

# HÖTANI FOGALMAK

I. Az anyagok dimenzióit merkezetével kapcsolatos mennyiségek:

1) Az atom tömege, rég: - A 12-es névadó törp atom tömegeinek 12-ed része.

$$1u = \frac{m_{^{12}C}}{12} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

2) Relatív atom tömege: - az a szám, amely megmutatja, hogy egy atom tömeje hányszor nagyobb mint a  $^{12}_{6}C$  atom tömege, ekkép 12-ed része, vagyis mint az atom tömege, rég.

$$m_{rA} = \frac{m_A}{\frac{1}{12} m_C} = 12 \frac{m_A}{m_C}$$

3) Relatív mol tömege (relatív molekulatömege)

$$m_{rM} = \frac{m_M}{\frac{1}{12} m_C} = 12 \frac{m_M}{m_C}$$

4) Mól: - az az anyag mennyisége, melynek tömege, gramm-ban kifejezve, egyenlő az illatos anyag relatív molekulatömegevel.

5) Moltömeg, kilomoltömeg:  $\mu$

• Pl.  $\mu_{H_2} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$ ,  $\mu_O = 16 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$ ,  $\mu_{H_2O} = 18 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$ , 1db.

⑥) Avogadro törvénye: - Azonos hőmérsékletben és nyomában egy mol anyag gáz térfogata a gáz működéséhez függeltenül ugyanakkora ( $V_m$  - mólterefogat)

- normal körikmélyek: ( $T_0 = 273,15\text{ K} \approx 273\text{ K}$ ,  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ,  $P_0 = 1\text{ atm}$ )  
 $P_0 = 101,325 \frac{\text{N}}{\mu^2} \approx 10^5 \frac{\text{N}}{\mu^2} (\text{Pa})$

- $(P_0, T_0) \rightarrow V_{P_0} = 22,42 \frac{\mu^3}{\text{kmol}}$

¶) Tulajdonság: - Egy molay: melegítégen, függőlegesen  
az anyag terméketéből, a molekulák részben  
azonos! Avogadro-mátrix

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molekula}}{\text{kmol}}$$

¶) Mólra, kilomólra: - megosztja, hogy egy adott anyag  
melegítégen hánysz mól (kilomól) van, az  
anyaggal melegítés  
mentelke.

$$V = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A} \stackrel{(p, T)}{=} \frac{V}{V_{P_0}} \stackrel{(P_0, t_0)}{=} \frac{V_0}{V_{P_0}}$$

ez csak gázokra  
érülhet

$$1V = 1\text{ kmol}$$

Cílapontok:  $\mu$

¶) Koncentráció:

$$m = \frac{N}{V}$$

$$\mu = \frac{N_A}{V_P}$$

- gázakra

- Dashmidt-féle mátrix - jelenti a koncentrációt  
normál körikmélyek között

$$m_0 = \frac{N_A}{V_{P_0}} = 0,2686 \cdot 10^{26} \approx 2,7 \cdot 10^{25} \frac{\text{molekula}}{\mu^3}$$

- minden függ a gáz terméketéből!

¶) Sűrűség:

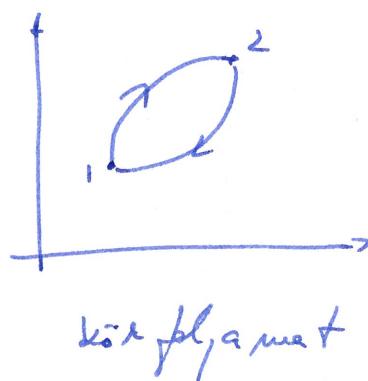
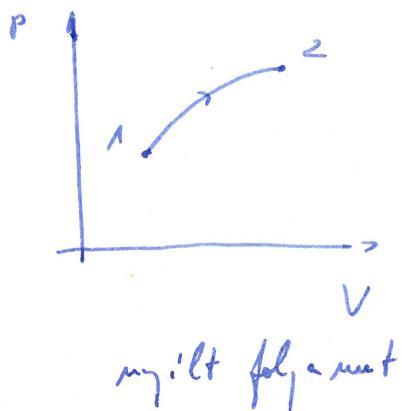
$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{\mu}{V_P}$$

- gázakra

## II. Termodynamikai alapfogalmak:

- 1) Termodynamika rendszere: - nyílt  
- zárt  
- izolált
- 2) Termodynamika rendszere állapot: - állapotkarakterizálók (állapotparaméterek)
- 3) Termodynamikai egyensúlyi állapot: - az állapotkarakterizálók állandók.
- 4) A állapot változás folyamata: - egy vagy több állapotkarakterizáló időben változik.
- 5) Kvazimechanikus folyamat: - magasan besorva, a közvetett állapotok ismertek és egyensúlyi állapotok ismertek. Tehát kvazimechanikus folyamat során a T.R. egyensúlyi állapotokon keresztül jut eggyel előző állapotból egy következő állapotba.

