

Статистическая физика

Этот курс дополняет картину классических физических концепций изложением теории поведения систем с очень большим числом степеней свободы. Мы начнем с изложения основных положений термодинамики, как феноменологической науки. Затем мы покажем, как обосновать эту теорию, исходя из первопринципов, основанных на сочетании классической механики и вероятностного описания больших систем.

Для освоения курса требуются базовые знания по классической механике, теории вероятности, действительному и комплексному анализу. Знания по теории поля и квантовой механике приветствуются, но не обязательны.

Примерная программа курса

1. Термодинамика. Термодинамические переменные. Законы термодинамики. Нулевой закон термодинамики и эмпирическая температура. Первый закон термодинамики и внутренняя энергия. Второй закон термодинамики. Эквивалентность формулировок Клаузиуса и Кельвина. Теорема Карно и абсолютная шкала температур. Теорема Клаузиуса и энтропия. Принцип неубывания энтропии. Третий закон термодинамики и недостижимость абсолютного нуля. Свойства энтропии. Условия термодинамического равновесия и устойчивости вещества. Принцип минимума энергии и максимума энтропии. Термодинамические потенциалы. Свойства термодинамических потенциалов. Соотношения Максвелла. Уравнение Гиббса-Дюгема. Термодинамика фазовых переходов. Правило фаз Гиббса.
2. Основы кинетики. Основные сведения из классической механики. Понятие о фазовом пространстве. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объёма. Уравнение Лиувилля. Цепочка Боголюбова-Борна-Грина-Кирквуда-Ивона. Уравнение Больцмана и H-теорема. Свойство экстремальности распределения Максвелла. Вывод законов сохранения из уравнения Больцмана. Гидродинамика нулевого порядка.
3. Статистические ансамбли. Разбиение фазового пространства на ячейки. Эргодическая гипотеза. Микро- и макросостояния. Статистические ансамбли и термодинамические потенциалы. Связь между каноническим и микроканоническим ансамблями, метод Дарвина-Фаулера. Эквивалентность и неэквивалентность ансамблей.
4. Статфизика идеальных систем. Теорема о равнораспределении энергии. Вычисление статсуммы идеального классического газа. Многоатомные газы. Теплоемкость твердого тела. Излучение абсолютно чёрных тел. Нарушение теоремы о равнораспределении. Теплоемкости квантовых многоатомных газов, гармонического кристалла и равновесного излучения. Идеальные квантовые газы бозонов и фермионов. Квантовые поправки к уравнению состояния идеального газа. Теплоемкости квантовых газов при низких температурах. Конденсация Бозе-Энштейна.

5. Теория взаимодействующих систем. Кумулянтные и кластерные разложения. Вычисление вириальных коэффициентов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Переход жидкость-газ и правило равных площадей Максвелла.
6. Теория фазовых переходов. Диаграмма состояния вещества. Классификация фазовых переходов. Особенности термодинамики фазовых переходов второго рода. Критические индексы. Вычисление критических индексов модели Изинга в приближении среднего поля Кюри-Вейсса. Корреляционные функции в приближении среднего поля. Параметр порядка. Функционал Гинзбурга-Ландау. Вычисление критических индексов в теории Ландау. Самоподобие. Пространственная ренормгруппа на примере одномерной модели Изинга. Общий формализм ренормгруппы. Теория подобия. Аномальные размерности и скейлинговые соотношения для критических индексов в модели Изинга.