

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

«_____» _____ 2011 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовополевые методы в статистической физике»

Магистерская программа 010700.68

«Теоретическая и математическая физика»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *магистр*

Курс 5, семестр 9, 10

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:

Плакида Николай Максимилианович,
профессор кафедры теоретической физики _____

(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом магистерской программы «Теоретическая и математическая физика» **010700.68 ФИЗИКА**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

Протокол заседания _____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / Фурсаев Д.В. /
профессор (подпись)

Рецензент:

(Фамилия, имя, отчество)

(ученая степень, звание)

(должность, кафедра или иное подразделение, организация)

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕИН

доцент

«____» _____ 20__ г.

_____ /Деникин А. С. /
(подпись)

Руководитель библиотечной системы _____ / Черепанова В.Г. /
(подпись) (ФИО)

1. Требования ГОС ВПО

Относится к дисциплинам по выбору цикла СД(М). Знания, умения и навыки определяются ООП ВУЗа.

2. Аннотация

Программа дисциплины «Квантовополевые методы в статистической физике» составлена в соответствии с ГОС ВПО магистерской программы 010700.68 «**Теоретическая и математическая физика**». Дисциплина «Квантовополевые методы в статистической физике» входит в цикл специальных дисциплин магистерской подготовки (СДМ).

Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Изучение дисциплины «Квантовополевые методы в статистической физике» опирается на курсы «Статистическая физика», «Квантовая теория поля», «Физика твердого тела». Полученные знания необходимы студентам при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Формы работы студентов

При изучении курса «Квантовополевые методы в статистической физике» студенты должны прослушать лекции, а также проделать необходимую самостоятельную работу. Для самостоятельной работы студенты используют рекомендуемую научно-учебную литературу.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме решения домашних задач. Для самостоятельной работы студенты используют лекционный курс, общедоступные монографии и ряд статей из обзорных журналов.

Виды текущего контроля

Текущий контроль усвоения студентами полученных знаний осуществляется в виде опросов и обсуждения решения предложенных задач. Текущий контроль проводится, чтобы установить степень усвоения студентами лекционного материала, а также проверить их навыки в решении конкретных задач.

Форма промежуточного контроля

Зачет по теоретической части и по задачам, экзамен.

3. Цели и задачи дисциплины

Целью курса «Квантовополевые методы в статистической физике» является изучение концепций и методов современной теории квантованных полей, используемых в статистической физике и теории твердого тела. Задача курса — разъяснить студенту физическую основу вводимых концепций, дать четкие формулировки конкретных задач статистической физики и методов их решений.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки)

В результате изучения курса с «Квантовополевые методы в статистической физике» студент должен **знать** основы квантовой теории твердого тела, основы сверхпроводимости металлов,

флуктуационную теорию фазовых переходов, **уметь** составлять уравнения для описания конкретных физических систем, **владеть** методом термодинамических функций Грина, методом ренормгруппы и ϵ -разложением, применять эти методы в задачах статистической физики.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Вид занятий	Всего часов	9-й семестр	10-й семестр
Общая трудоемкость	100	54	54
Аудиторные занятия:	60	34	26
Лекции	60	34	26
Семинары			
Самостоятельная работа:	40	20	20
Промежуточная аттестация		Зачет, Экзамен	Экзамен

6. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Лекции (час.)	Семинары	Самост. работа
	<i>Семестр 9</i>			
1	Корреляционные функции в статистической физике	4		2
2	Метод термодинамических функций Грина	4		2
3.	Метод ФГ в динамике кристаллической решетки.	4		4
4.	Электронный газ в металлах	4		2
5.	Сверхпроводимость металлов	4		2
6.	Спиновые возбуждения	4		2
7.	Критические явления.	6		4
8.	Скейлинг и критические индексы	4		2
	<i>Семестр 10</i>			
9.	Флуктуационная теория фазовых переходов	6		5
10.	Ренормгруппа и ϵ -разложение	6		5
11.	Динамический скейлинг	6		5
12.	Конформная теория фазовых переходов	8		5

Содержание разделов дисциплины

Корреляционные функции в статистической физике

Равновесные корреляционные функции в представлении вторичного квантования. Вычисление термодинамических потенциалов. Временные корреляционные функции и сечения рассеяния нейтронов (электронов) в конденсированных средах.

Метод термодинамических функций Грина

Теория линейной реакции на внешнее возмущение, связь с двухвременными термодинамическими функциями Грина (ФГ). Определение запаздывающих, опережающих и причинных ФГ. Спектральные представления, правила суммы свойства симметрии ФГ. Цепочка уравнений для ФГ. Вывод уравнения Дайсона в методе проектирования для ФГ. Массовый оператор как неприводимая многочастичная ФГ. Квазичастицы.

Метод ФГ в динамике кристаллической решетки

Динамика решетки в гармоническом приближении. Фононы как кванты бозонного поля. Взаимодействие фононов, массовый оператор. Спектр колебаний решетки с примесями. Резонансные и локальные моды.

Электронный газ в металлах

Вырожденный электронный газ в металлах. Учет кулоновского взаимодействия в методе ФГ в приближение Хартри-Фока и случайных фаз. Сильные электронные корреляции. Модель Боголюбова -- Хаббарда. Одноэлектронные ФГ в модели.

Сверхпроводимость металлов

Модель Бардина-Купера-Шриффера (БКШ) и электрон-фононная модель. Метод ФГ в теории сверхпроводимости. Уравнения Горького и Элиашберга. Квазичастицы Боголюбова.