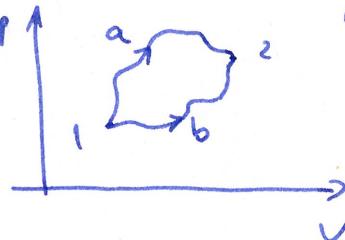


- A kvazimechanikus folyamatok reverzibilisek

6) Belső energia: - jelent: a T.R.-t alkotó részecskék mozgási-energiáinak, valamint az intermolekuláris erőknek megfelelő potenciális energiáknek összegét ( $U$ )

- A belső energia csak akkor változik meg, ha a külső körihatások megváltozásakor a rendszer környezetben termodynamikai egységből állapothatárosból.
- A belső energia állapothatárosból (állapotfüggvény), mert egy folyamat során a változásra nem függ a folyamat útvonalról, csak a rendszer kezdeti és végső állapotaiból.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad |$$



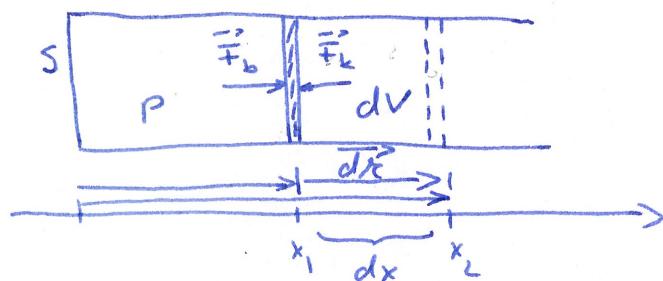
$$\Delta U_{1a2} = \Delta U_{1b2}$$

- A belső energia additív mennyisége



$$U_{\text{öss}} = U_A + U_B + U_C + U_D$$

7) A mechanikai munka: - Az energia általánosított formája, folyamatfüggvény, értéke függ a folyamat útvonalról



$$dL_{\text{belső}} = \vec{F}_b \cdot \vec{dr} = (\vec{F}_{bx} \cdot dx) = |\vec{F}_b| \cdot |\vec{dr}| \cdot \cos\alpha$$

- kiterjedés kar:  $dL = |\vec{F}_b| \cdot |\vec{dr}| \cdot \cos\alpha = p \cdot S \cdot dx > 0$

$$L = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV > 0$$

- kiterjedés kar a belső erők munkája pozitív, mert minden adott  $\vec{F}_b$  munkája pozitív.

- Összegomás kör:  $dL = |\vec{F}_b| \cdot |\vec{dx}| \cdot \cos \alpha = p \cdot S \cdot |dx| \cdot (-1) = p S dx = p \cdot dV < 0$

$$L = \int_{V_1}^{V_2} p dV < 0$$

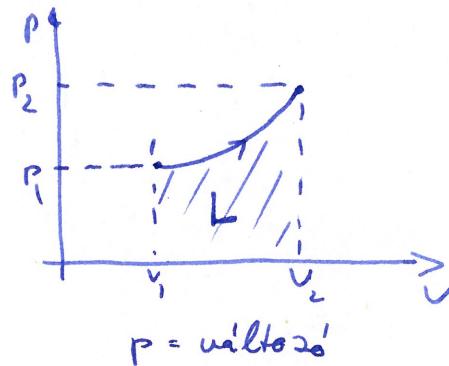
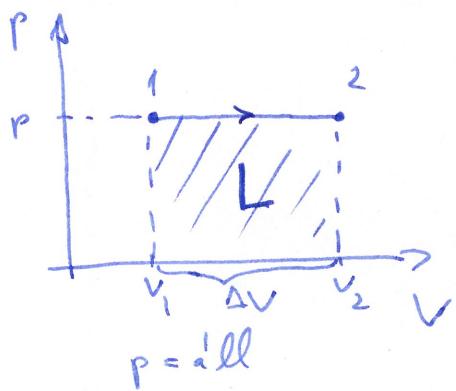
- összegomás kör a belől erők munkája negatív, a rendszer energiát vesz fel munka formájában.

