновесной функции Грина, заданной на нижней и на верхней части контура Келдыша. Действуем на каждую из компонент оператором дифференцирования по времени. Производя операцию усреднения можно прийти к уравнению Каданова и Бейма. Для установления связи с кинетическим уравнением вводятся суммарные и относительные переменные по времени и в пространстве. Осуществляя градиентное разложение и переход по относительным координатам в импульсное представление, а по разности времен в частотное (энергетическое) представление, приходим к квантовому кинетическому уравнению Больцмана для функций Грина.

Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости

Функции Грина сверхпроводника: формализм Намбу-Горькова.

Основное удобство представления Горькова-Намбу заключается в том, что при работе с матричными величинами относительные знаки различных диаграмм, содержащих функции F и G автоматически получаются правильными. Кроме того, матричная запись весьма компактна. В частности, матричный формализм весьма удобен при расчете отклика сверхпроводника на внешнее электромагнитное поле.

Письменное домашнее задание

Используя низжайший порядок в поляризационном операторе рассмотреть экранирование кулоновского взаимодействия металле.

Рассматривая экранирование кулоновского взаимодействия в рамках низжайшего порядка в поляризационном операторе, необходимо расписать соответствующее этой диаграмме аналитическое выражение и получить в статическом приближении экранированный потенциал. Вначале выполнить интегрирование по частотам, а затем по импульсам.

Контрольная работа 1.

Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае фермионов как в координатном, так и в импульсном представлении.

Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае бозонов (фононов) как в координатном, так и в импульсном представлении.

При нахождении невозмущенной функции Грина (функции Грина свободной частицы) необходимо иметь в виду, что речь идет о нахождении причинной функции Грина как в координатном, так и в импульсном представлении. Кроме того важным, разумеется, является различие коммутационных соотношений для фермионов и бозонов (фононов). При нулевой температуре фононов в основном состоянии нет.

Получить представление Челлена-Лемана для функции Грина в импульсно-частотном представлении.

Аналогичные соображения необходимо применять и при нахождении представления Челлена-Лемана для причинной функции Грина в импульсно-энергетическом представлении.

Для скалярного электрон-электронного взаимодействия нарисовать все диаграммы в первом порядке по возмущению. Выделить среди них топологически неэквивалентные связанные диаграммы.

Использовать правила Фейнмана при построении диаграмм. Отделить несвязные диаграммы. Среди связанных диаграмм оставить только топологически неэквивалентные диаграммы. Таких диаграмм будет две.

Контрольная работа 2.

Проверить, удовлетворяет ли данное приближение для запаздывающей функции Грина $G=Z/(w-(e-m)-S)$ соотношениям Крамерса-Кронига и правилу сумм.

Использовать соотношения Крамерса-Кронига и правило сумм для запаздывающей функции Грина.

Получить выражение для электрической проводимости в рамках теории линейного отклика (формула Кубо).

Последовательно применяя метод функций Грина можно получить выражение для электропроводности в линейном приближении. Соответствующая формула носит название формулы Кубо.

Письменное домашнее задание

Получить выражение для электрической проводимости квантовых точечных контактов.

На основе метода неравновесных функций Грина (метода Келдыша) можно получить выражение для плотности тока через квантовый точечный контакт, а, следовательно, и выражение для электропроводности этого контакта. Существенным моментом является квантование кондактанса (величины, обратной сопротивлению).

Показать, что выражение для сверхпроводящего тока удовлетворяет закону сохранения заряда.

Использовать преобразование Боголюбова, затем уравнения Боголюбова-де Жена, и, наконец, уравнение для параметра порядка (условие самосогласованности).

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.

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 конденсированного состояния".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.2 Методы квантовой теории поля в статистической
физике

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Основная литература:

1. Тагиров, Л.Р. Applications of double-time thermodynamic Green functions to solid state physics. Конспект лекций. [Электронный ресурс] / Л.Р. Тагиров, Б.И. Кочелаев, Р.Г. Деминов, Н. Х. Усеинов. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012.-101 с. - Режим доступа: http://kpfu.ru/docs/F237569143/Application_of_Green_functions.pdf
2. Прудников, В.В. Квантово-статистическая теория твердых тел. [Электронный ресурс] / В.В. Прудников, П.В. Прудников, М.В. Мамонова. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 448 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72587>

Дополнительная литература:

1. Борисёнок, С.В. Квантовая статистическая механика. [Электронный ресурс] / С.В. Борисёнок, А.С. Кондратьев. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2011. - 136 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2672>
2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.9 Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2004. - 496 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2235>
3. Ландау, Л.Д. Теретическая физика. Т.Х. Физическая кинетика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2002. - 536 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2692>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.2 Методы квантовой теории поля в статистической
физике

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 конденсированного состояния
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.