

ПРОГРАММА КУРСА "СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА"

История термодинамики и статистической физики. Тепловое равновесие и нулевое начало термодинамики, понятие о температуре. Формулировка газовых законов, газовый термометр, Уравнение Менделеева-Клапейрона и другие уравнения состояния. Квантовые эффекты и границы применимости классической теории.

Термодинамическая система. Аддитивные и неаддитивные макропараметры. Модели идеального и неидеального газа. Внутренняя энергия системы. Работа системы. Различия полных и неполных дифференциалов. Первое начало термодинамики, варианты для реальных и идеального газов. Теплоемкость. Политропный и адиабатический процессы. Термодинамическая энтропия — следствие второго начала термодинамики и функция состояния. Изменение энтропии в изотермическом и политропическом процессах. Энтропия идеального газа. Третье начало термодинамики.

Тепловые машины с замкнутым циклом. Теорема Карно и ее доказательство. T-S диаграмма. Равновесные и неравновесные/обратимые и необратимые процессы. Пример со смешиванием жидкостей. Пример с расширением газа в пустоту. Второе начало термодинамики в необратимых процессах. Парадокс Гиббса. Формулировки второго начала термодинамики. Демон Максвелла.

Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла. Энтальпия как альтернатива внутренней энергии. Свободная энергия и принцип максимальной работы. Потенциал Гиббса и его значимость. Минимизация термодинамических потенциалов в необратимых процессах. Критерии устойчивости системы. Связь термического и калорического уравнений состояния.

Уравнение Ван-дер-Ваальса, эмпирический вывод, смысл постоянных a и b , обезразмеривание. Критическая точка. Получение калорического уравнения газа Ван-дер-Ваальса из термического. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса. Неустойчивость предсказываемых состояний. Реальные газы, фазовая диаграмма, сверхкритические и метастабильные состояния.

Развитие молекулярно-кинетической теории. Возникновение статистической физики, труды Максвелла, Больцмана и Гиббса. Основные методы статистической физики. Примеры случайных физических величин. Распределение Максвелла, давление идеального газа, статистика истечения газа из отверстия. Простейшее распределение Больцмана, связь с концентрацией, барометрическая формула. Опыты Перрена.

Элементы гамильтоновой механики. Детерминизм и случайность. Фазовое пространство и функция плотности вероятности состояния. Уравнение Лиувилля. Нулевое начало термодинамики и стационарные решения уравнения Лиувилля. Микроканоническое и каноническое распределения Гиббса.

Распределение Максвелла-Больцмана. Межчастичное взаимодействие как фактор установления равновесного распределения. Распределение скоростей молекул в теплоизолированном сосуде. β -параметр как абсолютная температура. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия системы как среднее значение гамильтониана.

Внутренние термодинамические параметры. Внешние термодинамические параметры и температура. Первое начало термодинамики на языке статистической физики. Сопряженные параметры. Энтропия Больцмана-Гиббса для дискретных систем. Обобщение для непрерывных систем, примеры. Доказательство эквивалентности "двух энтропий" для канонического распределения Гиббса.

Статистический интеграл и его связь со свободной энергией. Путь от статистики к термодинамике. Вывод уравнения Менделеева-Клапейрона. Учет взаимодействия частиц, конфигурационный интеграл. Вычисление конфигурационного интеграла и поправок к свободной энергии в линейном приближении. Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса для модели абсолютно упругих шариков.

Зернение фазового пространства. Неопределенность Гейзенберга и уточнение выражения для энтропии. Тождественность частиц и попытка объяснения парадокса Гиббса. Уравнение Лиувилля и второе начало термодинамики. Истинные и сглаженные распределения в фазовом пространстве. Обоснование второго начала термодинамики по Гиббсу.

Задача о случайном блуждании. Длина и время свободного пробега. Явления переноса - диффузия, теплопроводность, вязкость, соответствующие коэффициенты и их взаимосвязь. Броуновское движение, коэффициент диффузии для движения броуновских частиц. Различные подходы к описанию броуновского движения. Опыты Перрена и экспериментальное определение числа Авогадро.

Функции плотности вероятности для макропараметров в микроканоническом и каноническом ансамблях. Условная энтропия и условная свободная энергия. Флуктуации основных термодинамических параметров, микронарушения второго начала термодинамики. Информационный смысл энтропии, разрешение парадокса демона Максвелла.

Введение в физическую кинетику. Цепочка Боголюбова для неравновесных функций распределения. Различные уравнения для одночастичной функции распределения, гипотеза времени релаксации и гипотеза молекулярного хаоса. Кинетическое уравнение Больцмана, интеграл столкновений. Лемма Больцмана, H-теорема и парадокс Лoshмидта.