- Térkör: - hőforrásban a munka

$$L = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

- Ha  $p = \text{áll.}$ :  $L = p \Delta V$

### A mechanikai munka grafikus értelmezése:



- A véjték munka pályájának egyenlő a grafikon alatti (előjelen) területtel. (kiterjedésük pozitív, összegomás kör negatív)
- Körbefogás munka:  $p \uparrow$



8) A mechanika munka és a belső energia (adiabatikus átalakulás)

- adiabatikus átalakulás : - energia csere csak munka formaiban lehetséges (mincs növekedés),  $|Q_{ad}| = 0$

- kiterjedés :  $L_{ad} > 0$ , de  $\Delta U < 0$  - energia ledes

$$L_{ad} = -\Delta U$$

- önkényomás :  $L_{ad} < 0$ , de  $\Delta U > 0$  - energia felvétel

$$L_{ad} = -\Delta U$$

- Tehát :

$$\boxed{L_{ad} = -\Delta U}$$

9) A hő : - az energia csere formája, folyamatfolyamány, értéke függ a folyamat iránytól.

- leadott hő :  $Q < 0$  - leadott energia

- felvett hő :  $Q > 0$  - felvett energia

10) A hő és a belső energia (izoterm átalakulások)

- izoterm átalakulás : - mincs munka nélkül, energiacsere csak hő formájában lehetséges,  $|L|=0, V=\text{all}$

- leadsás :  $Q_v = \Delta U < 0$

- felvétel :  $Q_v = \Delta U > 0$

- Tehát :

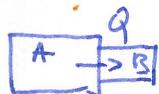
$$\boxed{Q_v = \Delta U}$$

11) Általában:

$$\boxed{\Delta U = Q - L}$$

## 12) A hőmérőklet :

- Termikus kapcsolat :



- energiácsere közben  
nem hő formájában

$$U = U_A + U_B = \text{konst}$$

- Termikus egyensúly : - A és B között minős hőcseré törökikus kapcsolat esetén

- A termikus egyensúly transzitívitásának elve :

Ha (A és B) és (B és C), akkor (A és C). A 'transzitivitás'

- Empírikus hőmérőklet : - a transzitivitás elve alapján  
vezethük be. Olyan állapotkarakterisztikai paraméter, mely a  
rendszerparaméterekekkel egyszerűen meghatározza a  
rendszerek termodynamika-egyenlőtlenségeit.

- Hőáramlások a hő a molekula testtel a hő, ebből következhet meg az át.

- Termosztát - hőmérőklet nem változik meg, ha a rendszerrel kerül termikus kapcsolatba. Nevezik  
még hőtermelőnek, hőfertőzőnek.  
Termikus egyensúly beiktatása a termosztáthoz  
kapcsolatba került test hőmérőklete meg, ez csak  
a termosztát hőmérőklettével.

- Állapotfüggvételek :

$$U = U(t, V) \quad - \text{termikus állapotfüggvélet}$$

$$P = P(t, V) \quad - \text{termikus állapotfüggvélet}$$

- ! termikus egyensúly  $\neq$  termodynamika-egyenlőtlenség !

## 13) Hőmérőklet mérése : - Celsius skála

# TERMODINAMIKA

-8-

## I. A tökéletes gáz törvénye:

### A tökéletes gáz (ideális gáz) modellje

- 1° Nagymánum rétegeskéből áll, a rétegeskék által a pontokat
- 2° A rétegeskék mozgása rendszertelen (kaoktikus)
- 3° A rétegeskék tökéletesen teljesen ütköznek egymással és az edény felével
- 4° Két egymáshoz közelítő gázszövetségben a gázszövetségek végeznek. Fizika: leírásuk a klasszikus mechanika törvényei alapján történik
- 5° A rétegeskék közelítően hatnak intermolekuláris erőkkel.

