**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Диаграммные методы в статистической физике

Diagram Methods in Statistical Physics

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: 000548

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Формирование у обучающихся представления о полевом описании сложных физических систем.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Обучающиеся должны знать теоретическую и квантовую механику, классическую электродинамику, статистическую физику в рамках соответствующих общих курсов, а также владеть основами практического ее применения к задачам.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Прослушав курс, обучающиеся должны:

- уметь строить и использовать диаграммные разложения произвольных полевых теорий,

-знать принципы построения вириального, высоко- и низко-температурных разложений,

- знать основы описания процессов Бозе-конденсации, сверхтекучести и сверхпроводимости.  
**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Семинары, предэкзаменационная консультация, промежуточная аттестация - экзамен.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | | под руководством преподавателя | | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | | | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 8 | 24 | 20 | | 2 |  |  | |  |  |  | | 2 | |  |  | |  |  | | |  | 24 | |  | 24 | 2 |
|  | 2-15 | 2-15 | | 2-15 |  |  | |  |  |  | | 2-15 | |  |  | |  |  | | |  | 1-1 | |  |  |  |
| ИТОГО | 24 | 20 | | 2 |  |  | |  |  |  | | 2 | |  |  | |  |  | | |  | 24 | |  |  | 2 |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | | | Формы текущего контроля успеваемости | | | | | | | | Виды промежуточной аттестации | | | | | | | | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | | | | | | |
| Формы | | | | Сроки | | | | Виды | | | | | Сроки | | | | Виды | | | Сроки | | | |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 8 | | |  | | | |  | | | | экзамен, устно, традиционная форма | | | | | по графику промежуточной аттестации | | | |  | | |  | | | |

Наполняемость групп обучающихся – 2-10 студентов

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий |
| 1 | Введение. Равновесное распределение Гиббса. Статистическая сумма газа. | лекции |
| семинар |
| 2 | Понятие о функциональном интеграле. Функциональные интегралы в статистической физике. Полевые переменные в классической статистической физике, базовое действие. Вторичное квантование, операторы поля. Представление статистического оператора функциональным интегралом. | лекции |
| семинар |
| 3 | Теория возмущений. Итерационное решение уравнений в виде древесных диаграмм. Производящий функционал полных функций Грина. Теорема Вика. Функциональные пространства функциональных интегрирований. Производящий функционал корреляционных функций, сокращение вакуумных петель. Производящий функционал связных функций Грина. | лекции |
| семинар |
| 4 | Пропагаторы и вершины диаграммных разложений. Симметричные коэффициенты диаграмм. Пропагаторы температурных функций Грина, мацубаровские частоты. Сокращение вакуумных петель. 1-я теорема Майера. | лекции |
| семинар |
| 5 | Стохастические уравнения Ланжевена. Диаграммная техника Уальда. Уравнение Фоккера-Планка. Условия соответствия стохастического уравнения равновесной статике. | лекции |
| семинар |
| 6 | Производящий функционал корреляционных функций в динамических системах. MSR формализм, диаграммная техника. Доопределение функциональных детерминантов. Типовые расчеты: изобразить в m-м порядке диаграммы (связные, 1-неприводимые диаграммы) для парной (тройной, четверной ) корреляционной функции теории со взаимодействием произвольного вида. | лекции |
| семинар |
| 7 | Майеровская диаграммная техника и ее связь с квантово-полевой. Суперпропагатор. Представление статсуммы через связные диаграммы. Производящие свойства статсуммы. 2-я теоремы Майера. Вириальные разложения, вириальные коэффициенты. Условия применимости вириальных разложений. Типовые расчеты. | лекции |
| семинар |
| 8 | Решеточные модели. Модели ферромагнетика Изинга и Гайзенберга. Высокотемпературное разложение в модели Изинга. Связь его с квантово-полевым. Суперпропагатор. Фазовый переход в магнетике. Низкотемпературное разложение. Основное состояние, решеточный газ. Нефизические особенности рядов, апроксиманты Паде. | лекции |
| семинар |
| 9 | Статсумма, свободная энергия, восприимчивость и корреляционные функции. Высокотемпературные оценки параметров перехода. Вириальное разложение на решетке. | лекции |
| семинар |
| 10 | Функциональные методы квантовой теории поля. Метод стационарной фазы. Квазиклассика и низкотемпературное разложение. Функциональные уравнения Швингера. Первое преобразование Лежандра. | лекции |
| семинар |
| 11 | Предэкспонента, детерминант и «одетый» пропагатор. Разложение по петлям. Уравнения самосогласования. 1-неприводимые функции Грина. | лекции |
| семинар |
| 12 | Сверхтекучесть Бозе конденсация идеального газа. Устойчивость производящего функционала температурных функций Грина. Взаимодействие «плотность - плотность». Стационарность первого лежандра (теория среднего поля). Спектр возбуждений. Сверхпроводимость. Фононное поле. Грассмановы переменные для описания электронных полей. Электрон-фононное взаимодействие. Куперовские пары. Спектр возбуждений. | лекции |
| семинар |
| 13 | Теория среднего поля | лекции |
| семинар |

