

I. Hőtan - bevezetés

1.) Newtoni és statisztikus leírás.

- Egyetlen részecske mozgásának leírása Newton - törvények
- Egy részében lévő $\sim 10^{27}$ részecske mozgásának nyomonkövetése lehetetlen \rightarrow \rightarrow statisztikus fizika
- Makroszkopikus és mikroszkopikus leírás
 \downarrow sebességekkel
 állapotjelzőkkel (hőmérséklet, nyomás)

3.) Hőmérsékleti skálák

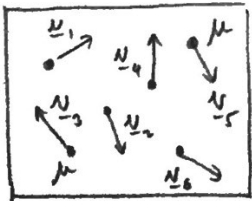
- \rightarrow érzékelésen alapuló mindennapi tapasztalat
- \rightarrow objektív mérték hőm.-függő tulajdonságokon alapul

a.) Celsius-skála: - víz fagyáspontja: 0°C
 normál nyomáson \rightarrow - víz forráspontja: 100°C

b.) Kelvin-skála: - abszolút nulla fok: 0 K
 - víz fagyáspontja: $273,15\text{ K}$
 - $\Delta T = 1\text{ K} = 1^\circ\text{C}$

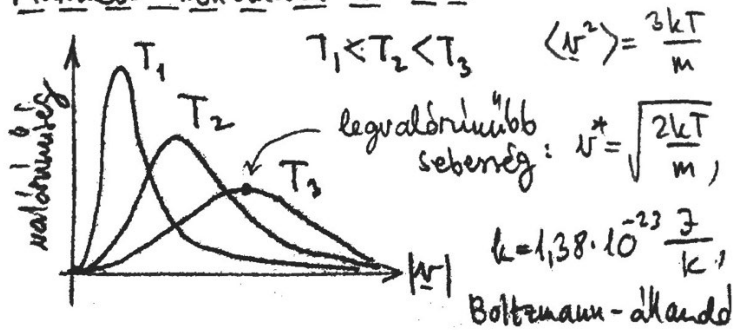
c.) Fahrenheit-skála: - víz fagyáspont: 32°F
 - forráspont: 212°F

2.) Gázcseppcskék sebességeloszlása



μ : tömeg
 $\langle \underline{v} \rangle = 0$ (a gáz Tk-ja nem mozdul el)
 $\langle |\underline{v}| \rangle = ?$, $\langle v^2 \rangle = ?$

Maxwell-Boltzmann-eloszlás:



2.) Extenzív és intenzív állapotjelzők

- a.) extenzív: a rendszer méretével együtt nőnek, két rendszer egyesítésénél összeadódnak, pl: térfogat, tömeg, molekulák, belső energia
- b.) intenzív: a rendszer méretétől függetlenek, két rendszer egyesítésénél ki-egyenlítődnek, pl: hőmérséklet, nyomás, sűrűség

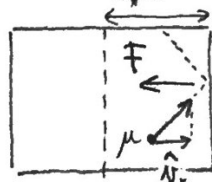
II. A hőmérséklet statisztikus értelmezése

1.) Ideális gáz fogalma

- gáz: legegyszerűbb sokrészecske-rendszer, részecské közötti kölcsönhatás kicsi
- ideális gáz: - részecskék pontszerűek a tartály mértékhez képest
 - részecskék között nincs kölcsönhatás, csak egymással ütköznek
 - valódi gázok jól követik a modellt, ha sűrűségük nem túl nagy
 - makroszkopikus mennyiségeket a gázmolekulák mozgásával hozzuk kapcsolatba

3.) Kinetikus gázelmélet.

Az egyenlőség kedvéért úgy vesszük, mintha minden részecske a \bar{v} négyzetes átlagsebességgel mozogna:
 $\bar{v}^2 = \bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2 + \bar{v}_z^2 = 3\bar{v}_x^2$



Egy részecske ütközésekor az impulzusváltozás:

$$\Delta p = 2\mu \cdot \hat{v}_x$$

A falat Δt idő alatt elérő részecskék száma:

$$\Delta N = \frac{\hat{v}_x \cdot \Delta t \cdot A}{V} \cdot N \cdot \frac{1}{2}$$

\leftarrow fele mozog a fal felé
 \leftarrow csak részecske
 térfogat $\rightarrow V$

A fal által kifejtett erő.