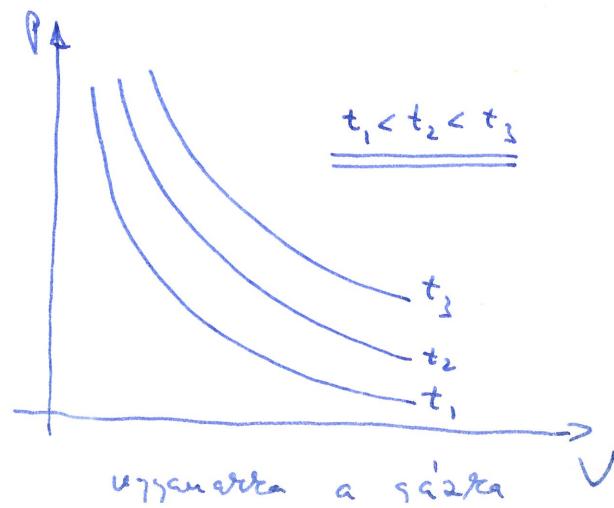
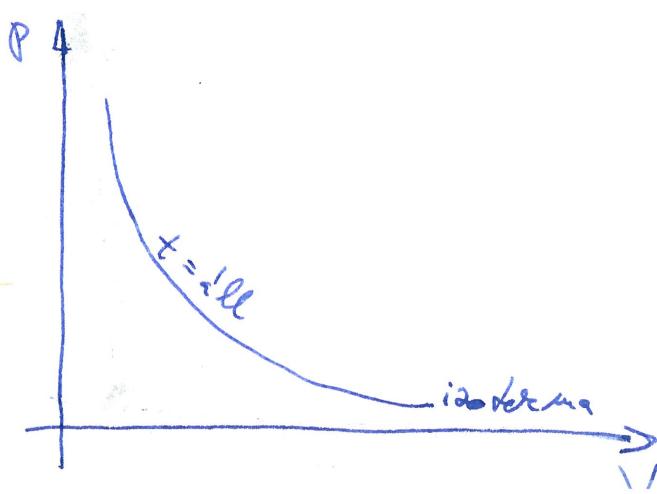
### A modell következménye:

- 1°, 5°  $\Rightarrow$  az id. gáz nem csoportfogásba kerül, pontai szabadítatlan
- 5°  $\Rightarrow$  az id. gáz belsőenergiája a rétegeskék mozgási energiájuk összege, mincs potenciális energia komponens.
- 3°  $\Rightarrow$  az id. gáz mozdulata a rétegeskéknek az edény felével törekedő ütközései következménye.

### 1. A Boyle - Mariotte törvény (id. szem összefügg.)

$$t = \text{áll.}, \mu = \text{áll.}$$

$$P \cdot V = \text{áll.}$$



Az izotermikus jelensége: - a körfolyamat (vagy felgyűjtés) érintői izotermák által megkötözött érintetlen pontokban a gáz tömeg- és körbe minimális illetve maximális.

2. A Gay-Lussac törvény (izobár alkalmazás):

$$P = \text{állandó}, \quad n = \text{állandó}.$$

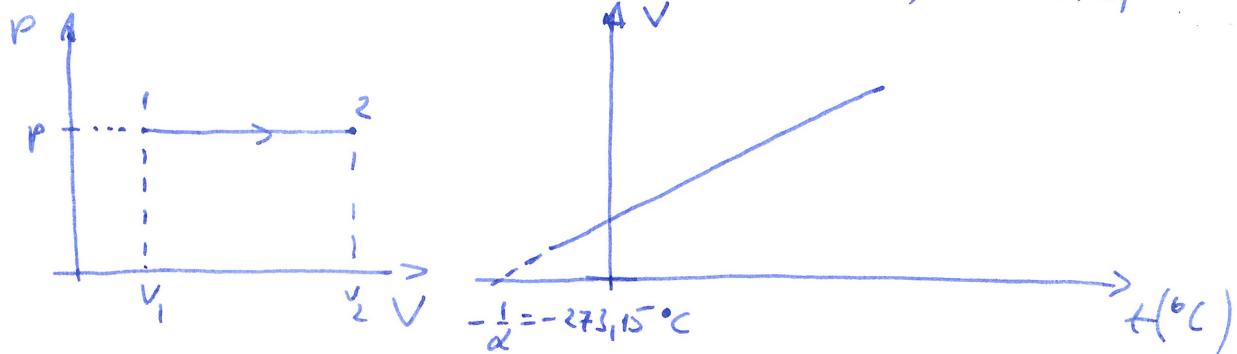
$$\boxed{\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha t}$$

$\frac{V - V_0}{V_0}$  - relatív térfogat változás

$V_0$  - a gáz térfogata  $0^\circ\text{C}$ -on

$V$  - a gáz térfogata  $t^\circ\text{C}$ -on

$\alpha$  - izobár hőszám. szabály (együtthatás)  $\alpha = \frac{1}{273,15} \text{ fok}^{-1}$



Az abszolút hőmérőfok (Kelvin)

