

Poznámky z whiteboardu - 3. přednáška (15. 3. 2021)

Molekulová fyzika

T ... absolutní teplota (jednotka K)

$$T_0 = 293,15 \text{ K}$$

t ... Celsiusova teplota (jednotka $^{\circ}\text{C}$)

převod $t \rightarrow T$: $T = (\{t\} + \{T_0\}) \text{ K}$

$T \rightarrow t$: $t = (\{T\} - \{T_0\})^{\circ}\text{C}$

Gay-Lussacovy plynové zákony

izobarický ($p = \text{konst.}$)

$$p = p_0 (1 + \beta t)$$

$$\frac{p}{p_0} = 1 + \frac{1}{T_0} (T - T_0) = 1 + \frac{T}{T_0} - \frac{T_0}{T_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0} = \text{konst.}$$

$$\boxed{\frac{p}{T} = \text{konst.}}$$

izochorický zákon
($V = \text{konst.}$)

$$V = V_0 (1 + \beta t)$$

$$\frac{V}{V_0} = 1 + \frac{T - T_0}{T_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} = \text{konst.}$$

$$\boxed{\frac{V}{T} = \text{konst.}}$$

$$\beta = \frac{1}{T_0}$$

Teplota z mikroskopického hlediska

$$p = \frac{1}{3} m N_V \cdot \langle v^2 \rangle$$

$$p = \frac{1}{3} m \frac{N}{V} \langle v^2 \rangle$$

$$pV = \frac{1}{3} m \cdot N \langle v^2 \rangle$$

1 mol (ideálního) plynu

$$N = N_A$$

$$pV = \frac{1}{3} m \cdot \underbrace{N_A}_{=M_m} \cdot \langle v^2 \rangle$$

$$pV = RT$$

$$RT = \frac{1}{3} M_m \cdot \langle v^2 \rangle$$

$$T = \frac{1}{3} \frac{M_m}{R} \cdot \langle v^2 \rangle$$

$$T \sim \langle v^2 \rangle$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

M_m - hmotnost 1 molu

$$R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

(plynová konstanta)

Teplota charakterizuje intenzitu chaotického pohybu molekul v plynu.

Molekul musí být dostatečný počet!

$$T = \frac{1}{3} \frac{\rho_m}{\rho} \langle v^2 \rangle$$

$$\langle v^2 \rangle = \frac{3RT}{\rho_m}$$

$$v_K = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3RT}{\rho_m}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$

- st. kvadratická rychlost

Pr. Jaká je hodnota v_K pro vodík při $T = 300 \text{ K}$

$$\text{H}_2 \dots \rho_m = 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$v_K = \sqrt{\frac{3RT}{\rho_m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,314 \cdot 300}{2 \cdot 10^{-3}}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 1,9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$R = N_A \cdot k_B$$

k_B - Boltzmannova konstanta

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$E_k = \sum_{i=1}^N \epsilon_{k,i}$$

E_k ... celá souhrnná částice
 ϵ_k ... jedna molekula

1 mol plynu:

$$E_k = \sum_{i=1}^{N_A} \epsilon_{k,i} = \sum_{i=1}^{N_A} \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m \sum_{i=1}^{N_A} v_i^2 = \frac{1}{2} m \cdot N_A \langle v^2 \rangle = \frac{1}{2} \rho_m \langle v^2 \rangle$$

$$\langle v^2 \rangle = \frac{3RT}{\rho_m}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \rho_m \cdot \frac{3RT}{\rho_m} = \frac{3}{2} RT$$

$$U = E_k = \frac{3}{2} RT$$

U - vnitřní energie

$$\langle \epsilon_k \rangle = \frac{E_k}{N_A} = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} \cdot T$$

$$\langle \epsilon_k \rangle = \frac{3}{2} k_B \cdot T$$

$$\langle \epsilon_k \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle$$

$$\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle$$

charakteristicky pohyb $\rightarrow \langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle = \frac{1}{3} \langle v^2 \rangle$

1 stupeň volnosti (molekuly) ... $\langle \epsilon_k \rangle_{mo.v.} = \frac{1}{2} k_B T$

$$U = \frac{3}{2} RT$$

1. rta termodinamika' (ZEE pro stym)

$$dQ = dU + p dV$$

$$V = \text{konst.} \quad : \quad dQ = dU$$

C - molarni tepelna kapacita ... $C = \frac{dQ}{dT}$

$$C_V = \left. \frac{dQ}{dT} \right|_{V=\text{konst.}} = \frac{dU}{dT}$$

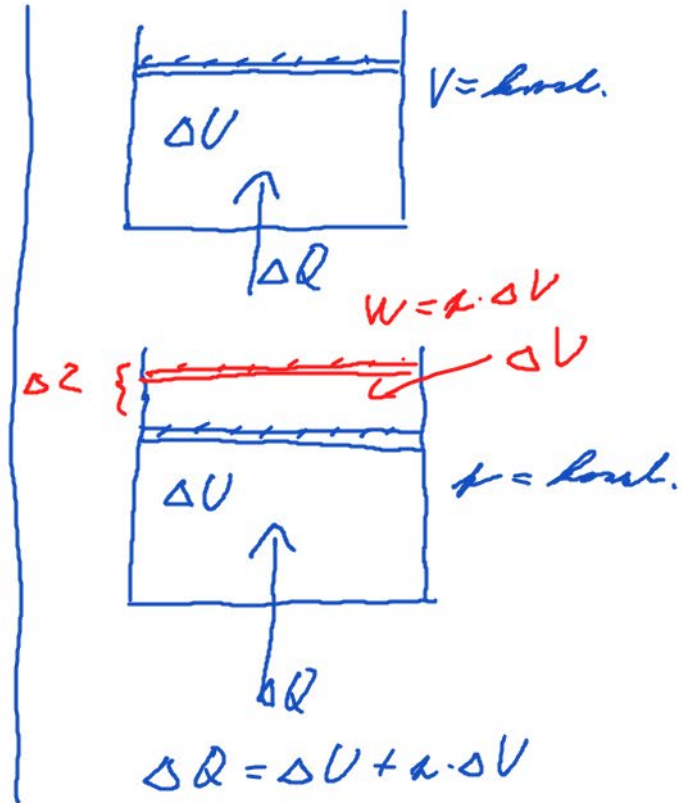
$$C_V = \frac{d}{dT} \left(\frac{3}{2} RT \right) = \frac{3}{2} R$$

$$C_P = C_V + R$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

Mayerov vztah

γ - Poissonova konstanta



izochorický děj : $\Delta Q = \Delta U$

$$dQ = dU + p dV$$

dodáváme teplo \rightarrow roste vn. energie \rightarrow zvětují se $\langle v^2 \rangle \rightarrow$

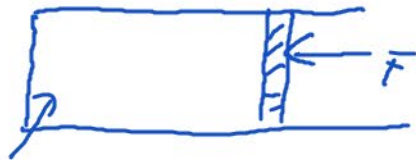
\rightarrow zvětšují intenzitu chaotického pohybu molekul plynu

adiabatický děj

$$dQ = dU + dW$$

$$dQ = 0 \rightarrow 0 = dU + dW \rightarrow dU = -dW$$

$$\Delta U = -W$$



plyn

\rightarrow Přeměna práce v teplo je doprovázena jako degradace uspořádaných makroskop. pohybů v chaotický pohyb molekul.