Термодинамика

1) Феноменологическая термодинамика

Начала

0. Тепловое равновесие в замкнутой системе
1. $\delta Q = dU + A$
2. Возр. энтропии
3. $S \to 0$ при $T \to 0$

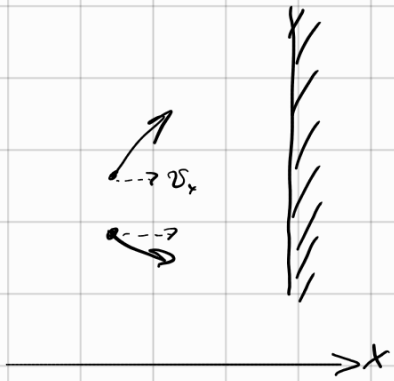
2) Статистическая физика (МКТ)

мод. вещ. $\Rightarrow$ P,V,T

$PV = \nu RT$ $R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$ $\nu = \frac{m}{\mu}$

термическое у-е состояние ид. газа

Связь P и U для идеального газа



$dn: [v_x; v_x + dv_x]$

dt; $l = v_x dt$

$dN = \frac{dn}{2} \cdot S \cdot l = \frac{1}{2} dn S v_x dt$

$dP = dN \cdot 2p_x = dn S v_x p_x dt$

$SP = \frac{dP}{dt S} = dn\, v_x p_x$ $\langle v_x p_x \rangle = \frac{\sum v_x p_x}{n}$

$P = \int \delta P = n \langle v_x p_x \rangle$

1) $\mathcal{E} = \langle \frac{mv^2}{2} \rangle = \frac{1}{2} \langle pv \rangle = \frac{1}{2} \cdot 3 \langle p_x v_x \rangle$

$\langle p_x v_x \rangle = \langle p_y v_y \rangle = \langle p_z v_z \rangle = \frac{1}{3} \langle pv \rangle$

$m\langle v_x^2 \rangle = m \langle v_y^2 \rangle = \frac{1}{3} m \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} \langle \mathcal{E} \rangle$

$P = n \cdot \frac{1}{3} \langle pv \rangle = \frac{N}{V} \cdot \frac{2}{3} \langle \mathcal{E} \rangle$

$PV = \frac{2}{3} N \langle \mathcal{E} \rangle = \frac{2}{3} U$

2) Релят. газ $\mathcal{E} = p \cdot c$

$\langle p_x v_x \rangle = \langle \frac{\mathcal{E}}{c} c \cdot \vec{\tau}_x^2 \rangle = \mathcal{E} \langle \tau_x^2 \rangle = \frac{\mathcal{E}}{3}$

$\vec{\tau} = \frac{\vec{v}}{v}$

$v_x = \tau_x c$ $p_x = \tau_x \cdot \frac{\mathcal{E}}{c}$

$PV = \frac{1}{3} U$

Первое начало

$\delta Q = dU + \delta A$

$\delta Q = dU + PdV$

изохорический процесс

$\delta A = Fdx = PSdx = PdV$

Теплоемкость

$C_x = \left(\frac{\delta Q}{dT}\right)_x = \left(\frac{dU}{dT}\right)_x + P\left(\frac{dV}{dT}\right)_x$

$C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V \qquad U = U(T;V)$

$\begin{cases} \frac{3}{2}R \ (1AT) \\ \frac{5}{2}R \ (2AT) \\ \frac{6}{2}R \ (3AT) \end{cases}$

$\langle \varepsilon \rangle_1 = 3\frac{k_Б T}{2} \qquad k_Б = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$

$\langle \varepsilon \rangle_2 = \frac{5}{2} k_Б T \qquad R = N_A \cdot k_Б$

$C_P = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_P + P\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = C_V + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P + P\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$

Для ид. газа $U = c_V T$

в общем случае: $dU = \underbrace{\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT}_{c_V dT} + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV$

$C_P - C_V = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + P\right)$

для ид газа: $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$

$C_P - C_V = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \cdot P = R$

$PV = RT$

$P\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = R$

Ур-е политропы для ид. газа $C = const$

$C = \underbrace{\frac{dU}{dt}}_{c_V} + P\frac{dV}{dt} \qquad C - C_V = P\frac{dV}{dt} = \frac{RT}{V}\frac{dV}{dT}$

$\frac{dT}{T}\frac{C - C_V}{R} = \frac{dV}{V}$

$\frac{C - C_V}{R} \ln\frac{T}{T_0} = \ln\frac{V}{V_0}$

$\frac{T^{\frac{C-C_V}{R}}}{V} = const \qquad PV^{\frac{C-C_P}{C-C_V}} = const$