Celsius

Kelvin

100  
beontás

$100^\circ\text{C} = 373,15$

$0^\circ\text{C} = 273,15\text{ K} = T_0 = \frac{1}{\alpha}$

$-\frac{1}{\alpha} = -273,15^\circ\text{C} = 0\text{ K}$

$$\boxed{T(\text{K}) = t(\text{°C}) + T_0}$$

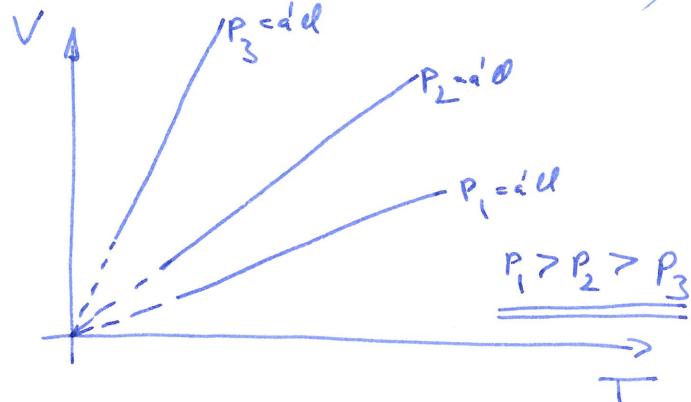
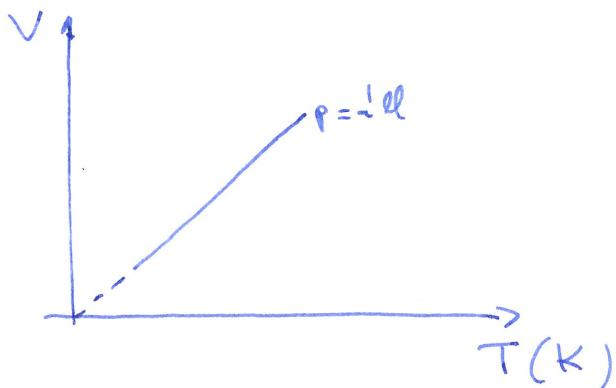
- abszolút zéró fokon ( $0\text{ K}$ ) az id. gáz térfogata (és nyomása) zero

t2 izolátor átalakulás törvénye abszolút hőmérőkkel:

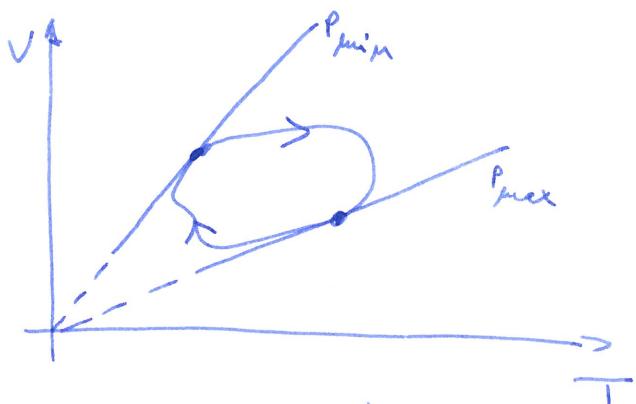
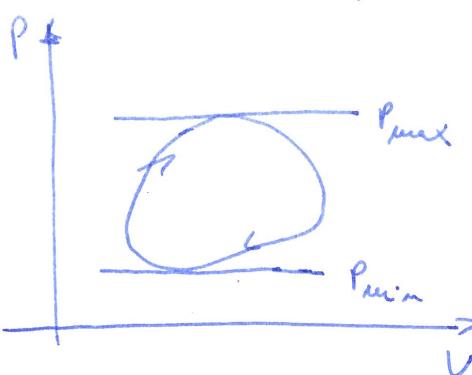
$$\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha t = \alpha (T - T_0) \quad \text{stb.} \quad \Rightarrow \quad \frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} \left( = \frac{\partial R}{R} \right)$$

$$\boxed{\frac{V}{T} = \text{áll.}} = \frac{\partial R}{P}$$

a termikus ellenállás  $\propto$  ennek (Clapeyron - Duhem elvén alapján / Lenzel. Kézibb)



t2 izolátor jelenlétéje:



