Дополнительные главы статистической физики

Лекторы:
Валерий Уздин

Язык:
Русский

Трудоемкость:
4 з.е.

Форма контроля:
Экзамен

Образовательная программа:
Теоретическая и экспериментальная физика
7 семестр

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
32		16
*1 академический час = 45 минутам		

Курс дополнительных глав статистической физики входит знакомство с разделами за пределами стандартного курса. Среди них элементы неравновесной статистической физики, метод функций Грина для описания систем многих частиц, формализм континуального интегрирования в квантовой механике и статистической физике. Рассматривается теория переходного состояния для расчета влияния тепловых флуктуаций на времена жизни состояний и инстантонный формализм для описания туннелирования. Рассматривается приложение общей теории для оценки устойчивости магнитных наноструктур, включая системы с топологической защитой.

Содержание курса

7 семестр

Дополнительные главы статистической физики

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)
1. Функции распределения. Уравнение Лиувилля	
1.1. Статистические ансамбли. Функция распределения. Средние значения. 1.2. Относительная флуктуация аддитивной величины 1.3. Полный и неполный статистический ансамбль 1.4. Уравнение Лиувилля	2
2. Описание квантовых состояний с помощью статистического оператора	
2.1. Статистический ансамбль в квантовой теории 2.2. Чистые и смешанные состояния 2.3. Статистический оператор для чистого и смешанного состояния 2.4. Свойства матрицы плотности 2.5. Матрица плотности для канонического распределения 2.6. Временная эволюция статоператора	4
3. Уравнение баланса.	
3.1. Марковские процессы и уравнение баланса 3.2. Время релаксации 3.3. Радиоактивный распад	2
4. Уравнение Больцмана	
4.1. Уравнение Больцмана. Интеграл столкновений 4.2. Н-теорема Больцмана 4.3. Равновесная функция распределения 4.4 Переход к гидродинамике	2
5. Уравнение Фоккера-Планка	
5.1. Случайные процессы 5.2. Уравнение Фоккера-Планка 5.3. Уравнение Фоккера-Планка для броуновской частицы 5.4. Уравнение Ланжевена	2
6. Теория переходного состояния	
6.1. Активационные переходы 6.2. Теория переходного состояния 6.3. Энергетическая поверхность 6.4. Метод ‘подталкивания гибкой ленты’ для определения ПМЭ 6.5. Закон Аррениуса 6.6. Активационный барьер и предэкспоненциальный фактор	6
7. Функциональные интегралы в квантовой механике и статфизике	
7.1. Амплитуда перехода 7.2. Континуальный интеграл 7.3. Свободные частицы 7.4. Гармонический осциллятор 7.5. Статистический оператор. Мнимое время	2
8. Туннелирование. Инстантоны	
8.1. Континуальный интеграл. Мнимое время 8.2. Интегралы по траекториям 8.3. Гармонический осциллятор 8.4. Двухъямный потенциал, туннелирование 8.5. Матрица плотности	4
9. Функции Грина при описании систем взаимодействующих частиц.	

9.1 Гамильтониан системы многих частиц. - Вторичное квантование. Операторы поля. 9.2. Функции Грина. Свободные частицы 9.3. Взаимодействующие частицы. Уравнения движения для функций Грина 9.4. Функциональные производные. Уравнение Швингера 9.5. Диаграммы. Приближение Хартри и Хартри-Фока	2
10. Модель Андерсона и Александера-Андерсона 10.1. Магнитная примесь в немагнитной матрице 10.2. Уравнения для функций Грина 10.3. Уравнения самосогласования 10.4. Модель Андерсона. Самосогласование. 10.5. “Теорема о силах” для модели Андерсона 10.6. Модель Александера-Андерсона 10.7. Периодическая модель Андерсона	4
11. Температурные функции Грина	
11.1 Уравнение Дайсона 11.2.Температурные функции Грина 11.3. Спектральная функция 11.4. Информация, содержащаяся в функциях Грина 11.5. Термодинамический потенциал	2