$$F = \frac{\sum \Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta N \Delta p}{\Delta t} = \frac{\hat{v}_x \cdot A}{V} \cdot N \cdot 2\mu \hat{v}_x \cdot \frac{1}{2}$$

$$(*) \quad F = A \cdot \frac{N}{V} \cdot \underbrace{\mu \cdot \hat{v}_x^2}_{\frac{1}{3} \hat{v}^2} = \frac{2}{3} A \frac{N}{V} \cdot \frac{1}{2} \mu \hat{v}^2$$

1 részecske
haladó kin.
energiája

Szabadsági fokok: (f)

Egy részecske független energiaközlési lehetőségeinek száma. Pl: x, y, z irányú mozgás

1-atomos gázra $f=3$, többatomos: $f=6$
2-atomosra $f=5$

Ekwipartíció tétele:

Minden részecske minden szabadsági fokra T hőmérsékleten $\frac{1}{2} kT$ energia jut.

Ezzel (*) egyenlet:

$$F = \frac{2}{3} A \cdot \frac{N}{V} \cdot \frac{3}{2} kT$$

1 részecske haladó kinetikus energiája \rightarrow 3 szab. fok

A nyomás:

Avogadro-állandó: $N_A \approx 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{N}{V} k \cdot T = \frac{N}{N_A V} \cdot \underbrace{N_A}_{R} k \cdot T$$

↑
nyomóerő/felület

$R := 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

4.) Az ideális gázok állapotegyenlete

Az eddigiek átírásával:

$$pV = NkT = nRT,$$

ahol $n = N/N_A$ a molok száma.

Hár alakelet: Ált. gázörv: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$

$$n = \frac{m}{M} \left\{ \begin{array}{l} \leftarrow \text{gáz tömege} \\ \leftarrow \text{moláris tömeg} \end{array} \right. \quad pV = \frac{m}{M} RT$$

sűrűség: $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow p = \frac{m}{V} \cdot \frac{1}{M} RT$

5.) A belső energia fogalma

A belső energia a gáztérszékék gáz TKP-jához viszonyított mozgásából fakadó kinetikus energia:

$$1 \text{ részecske} \rightarrow \epsilon = \epsilon_{\text{haladó}} + \epsilon_{\text{forgó}} \rightarrow$$



Ekwipartíció: $\epsilon_{\text{haladó}} = 3 \cdot \frac{1}{2} kT$

$$\epsilon_{\text{forgó}} = (f-3) \cdot \frac{1}{2} kT$$

Egy részecske teljes kin. energiája $\frac{f}{2} kT$, így a teljes gáz:

$$E_{\text{belső}} = \frac{f}{2} NkT = \frac{f}{2} nRT.$$

III.) Folyamatok ideális gázokkal

1.) A hőtan I. főtétele

A gáz belső energiája energiaközléssel vagy elvonással változtatható meg, melynek két módja:

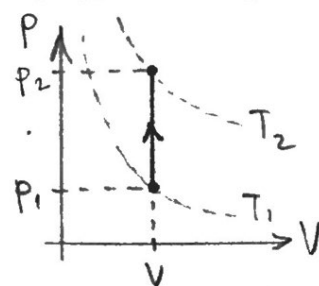
- munkát végeztünk rajta ($W_{\text{köng}}$)
- hőt közlünk vele (Q)

Ezt fogalmazza meg a hőtan I. főtétele:

$$\Delta E_{\text{belső}} = Q + W_{\text{köng}}$$

$W_{\text{köng}} > 0$ összenyomással, $W_{\text{köng}} < 0$ tágulással.

2.) Izochor (állandó térfogatú) folyamat



adott: p_1, p_2, V, n, f

$$T_1 = \frac{p_1 V}{nR}, \quad T_2 = \frac{p_2 V}{nR}$$

belső energia változása: $\Delta E_{\text{belső}} = \frac{f}{2} nR (T_2 - T_1)$

$$\Delta E_{\text{belső}} = \frac{f}{2} (p_2 - p_1) V$$

munkavégzés: $W_{\text{köng}} = 0$ ($\Delta V = 0$)

közölt hő: $Q = \Delta E_{\text{belső}} - W_{\text{köng}} = \frac{f}{2} nR (T_2 - T_1)$

Mólhő: $C_{V,m} = \frac{Q}{n \Delta T} = \frac{f}{2} R \leftarrow$ izochor