Спиновые возбуждения

Спиновая модель Гейзенберга. Спектр спиновых волн и фазовый переход в ферромагнетике. Спектр спиновых волн в антиферромагнетике.

Критические явления

Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовые диаграммы. Критерии существования фазовых переходов. Аргументы Ландау-Пайерлса. Поведение термодинамических величин в окрестности критической точки. Критические индексы. Спонтанное нарушение симметрии. Параметр порядка. Примеры фазовых переходов в моделях Изинга и решеточного газа. Нарушение непрерывной симметрии. Теорема Голдстоуна. Фазовый переход Костерлица-Таулеса

Флуктуационная теория фазовых переходов

Теория среднего поля Кюри-Вейсса. Теория Ландау. Теория среднего поля для корреляционных функций. Поправки к теории Ландау. Влияние флуктуаций. Пределы применимости теории среднего поля и теории Ландау. Критерий Гинзбурга. Верхняя критическая размерность.

Гипотеза подобия и универсальность

Пространственная ренормгруппа Каданова на примере модели Изинга. Общая теория скейлинга. Скейлинговое поведение свободной энергии. Связь собственных значений ренорм-группы и критических экспонент. Существенные и несущественные собственные значения. Скейлинг корреляционных функций. Скейлинговые операторы и скейлинговые размерности. Критические амплитуды.

Ренорм-группа и ϵ -разложение

Гипотеза операторного разложения. Пертурбативная ренормгруппа. Модель Изинга в размерности $4-\epsilon$. Гауссова устойчивая точка. Устойчивая точка Вильсона-Фишера. Вычисление критических экспонент в первом порядке теории возмущений. Логарифмические поправки в $d=4$. $O(n)$ модель около 4-х измерений. Кубическое нарушение симметрии. Ренормгруппа в окрестности нижней критической размерности. Анализ XU и $O(n)$ моделей в размерности $2+\epsilon$. Критическое поведение около границ. Ренормгрупповой подход к неупорядоченным системам. Критерий Харриса.

Динамический скейлинг

Модели критической динамики. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Гауссова модель. Глауберова динамика. Основы динамического скейлинга. Формализм функционала отклика. Примеры

различных классов универсальности критической динамики.

Конформная теория фазовых переходов

Конформные преобразования. Следствия конформной симметрии для вида корреляционных функций. Тензор энергии-импульса. Алгебра Вирасоро. Конформный бутстрап. Минимальные модели.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Квасников И.А.** Термодинамика и статистическая физика: Учебное пособие для вузов. Т.4 : Квантовая статистика - М.: КомКнига, 2005. - 352с.: ил. - (Классический университетский учебник). -

2. **Д.Н. Зубарев**, УФН, том 71, N 1, стр.71. Двухвременные функции Грина в статистической физике.

3. **Зубарев Д.Н.** Статистическая механика неравновесных процессов. Т.1-2 / Зубарев Дмитрий Н., Морозов Владимир Г., Репке Герд; Пер.с англ. А.Г.Башкирова, И.В.Морозова под ред. В.Г.Морозова. - М.: Физматлит, 2002.

4. **Абрикосов А.А.** Методы квантовой теории поля в статистической физике / Абрикосов Алексей Алексеевич, Горьков Лев Петрович, Дзялошинский Игорь Ехиельевич; Ред. К.П.Гуров. - М.: Физматгиз, 1962.

5. **Бэкстер Р.** Точно решаемые модели в статистической механике / Бэкстер Родни; Пер.с англ. Е.П.Вольского, Л.И.Дайхина; Под ред. А.М.Бродского. - М.: Мир, 1985. - 488с.: ил. - Лит.:с.471.-Предм.указ.:с.479.

6. **А.Б. Замолотчиков, Ал. Б. Замолотчиков**, Конформная теория поля и критические явления в двумерных системах. – М.: Издательство МЦНМО, 2009.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7. **Н.Н. Боголюбов**, Лекции по квантовой статистике. Избранные труды в 12 томах, том VI, – М.: «Академкнига», 2006.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийный проектор

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Вопросы к экзамену по курсу

«Квантово-полевые методы в статистической физике»:

1. Равновесные корреляционные функции. Вычисление свободной энергии.
2. Временные корреляционные функции. Спектральные представления. Рассеяние частиц в конденсированных средах. Формула Ван Хове.
3. Теория линейной реакции. Формула Кубо.
4. Двухвременные термодинамические функции Грина. Определения. Спектральные представления. Правила сумм. Свойства симметрии.
5. Функции Грина идеального ферми-бозе газа. Уравнение Дайсона. Массовый оператор. Квазичастицы
6. Метод ФГ в динамике кристаллической решетки. ФГ гармонической решетки. Затухание фононов. Локальные и резонансные колебания.
7. Вырожденный электронный газ в металлах. Диэлектрический формализм. Приближение Хартри-Фока. Корреляционная энергия. ФГ в приближении случайных фаз. Спектр возбуждений в приближении Хартри-Фока и случайных фаз. Корреляционная энергия.
8. Сильные электронные корреляции. Модель Боголюбова-Хаббарда. Кинематическое взаимодействие. ФГ в модели Хаббарда.
9. Кинетика электронов в металле. Метод функции релаксации. Тензор проводимости. Электрон-фононное и примесное рассеяние.
10. Модель сверхпроводимости БКШ. Функции Грина в модели БКШ. $(u-v)$ преобразование и квазичастицы Боголюбова. Электрон-фононная модель сверхпроводимости.
11. Ферромагнитная модель Гейзенберга. ФГ и спектр спиновых волн.