В течение курса студенты (в группе из двух человек) выполняют 2 лабораторные работы, подготовка к которым занимает около 16 академических часов (получение аналитических формул, программирование, расчеты и получение результатов, анализ результатов и подготовку презентации для общего обсуждения)

Рекомендуемые ресурсы

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика. Т. 9 и Т. 10
2. Т.9 Лифшиц Е.М., Питаевский А.П. Статистическая физика часть 2. Теория конденсированного состояния 1978. 448 с.
3. Т.10/ Лифшиц Е.М., Питаевский А.П. Физическая кинетика. 2002. 527 с.
4. Фейнман Р., Хиббс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям МИР 1968. 382 с.
5. Фейнман Р., Статистическая механика. МИР. 1978. 407 с.
6. Каданов Л., Бейм Г. Квантовая статистическая механика. МИР 1964. 255 с.
7. Вайнштейн А.И, Захаров В.И., Новиков В.А., Шифман М.А., Инстантонная азбука. Успехи физических наук, 1982. 136(4), pp.553-591.
8. Лобанов И.С., Поткина М.Н., Уздин В.М. Устойчивость и времена жизни магнитных состояний нано- и микроструктур (Миниобзор) Письма в ЖЭТФ, 2021. Том 113, вып. 12, с. 833 – 847

Политика оценивания

Оценочные средства дисциплины: задачи, коллоквиум, индивидуальная лабораторная работа, экзамен.

В процессе обучения студентам предлагаются задачи, часть из которых решается непосредственно на занятиях, часть остается на дом. В случае, если эти задачи вызывают вопросы, они разбираются на следующем занятии. Часть задач – проверка и доведение до ответа вычислений, начатых на занятии, или проверка результатов на конкретных моделях. Баллов или оценок за решение задач не ставится, но учитывается на экзамене активность на занятиях. Задачи, как и теоретические вопросы, разобранные на занятиях, могут служить дополнительными вопросами на защите проекта, которые фигурирует, как лабораторная работа и являются основой для оценки на экзамене или промежуточном экзамене.

Лабораторные работы даются в виде проекта на группу из 2 человек. В течение курса каждая группа делает 2 работы – одна защищается во время коллоквиума, вторая – перед экзаменом, переходя в экзамен. Тематика лабораторных работ у всех близкая (например, самосогласованные расчеты в теориях с модельными гамильтонианами или расчет времен жизни в теории переходного состояния), но сами задачи – разные. Результат работы каждая группа демонстрирует и рассказывает всем на занятии или зачете (в последнем случае – это быстрая презентация проекта в целом, когда промежуточные результаты уже обсуждались).

Коллоквиум и экзамен в конце курса проводятся в форме защиты индивидуальной работы. Каждая работа предполагает вывод формул, проведение расчетов по собственным программам и анализ результатов. В процессе защиты обсуждаются различные темы, входящие в программу курса. Защита продолжается 1-2 часа.

Общая оценка ставится из расчета 80% по лабораторным и 20% - ответы на вопросы на общее понимание тем, которые вошли в курс. Подробные выводы формул и доказательства не предполагаются.

Тип самостоятельных заданий

Лабораторная работа
Энергия магнитного момента задана соотношением:
- параметры, от которых зависит энергия – полярный и азимутальный угол, задающие направление магнитного момента. K –

параметры анизотропии, H – магнитное поле;
- написать программу и построить изображение энергетической поверхности;
- найти минимумы, соответствующие локальному равновесию;
- найти путь с минимальным перепадом энергии;
- найти седловую точку на энергетической поверхности;
- рассчитать собственные значения гессиана в минимумах и седловой точке;
- найти предэкспоненциальный множитель в законе Аррениуса;
- рассчитать времена жизни стационарных состояний в зависимости от температуры.