

Вопросы к экзамену по курсу «Молекулярная физика и термодинамика» (II поток, 2023-2024 год).

Предмет молекулярной физики. Основные положения молекулярно-кинетической теории и их экспериментальное обоснование. Статистический подход к описанию молекулярных явлений.

Биномиальное распределение. Примеры его применения в молекулярной физике.

Одномерная модель случайных блужданий и её применение к описанию броуновского движения и диффузии.

Равновесное пространственное распределение частиц идеального газа в отсутствии внешнего поля. Флуктуации концентрации.

Распределение Гаусса как предельный случай биномиального распределения. Примеры его применения в молекулярной физике

Распределение Пуассона как предельный случай биномиального распределения. Примеры его применения.

Распределение молекул газа по скоростям. Распределение Максвелла. Принцип детального равновесия. Опыт Штерна.

Наивероятнейшее, среднее и среднеквадратичное значения распределения Максвелла по модулю скорости и по декартовым проекциям скоростей молекул газа. Молекулярные явления, подтверждающие распределение Максвелла.

Уравнение состояния идеального газа и его обоснование в молекулярно-кинетической теории. Газовые законы. Уравнения изотермического, изохорического и изобарического процессов. Закон Дальтона.

Теорема Больцмана о равномерном распределении средней кинетической энергии теплового движения молекул по степеням свободы. Её применение к классическим теориям теплоемкости газов и твердых тел. Понятие о «замороженных» степенях свободы.

Основные закономерности броуновского движения. Опыты Перрена. Формула Эйнштейна. Поступательное и вращательное броуновское движение.

Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана для молекул газа в однородном гравитационном поле. Барометрическая формула. Опыты Перрена. Особенности распределения в атмосфере Земли газов, входящих в состав воздуха.

Распределение Больцмана для молекул в поле центробежной силы инерции. Центрифуги и их применение.

Распределение Максвелла-Больцмана. Эксперименты, подтверждающие распределение Максвелла-Больцмана.

Различия молекулярного строения вещества в различных агрегатных состояниях. Молекулярно-кинетические характеристики воздуха при нормальных условиях.

Столкновения молекул в газе. Длина и время свободного пробега. Частота соударений. Газокинетический диаметр молекул. Понятие о вакууме. Опыт Борна-Борман.

Явления переноса. Диффузия, теплопроводность, вязкость. Уравнения Фика и Фурье. Закон Ньютона для вязкости. Неньютоновские жидкости.

Нестационарные явления переноса. Время релаксации. Зависящие от времени уравнения диффузии и температуропроводности. Примеры их решений.

Явления переноса в газах. Связь коэффициентов переноса с молекулярно-кинетическими характеристиками газа в элементарной теории переноса. Число Шмидта и число Прандтля

Термодинамический подход к описанию молекулярных явлений. Основные законы (начала) равновесной термодинамики.

Понятие равновесного состояния термодинамической системы. "Нулевое" начало термодинамики. Температура, термодинамические параметры и термическое уравнение состояния. Термодинамические коэффициенты.

Понятие температуры в термодинамике. Термометры. Методы измерения температуры. Температурные шкалы. Физический смысл температуры в молекулярно-кинетической теории.

Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия и механическая работа термодинамической системы. Количество теплоты. Эксперименты, подтверждающие справедливость первого начала термодинамики.

Применение первого начала термодинамики к процессам в идеальном газе. Уравнение адиабаты для идеального газа.

Теплоёмкость термодинамической системы. Виды теплоемкости и их свойства. Закон Майера для идеального газа.

Политропические процессы. Уравнение политропы для идеального газа и его частные случаи.

Циклические процессы. Коэффициент полезного действия цикла. Холодильный коэффициент. Примеры циклов тепловых машин.

Второе начало термодинамики. Формулировки Клаузиуса и Кельвина-Планка. Их эквивалентность.

Цикл Карно. Теоремы Карно и их связь со вторым началом термодинамики.

Понятие о квазиравновесных, обратимых и необратимых процессах. Равенство и неравенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния.

Второе начало термодинамики и закон неубывания энтропии изолированной термодинамической системы. Изменение энтропии газа при адиабатическом расширении в пустоту (опыт Джоуля).

Микро- и макросостояния системы. Термодинамическая вероятность. Статистическая трактовка понятия энтропии. Формула Больцмана для энтропии.

Третье начало термодинамики и его следствия. Энтропия, теплоемкость, и термодинамические коэффициенты вблизи $T=0$.

Термодинамические потенциалы. Использование энтальпии, свободной энергии и потенциал Гиббса для описания термодинамических процессов. Соотношения Максвелла для производных термодинамических потенциалов.

Основное термодинамическое тождество и его следствия. Калорическое уравнение состояния. Его вид для идеального газа и газа Ван дер Ваальса.

Зависимость теплоемкости твердых тел от температуры. Закон Дюлонга и Пти и его обоснование в классической физике. Понятие о теоретических моделях теплоемкости твердых тел Эйнштейна и Дебая.

Реальные газы. Изотермы реального газа. Области однофазных и двухфазных состояний. Критическое состояние. Явление критической опалесценции.

Уравнение газа Ван дер Ваальса. Изотермы газа Ван дер Ваальса и их отличие от изотерм реального газа. Правило Максвелла. Особенности критической точки для газа Ван дер Ваальса.

Критические параметры газа Ван-дер-Ваальса. Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенном виде. Закон соответственных состояний.

Методы получения низких температур.

Эффект Джоуля–Томсона и его термодинамические особенности. Кривая инверсии дифференциального эффекта Джоуля–Томсона для газа Ван дер Ваальса.

Интегральный эффект Джоуля-Томсона как метод получения низких температур. Кривая инверсии интегрального эффекта Джоуля-Томсона для газа Ван дер Ваальса.

Понятие фазового состояния вещества (фазы). Фазовые переходы и их классификация по Эренфесту. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Непрерывные фазовые переходы.

Фазовые диаграммы агрегатного состояния вещества. Плавление, кристаллизация, испарение, кипение, возгонка. Фазовая диаграмма воды. Тройная и критическая точки.

Кристаллическое состояние вещества. Трансляционная и точечная симметрия. Ячейки Браве. Дефекты в реальных кристаллах.

Виды и природа сил межмолекулярного взаимодействия. Потенциал Леннарда-Джонса.

Поверхностные явления. Коэффициент поверхностного натяжения. Явления смачивания и несмачивания. Роль поверхностных явлений в природе.

Капиллярные явления. Уравнение Лапласа для разности давлений вблизи искривленной поверхности жидкости. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности «жидкость-пар».