

Экзаменационные вопросы по курсу «Молекулярная физика».
Весенний семестр 2025 г.,
1-й курс, 2-й поток. Лектор – проф. А.Л. Клавсюк

1. Предмет молекулярной физики. Основные положения молекулярно-кинетической теории. Примеры явлений, обусловленных тепловым движением молекул. Агрегатные состояния вещества. Характерные размеры и массы атомов и молекул. Статистический и термодинамический подходы к описанию молекулярных явлений в макроскопических системах.
2. Макроскопические (термодинамические) параметры. Нулевое начало термодинамики. Состояние термодинамического равновесия. Термическое уравнение состояния. Методы измерения температуры. Идеально-газовая шкала температур. Эмпирические температурные шкалы. Методы измерения объема и давления. Квазистатические (квазиравновесные) процессы.
3. Термодинамические коэффициенты и уравнение их связи. Явление теплового расширения для газов, жидкостей и твердых тел.
4. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия термодинамической системы. Понятие функции состояния термодинамической системы. Калорическое уравнение состояния. Связь изменения внутренней энергии с работой и количеством теплоты как закон сохранения энергии в тепловых процессах. Опыт Джоуля по определению механического эквивалента теплоты. Интенсивные и экстенсивные термодинамические величины.
5. Теплоёмкость. Вывод формулы связи изобарической и изохорической теплоемкости в общем случае. Зависимость теплоёмкости от температуры для газов и твердых тел. Связь теплоемкости идеального газа с числом степеней свободы молекул. Уравнение Майера.
6. Закон Менделеева-Клапейрона как пример термического уравнения состояния. Первое начало термодинамики. Его

применение к процессам в идеальном газе (изотермический, изохорический, изобарический и адиабатический процессы).

7. Циклические процессы. Тепловые машины. Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины. Принцип работы холодильной машины и теплового насоса. КПД идеальной (обратимой) тепловой машины Карно. Использование цикла Карно для реализации термодинамической шкалы температур.
8. Обратимые и необратимые процессы. Первая и вторая теоремы Карно.
9. Второе начало термодинамики. Формулировки Клаузиуса и Томсона (Кельвина). Их эквивалентность.
10. Равенство и неравенство Клаузиуса. Принцип максимального количества теплоты и принцип максимальной работы. Энтропия как функции состояния термодинамической системы. Закон неубывания энтропии в адиабатически изолированной системе как возможная формулировка второго начала термодинамики.
11. Формула для изменения энтропии идеального газа в равновесном процессе. Изменение энтропии при взаимной диффузии двух газов. Парадокс Гиббса. Изменение энтропии идеального газа при его адиабатическом расширении в пустоту.
12. Третье начало термодинамики. Тепловая теорема Нернста. Поведение энтропии и теплоемкости вблизи абсолютного нуля температуры. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Методы получения низких температур.
13. Основное термодинамическое тождество и примеры его применения в термодинамике. Вывод формулы связи термического и калорического уравнений состояния. Вывод формулы связи изобарической и изохорической теплоемкости в общем случае.
14. Термодинамические потенциалы: внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, потенциал Гиббса. Соотношения Максвелла. Термодинамические потенциалы и условия равновесия (устойчивости) термодинамических систем при различных внешних условиях.

