

Список вопросов и задач к устному экзамену по термодинамике и молекулярной физике, знание которых необходимо для получения положительной оценки

Уравнение состояния. Идеальный газ

- Найти внутреннюю энергию идеального газа с постоянной теплоёмкостью C_V , имеющего давление P и объём V .
- Выразить давление идеального газа через концентрацию и среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул.
- Дать определения коэффициентов теплового расширения и изотермической сжимаемости.
- Рассчитать скорость звука в воздухе при комнатной температуре.

Первое начало термодинамики

- Записать первое начало термодинамики в дифференциальном виде.
- Рассчитать работу идеального газа в изотермическом/адиабатическом процессе.
- Вывести уравнение адиабаты идеального газа.
- Получить разность $C_P - C_V$ для идеального газа.

Второе начало термодинамики. Тепловые машины. Энтропия

- Изобразить цикл Карно в координатах TS . Указать на графике теплоты нагревателя и холодильника, и работу в цикле.
- Получить выражение для КПД идеальной тепловой машины Карно.
- Системе сообщили порцию тепла δQ при температуре T . Каким может быть изменение энтропии dS ?
- Статистический вес системы равен G . Найти энтропию.
- Найти изменение энтропии моля идеального газа при переходе между двумя состояниями с заданными T и V (или T и P).
- Два твёрдых тела с известными теплоёмкостями, имеющих различные температуры, привели в тепловой контакт. Найти изменение энтропии системы к моменту установления равновесия.
- Найти изменение энтропии идеального газа при неравновесном расширении в пустоту в теплоизолированной оболочке.

Термодинамические функции

- Написать дифференциал внутренней энергии/энтальпии/свободной энергии/термодинамического потенциала Гиббса.
- Получить выражение для энтальпии идеального газа с постоянной теплоёмкостью C_P .
- К системе подвели теплоту Q при постоянном давлении. Найти изменение энтальпии системы ΔH .
- В изотермическом процессе над системой совершена работа A . Найти изменение свободной энергии ΔF системы.

Фазовые превращения

- Чему равно давление насыщенных паров воды при температуре 100° ?
- Получить зависимость давления насыщенных паров воды от температуры.
- Изобразить фазовую диаграмму воды. Отметить критическую и тройную точки.
- Найти разность внутренних энергий моля жидкости и моля пара, если молярная теплота парообразования равна Λ .

Реальные газы

- Написать уравнение Ван-дер-Ваальса и указать физический смысл входящих в него констант.
- В координатах PV изобразить схематично семейство изотерм газа Ван-дер-Ваальса и соответствующих изотерм реального газа.
- Найти изменение температуры газа Ван-дер-Ваальса при неравновесном расширении в пустоту в теплоизолированной оболочке.
- Найти изменение температуры идеального газа в эффекте Джоуля—Томсона.

Поверхностные явления

- Найти давление внутри мыльного пузыря.
- Найти высоту подъёма воды в капилляре с известным углом смачивания.
- Выразить свободную энергию поверхности жидкости через коэффициент поверхностного натяжения.

Распределение Максвелла

- Написать (с точностью до нормировочной константы) и схематично изобразить на графике распределение Максвелла по проекциям скорости на ось x .
- Написать (с точностью до нормировочной константы) и схематично изобразить на графике распределение Максвелла по модулям скоростей.
- Написать выражения для среднеквадратичной и наиболее вероятной скоростей молекул.
- Найти количество частиц, ударяющихся в секунду о площадку площади S в газе с температурой T и давлением P .

Распределение Больцмана

- Вывести барометрическую формулу для изотермической атмосферы.
- Атом может находиться в основном и возбуждённом состоянии, разность энергий которых ΔE . Найти долю возбуждённых атомов в системе при температуре T .

Теория теплоёмкостей

- Найти молярную теплоёмкость C_V двухатомного газа, если колебательные степени свободы полностью возбуждены.

Флуктуации

- Среднее число частиц идеального газа в некотором мысленно выделенном объёме равно $N \gg 1$. Оценить среднеквадратичную флуктуацию $\sqrt{\langle \Delta N^2 \rangle}$ числа частиц в нём.
- Найти среднеквадратичное отклонение груза на пружине жёсткостью α от положения равновесия при температуре T .

Явления переноса. Коэффициенты переноса

- Получить оценочную формулу для длины свободного пробега молекул в газе твердых шариков.
- Дать определение плотности потока частиц (тепла, импульса) и коэффициента диффузии (теплопроводности, вязкости).
- Написать оценку коэффициента диффузии/теплопроводности/вязкости в идеальном газе с известными параметрами.
- Как коэффициент теплопроводности газа в некотором сосуде зависит от давления (в том числе при высоком вакууме)?
- Два сосуда с идеальным газом соединены трубкой, радиус которой много меньше длины свободного пробега. Найти отношение установившихся давлений в сосудах P_1/P_2 , если отношение температур равно T_1/T_2 .

Броуновское движение

- Коэффициент диффузии частиц равен D . Оценить среднеквадратичное смещение частицы в пространстве от исходного положения за время t .
- Найти коэффициент диффузии облака частиц с подвижностью B при температуре T .

Основы гидродинамики

- Дать определение идеальной жидкости. Записать уравнение Бернулли для сжимаемой среды.
- Найти скорость истечения идеального газа при температуре T в пустоту через отверстие (превосходящее длину свободного пробега).
- Найти силу трения между двумя параллельными пластинами площадью S на расстоянии h , движущимися с относительной скоростью v , если пространство между ними заполнено жидкостью с вязкостью η .