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины обучающиеся должны посещать лекционные занятия и конспектировать лекции, выполнять задания на семинарах. Перед занятиями обучающимся рекомендуется прочитать конспект предыдущей лекции и ознакомиться с темой предстоящей лекции (по п. 2.2 данной программы дисциплины). Во время лекции обучающиеся могут задать лектору вопросы по изложенной теме.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы обучающиеся должны использовать методические материалы, рекомендованные преподавателем, включая рекомендованную литературу (п. 3.4) и набор контрольных вопросов (представленный в п. 3.1.4). Проверка знаний при помощи последних позволяет выявить проблемные места, которые следует разобрать при помощи рекомендованной литературы. Обучающиеся должны выполнить все задания электронного курса "Диаграммная техника Фейнмана и другие диаграммные методы":  
<https://stepik.org/course/567/syllabus>. Для получения дополнительной информации по изучаемой дисциплине рекомендуется использовать ресурсы, размещённые в сети интернет.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Контролем успеваемости является устный экзамен. Сперва студент получает билет с практическим заданием, которое выполняет под наблюдением экзаменатора. На данный этап экзамена отводится 20 минут. Затем студент получает билет, который состоит из 2-х теоретических вопросов. На подготовку ответа по этим вопросам отводится 40 минут, в процессе подготовки к ответу студент может пользоваться конспектом.

Знания курса оцениваются по пятибалльной шкале:

5 баллов - Ответ полный, без замечаний, дана интерпретация полученных результатов, проиллюстрировано практическими примерами, есть элементы творческого отношения к предмету.

4 балла - В ответе есть незначительные упущения, вывод основных соотношений дан недостаточно подробно, дана интерпретация полученных результатов, проиллюстрировано практическими примерами.

3 балла - В ответе есть упущения, не все основные соотношения написаны или в их выводе допущены ошибки, не полная интерпретация полученных результатов, отсутствует систематичность в знаниях.

2 балла - Продемонстрировано знание некоторых основных положений теории при существенных упущениях в деталях, слабое представление о практическом применении теории.

1 балл - Нет ответа на поставленный вопрос (основные соотношения отсутствуют или написаны неверно).

Оценке отлично соответствует 5 баллов.

Оценке хорошо соответствует 4 балла.

Оценке удовлетворительно соответствует 3 балла.

Оценке неудовлетворительно соответствует 1 или 2 балла.

Экзамен проводится в соответствии с расписанием экзаменационных сессий.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу:

1. Равновесное распределение Гиббса. Статистическая сумма газа.

2. Понятие о функциональном интеграле. Функциональные интегралы в статистической физике.

3. 1-я теорема Майера при описании неидеального газа.

4. Стохастические уравнения Ланжевена. Диаграммная техника.

5. Майеровская диаграммная техника.

6. 2-я теоремы Майера, вириальные разложения.

7. Решеточные модели. Модели ферромагнетика Изинга и Гайзенберга.

8. Высокотемпературное разложение.

9. Фазовый переход в магнетике. Высокотемпературные оценки параметров

перехода.

10. Низкотемпературное разложение. Аппроксиманты Паде.

11. Метод стационарной фазы. Петлевое разложение.

12. Уравнения Швингера. Сверхтекучесть.

13. Первое преобразование Лежандра. 1-неприводимые функции Грина.

14. Уравнения самосогласования. Сверхпроводимость.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Оценка обучающимися содержания и качества учебного процесса по дисциплине осуществляется в установленном в СПбГУ порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

Учёная степень кандидат физико-математических наук.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

не требуется

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Аудитория на 10-15 человек.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

доска, мел

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

не требуется

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

не требуется

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

1 коробка мела

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика. М., 1981.

2. Фишер М. Природа критического состояния. М., 1968.

3. Славнов А.А., Фаддеев Л.Д. Введение в квантовую теорию калибровочных полей. М., 1978.,1988.

4. Васильев А.Н. Функциональные методы в квантовой теории поля и статистике. Л., 1976.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Васильев А.Н. Квантовополевая ренормгруппа в теории критического поведения и стохастической динамике. СПб., 1998

2. Hohenberg P.C., Halperin B.I.// Rev. Mod. Phys. 1977, v. 49, no 3. Электронный ресурс - APS Journals

3. Антонов Н.В., Васильев А.Н. //ТМФ 1984, т. 60, N. 1.

4. Аджемян Л.Ц., Васильев А.Н., Письмак Ю.М. //ТМФ 1986, т. 68, N. 2.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

"Диаграммная техника Фейнмана и другие диаграммные методы":  
https://stepik.org/course/567/syllabus

**Раздел 4. Разработчики программы**

Налимов Михаил Юрьевич, профессор Кафедры статистической физики, myunalimov@gmail.com, 7(812)428-45-15.