15. Биномиальное распределение. Примеры его применения. Среднее значение и дисперсия случайной величины.
16. Вероятность случайной дискретной величины и плотность вероятности случайной непрерывной величины. Распределение Пуассона как предельный случай биномиального распределения. Примеры его применения.
17. Вероятность случайной дискретной величины и плотность вероятности случайной непрерывной величины. Распределение Гаусса как предельный случай биномиального распределения. Примеры его применения.
18. Распределение Максвелла модулю скорости. Вывод распределения Максвелла. Принцип детального равновесия. Характерные скорости распределения Максвелла (наивероятнейшая, средняя, среднеквадратичная). Эксперименты, подтверждающие распределение Максвелла.
19. Примеры применения распределения Максвелла к описанию молекулярных явлений. Явление эффузии. Распределение Максвелла по кинетической энергии. Характерные энергии (наивероятнейшая, средняя). Средняя кинетическая энергия молекул, вылетающих через малое отверстие.
20. Распределение Максвелла по проекции скорости. Наивероятнейшая, средняя, среднеквадратичная проекции скорости. Частота ударов молекул газа о поверхность стенки сосуда. Уравнения Менделеева – Клапейрона.
21. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Барометрическая формула. Распределение Больцмана молекул равновесного газа в поле силы тяжести. Опыты Перрена по исследованию закона распределения молекул в поле силы тяжести.
22. Распределение Больцмана молекул равновесного газа в поле центробежных сил. Применение центрифуг в науке и технике. Применение распределения Больцмана для определения коэффициента линейного теплового расширения.
23. Основы статистической физики. Понятие фазового пространства. Микро- и макросостояния. Постулат

- равновероятности микросостояний равновесной термодинамической системы. Эргодическая гипотеза. Статистическое определение температуры равновесного состояния. Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана для энтропии.
24. Теорема Больцмана о равномерном распределении средней кинетической энергии теплового движения молекул по степеням свободы. Её применение к классическим теориям теплоемкости газов и твердых тел.
 25. Основные закономерности броуновского движения. Опыты Перрена. Формула Эйнштейна. Поступательное и вращательное броуновское движение.
 26. Столкновения молекул в газе. Длина свободного пробега. Частота соударений. Газокинетический диаметр молекул. Молекулярно-кинетические характеристики воздуха при нормальных условиях. Зависимость молекулярно-кинетических характеристик от давления и температуры.
 27. Рассеяние молекулярных пучков в газе. Частота ударов молекул газа о поверхность стенки сосуда. Определение длины свободного пробега молекул в опытах по рассеянию.
 28. Стационарные процессы переноса. Диффузия, теплопроводность, вязкость. Уравнения Фика и Фурье. Закон Ньютона для вязкости.
 29. Нестационарные явления переноса. Время релаксации. Зависящие от времени уравнения диффузии и теплопроводности.
 30. Реальные газы. Изотермы реального газа выше и ниже критической точки. Опыты Эндрюса. Понятие о двухфазном состоянии. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса. Уравнение политропического процесса для газа Ван-дер-Ваальса.
 31. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Критическая точка для газа Ван-дер-Ваальса. Приведенные параметры и приведенное уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний.
 32. Разновидности сил взаимодействия между молекулами. Потенциал Леннарда-Джонса. Внутренняя энергия и энтропия газа Ван-дер-Ваальса.

33. Дифференциальный эффект Джоуля-Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Кривая инверсии дифференциального эффекта Джоуля-Томсона для газа Ван дер Ваальса.
34. Интегральный эффект Джоуля-Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Температура инверсии эффекта Джоуля-Томсона. Кривая инверсии интегрального эффекта Джоуля-Томсона для газа Ван дер Ваальса. Применение процесса Джоуля-Томсона для получения низких температур.
35. Поверхностные явления. Коэффициент поверхностного натяжения. Явления смачивания и несмачивания. Краевой угол. Избыточное давление вблизи искривленной поверхности жидкости. Формула Лапласа.
36. Капиллярные явления. Уравнение Лапласа для разности давлений вблизи искривленной поверхности жидкости. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности «жидкость-пар».
37. Фазовые переходы. Фаза и агрегатное состояние вещества. Фазовые диаграммы. Тройная и критическая точка. Классификация фазовых переходов по непрерывности потенциала Гиббса и его производных. Условие равновесия фаз. Правило фаз Гиббса
38. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
39. Симметрия кристаллов. Решетки Браве. Обозначение плоскостей и направлений в кристалле. Индексы Миллера. Дефекты в кристаллах.
40. Тепловые колебания кристаллической решетки. Модель Дебая. Предельные случаи. Температура Дебая.