

## Задачи по статистической физике (7 семестр).

**Задача 1)** Выяснить, как меняется энтропия однородной системы при её квазистатическом расширении системы при постоянном давлении, и связать её с коэффициентами теплового расширения  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ .

**Задача 2)** Найти  $C_p - C_v$  для системы с неизменным числом частиц.

**Задача 3)** Выяснить у каких систем теплоёмкость  $C_v$  не зависит от объема системы.

**Задача 4)** Выяснить, у каких систем теплоёмкость  $C_p$  не зависит от давления.

**Задача 5)** Найти уравнение состояния системы, для которой выполняются условие  $\left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = 0$ ;  $\left( \frac{\partial H}{\partial P} \right)_T = 0$ ;

**Задача 6)** Доказать тождество  $\left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_S = \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T + \frac{T}{C_p} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P^2$ .

**Задача 7)** Доказать тождество  $\left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T - \frac{T}{C_v} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_V^2$ .

**Задача 8)** Используя уравнение неразрывности  $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0$  и уравнение движения идеальной жидкости

$$\rho \left[ \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \nabla) \vec{v} \right] = -\nabla P, \text{ выразить в линейном по возмущениям приближении, скорость звука в такой системе}$$

$$\text{через изотермический модуль всестороннего сжатия } K_T = \rho \left( \frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_T.$$

**Задача 9)** Связать изменение температуры при изменении плотности жидкости в звуковой волне со скоростью распространения звука.

**Задача 10)** Термодинамическая система расширяется таким образом, что её внутренняя энергия  $U$  остаётся постоянной. Как изменится температура системы?  $\left( \left( \frac{\partial T}{\partial V} \right)_U - ? \right)$ . Будет ли такой процесс обратимым?

**Задача 11)** Для единицы объёма диэлектрика с постоянной плотностью найти  $C_E - C_D$  однородного изотропного диэлектрика.

**Задача 12)** Для единицы объёма диэлектрика с постоянной плотностью найти  $C_H - C_M$  однородного изотропного диэлектрика.

**Задача 13)** Вычислить скорость звука в идеальном газе и газе Ван-дер-Ваальса, исходя из его термодинамического определения  $V_{\text{зв}} = \sqrt{\left( \frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_S}$ .

**Задача 14)** Найти разность  $C_p - C_v$  для газа Ван-дер-Ваальса.

**Задача 15)** Пользуясь выражением для энтропии идеального газа, найти внутреннюю энергию идеального газа в своих переменных  $S$  и  $V$ .

**Задача 16)** Найти критические параметры и записать уравнение состояния Ван-дер-Ваальса в безразмерных переменных  $\tilde{P}, \tilde{V}, \tilde{T}$ ;

**Задача 17)** Найти критические параметры и записать I уравнение Дитеричи  $P(V-b) = RT e^{-\frac{a}{RTV}}$  в безразмерных переменных  $\tilde{P}, \tilde{V}, \tilde{T}$ ;

**Задача 18)** Найти критические параметры и записать второе уравнение Дитеричи  $\left( P + \frac{a}{V^{5/3}} \right) (V-b) = RT \exp\left(-\frac{a}{RTV}\right)$  в безразмерных переменных  $\tilde{P}, \tilde{V}, \tilde{T}$ ;

**Задача 19)** Найти критические параметры для уравнения Берггло  $\left( P + \frac{a}{V^2 T} \right) (V-b) = RT e$  в безразмерных переменных  $\tilde{P}, \tilde{V}, \tilde{T}$ ;

**Задача 20)** Получить выражение для теплоёмкости  $C_v$  в переменных  $T, V, \mu$ .

**Задача 21)** Найти свободную энергию газа Ван-дер-Ваальса.

- Задача 22)** Моль идеального газа находится в неограниченном сверху цилиндре, помещенном в однородном поле силы тяжести. Вычислить теплоёмкость газа.
- Задача 23)** Определить теплоёмкость идеального газа в процессе  $PV^2 = const$ .
- Задача 24)** Определить теплоёмкость идеального газа в процессе  $P^2V = const$ .
- Задача 25)** Определить теплоёмкость идеального газа в процессе  $\frac{P}{V} = const$ .
- Задача 26)** Объяснить причину понижения температуры тропосферы с высотой, считая воздух идеальным газом; вычислить высотный градиент температуры в атмосфере.
- Задача 27)** Найти  $\eta$  ДВС, работающего по циклу Отто, в котором сжатие и расширение горючей смеси производятся адиабатно, а ее горение происходит при постоянном объеме (1-2, 3-4 – адиабаты, 2-3, 4-1 – изохоры). Параметром цикла является степень сжатия  $\varepsilon = V_1/V_2$ .
- Задача 28)** Найти  $\eta$  ДВС, работающего по циклу Дизеля, диаграмма которого: 1-2 – адиабатическое сжатие атмосферного воздуха; 2-3 – изобарное расширение (впрыск горючей смеси и ее сгорание); 3-4 – адиабатическое расширение; 4-1 – изохорное охлаждение. Параметрами цикла являются: степень сжатия  $\varepsilon = V_1/V_2$  и степень предварительного расширения  $\rho = V_3/V_2$ .
- Задача 29)** Найти  $\eta$  цикла Ленуара, состоящего из изохорного – 1-2, адиабатного – 2-3 и изобарного – 3-1 процессов. Параметром цикла является степень повышения давления  $\delta = P_2/P_1$ .
- Задача 30)** Получить выражение для энтропии газа Ван-дер-Ваальса, найти внутреннюю энергию газа Ван-дер-Ваальса в своих переменных  $S$  и  $V$ .
- Задача 31)** Выразить производную  $\left(\frac{\partial N}{\partial \mu}\right)_{T,V}$  через легко измеримые величины.
- Задача 32)** Система состоит из  $N$  частиц одного сорта. Доказать утверждения:
- 1)  $\left(\frac{\partial U}{\partial N}\right)_{T,V} - \mu = -T\left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_{N,V}$ .
  - 2)  $\left(\frac{\partial N}{\partial T}\right)_{N,\mu/T} = \frac{1}{T}\left(\frac{\partial U}{\partial N}\right)_{T,V}\left(\frac{\partial N}{\partial \mu}\right)_{T,V}$ .
  - 3)  $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_{N,\mu/T} - \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_{N,N} = \frac{1}{T}\left(\frac{\partial U}{\partial N}\right)_{T,V}^2\left(\frac{\partial N}{\partial \mu}\right)_{T,V}$ .
- Задача 33)** Вычислить изменение температуры газа в результате процесса Джоуля – Томсона.  $\left(\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H - ?\right)$ .  
Рассмотреть случай идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса.
- Задача 34)** Определить условие равновесия двух фаз веществ, т.е. двухфазной двухкомпонентной системы, когда каждая компонента входит в состав только одной фазы (вода-керосин).
- Задача 35)** Найти уравнение кривой инверсии в переменных  $\tilde{P}, \tilde{T}$  для газа Ван-дер-Ваальса.
- Задача 36)** Для идеального газа известна теплоёмкость  $C_v = Nf(T)$  ( $N$  - число молекул). Найти свободную энергию  $F$ , внутреннюю энергию  $U$ , энтропию  $S$  и химический потенциал  $\mu$ .
- Задача 37)** Найти выражение для плотности внутренней энергии  $U$  однородного изотропного диэлектрика.