

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

Методы квантовой теории поля в статистической физике Б1.В.ДВ.2

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика сложных систем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Деминов Р.Г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6142717

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) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. Кафедра теоретической физики Отделение физики, Raphael.Deminov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Методы квантовой теории поля в статистической физике" являются изучение основ и приложения диаграммной техники метода функций Грина к физике конденсированного состояния - нормальным и сверхпроводящим системам в равновесном и неравновесном состояниях

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.2 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.02 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина входит в базовую часть общенаучного цикла. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: квантовая механика, статистическая физика, квантовая теория твердого тела. Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплины "Теоретические основы спинтроники" и других дисциплин, связанных с физикой конденсированного состояния, в частности, с физикой низкоразмерных систем.

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 к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-1 (профессиональные компетенции)	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-2 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью руководить научно-исследовательской деятельностью обучающихся младших курсов в области физики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

диаграммную технику метода функций Грина

2. должен уметь:

применять этот метод к физике конденсированного состояния

3. должен владеть:

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

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 3 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. Основные положения.	3	1-2	4	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Гриновские функции при нулевой температуре.	3	3-9	14	8	0	Контрольная работа Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.	3	10-11	4	4	0	Письменное 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	
4.	Тема 4. Теория линейного отклика.	3	12	2	2	0	Контрольная работа
5.	Тема 5. Неравновесные функции Грина.	3	13-14	3	4	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.	3	15-16	1	0	0	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	Экзамен
	Итого			28	18	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные положения.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

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.

лекционное занятие (14 часа(ов)):

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).

практическое занятие (8 часа(ов)):

Решение задач по данному разделу. Контрольная работа. 1. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае фермионов. 2. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае бозонов (фононов). 3. Получить представление Челлена-Лемана для функции Грина в импульсно-частотном представлении.

Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

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.

практическое занятие (4 часа(ов)):

1. Получить обобщенное представление Челлена-Лемана при конечной температуре. 2. Получить правило сумм для запаздывающей функции Грина.

Тема 4. Теория линейного отклика.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Формулы Кубо. Флуктуационно-диссипативная теорема.

практическое занятие (2 часа(ов)):

контрольная работа. 1. Получить выражение для электрической проводимости в рамках теории линейного отклика (формула Кубо).

Тема 5. Неравновесные функции Грина.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

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.

практическое занятие (4 часа(ов)):

1. Получить квантовое кинетическое уравнение. 2. Получить выражение для электрической проводимости квантовых точечных контактов.

Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

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.

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. Основные положения.	3	1-2	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
2.	Тема 2. Гриновские функции при нулевой температуре.	3	3-9	подготовка домашнего задания	20	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
3.	Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.	3	10-11	подготовка домашнего задания	11	домашнее задание
4.	Тема 4. Теория линейного отклика.	3	12	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Неравновесные функции Грина.	3	13-14	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
6.	Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.	3	15-16	подготовка к устному опросу	9	устный опрос
	Итого				62	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курсы лекций и практических занятий, организованные по стандартной технологии

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

Тема 1. Основные положения.

устный опрос , примерные вопросы:

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

домашнее задание , примерные вопросы:

Экранирование заряда в металле. Плазменные колебания в металле

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае фермионов.
2. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае бозонов (фононов).
3. Получить представление Челлена-Лемана для функции Грина в импульсно-частотном представлении.

Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.

домашнее задание , примерные вопросы:

Ряды возмущений и диаграммная техника для температурных функций Грина.

Тема 4. Теория линейного отклика.

контрольная работа , примерные вопросы:

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

устный опрос , примерные вопросы:

Формулы Кубо. Флуктуационно-диссипативная теорема.

Тема 5. Неравновесные функции Грина.

домашнее задание , примерные вопросы:

Вопрос 1. Приложение: электропроводность квантовых точечных контактов. Вопрос 2. Метод туннельного гамильтониана. Вопрос 3. Квантовое кинетическое уравнение.

Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.

устный опрос , примерные вопросы:

Вопрос 1. Уравнения Горькова для гриновских функций. Вопрос 2. Токопроводящее состояние сверхпроводника. Разрушение током сверхпроводимости.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

текущий контроль, итоговый контроль в форме экзамена

БИЛЕТЫ К ЭКЗАМЕНАМ

1. Пропагатор: определение и свойства.
2. Интегралы по траектории (функциональные интегралы).
3. Теория возмущений для пропагатора: общий формализм и пример - потенциальное рассеяние.
4. Определение функций Грина многочастичной системы. Аналитические свойства гриновских функций.
5. Запаздывающая и опережающая функции Грина. Гриновская функция и наблюдаемые.

6. Теория возмущений (диаграммы Фейнмана). Вывод правил Фейнмана.
7. Теоремы Вика и сокращения.
8. Операции с диаграммами. Собственно-энергетическая часть (функция). Уравнение Дайсона.
9. Перенормировка взаимодействия. Поляризационный оператор.
10. Многочастичные гриновские функции. Уравнения Бете-Солпитера. Вершинная часть (функция).
11. Статистический оператор (матрица плотности). Уравнение Лиувилля. Определение и аналитические свойства гриновских функций. Уравнение Блоха.
12. Температурная (мацубаровская) функция Грина. Ряды возмущений и диаграммная техника для температурных функций Грина.
13. Формулы Кубо. Флуктуационно-диссипативная теорема.
14. Неравновесная причинная функция Грина: определение. Контурное упорядочение и три дополнительные неравновесные гриновские функции.
15. Формализм Келдыша. Уравнения Дайсона для неравновесных функций Грина.
16. Квантовое кинетическое уравнение. Приложение: электропроводность квантовых точечных контактов.
17. Метод туннельного гамильтониана.
18. Функции Грина сверхпроводника: формализм Намбу-Горькова.
19. Матричная структура теории. Элементы теории сильной связи.
20. Уравнения Горькова для гриновских функций.
21. Токотводящее состояние сверхпроводника. Разрушение током сверхпроводимости.

7.1. Основная литература:

- Основы физики конденсированного состояния, Петров, Юрий Васильевич, 2013г.
2. Тагиров Л.Р. Кочелаев Б.И. Деминов Р.Г. Усеинов Н. Х. Applications of double-time thermodynamic Green functions to solid state physics. Конспект лекций.- Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012.-101 с.
http://kpfu.ru/docs/F237569143/Application_of_Green_functions.pdf
 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:

- Квантовая физика и строение материи, Фок, Владимир Александрович, 2013г.
2. Кашурников В.А., Красавин А.В. Численные методы квантовой статистики. М. Физматлит. 2010. - 628 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2197/>

7.3. Интернет-ресурсы:

- 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.iep.uran.ru/RUSSIAN/LTF/index.htm>
Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика. Часть 2. М.: Физматлит, 2004. - <http://www.knigafund.ru/books/87567>

Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Физматлит, 2007 -
<http://www.knigafund.ru/books/87568>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Методы квантовой теории поля в статистической физике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе Физика сложных систем .

Автор(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. _____

"__" _____ 201__ г.