3. A Charles törvény (izoskar átalakulás):

$$V = \text{áll.}, \quad \mu = \text{áll.}$$

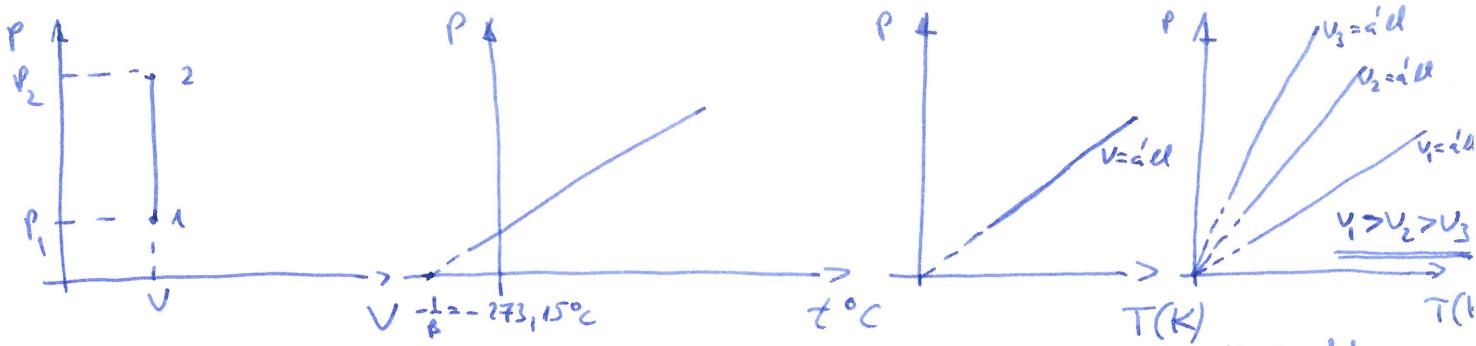
$$\boxed{\frac{P - P_0}{P_0} = \beta t}$$

$\frac{P - P_0}{P_0}$  - relatív gyomás változás

$P_0$  - a gáz nyomása  $0^\circ\text{C}$ -on

$P$  - a gáz nyomása  $t^\circ\text{C}$ -on

$\beta$  - a nyomás-változás hőmérsékleti elhelyezkedése  $\text{fok}^{-1}$   $\beta = \frac{1}{273,15}$



Az izochor által különböző függvénye abszolút hőmérőkellel:

$$\boxed{\frac{P}{T} = \text{all}} = \frac{\partial R}{V}$$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

### Az izochorok jelensége



### 4. A Clapeyron - Raoult-törvény - egyenlet (termikus állapotgyűjtemény)

$$\mu = \text{all}$$

$$\boxed{\frac{P \cdot V}{T} = \text{all}} = \frac{\partial R}{V}$$

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_0 \Delta V_{T_0}}{T_0} \Rightarrow \frac{P_0 V_{T_0}}{T_0} = \partial R$$

!!!  $\boxed{PV = \partial R T}$  - Clapeyron - Raoult-törvény - egyenlet  
- termikus állapotgyűjtemény

$$\bullet \quad PV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{N}{N_A} RT$$

$$p = \frac{1}{\mu} \rho R T$$

$$P = \frac{1}{N_A} m R T$$

$$m_0 = \frac{P_0 N}{R T_0}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \frac{N}{N_A}$$

Lásd még  
fölleírás

## II. A termodynamika fő tételei:

1. A termodynamika I. fő tétele (az energia megtartás és átalakulás törvénye)

$$\boxed{\Delta U = U_2 - U_1 = Q - L} = Q + L_L$$

Következmények:

a) Körfolyamra (pl. hőcserépekre)  $\Delta U = 0$

$$\underline{L = Q} \quad (\text{ha } L > 0, Q > 0)$$

- Nem lehet minden termelni energia (hő) felvétel nélkül, vegyélis nem lehet elszigetelt örökléseszt építeni.

b)  $Q = 0$ , adiabatikus folyamat

$$\underline{L = -\Delta U}$$

- Ha mindegyik felvétel a rendmér termelhet mindenkit (nem körfolyamat során) a belsőenergiákat rövidítve, (adiabatikus folyamat során).

c) ha  $L = 0, Q = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$

$$\underline{U_2 = U_1} \quad - az \text{ energia megtartás törvénye}$$

- Isolált rendmér energia állandó!

2. A termodynamika elszigetelések alkalmazásai

2.1. Kaliometria. Kaliométriei együtthatók:

A kalioméria: az a hő, amely 1g viz hőmérsékleteivel  $1^{\circ}\text{-al}$  fűzhető víz emeléséhez szükséges ( $14,5^{\circ}\text{C}-ról, 15,5^{\circ}\text{-re}$ )

$$\boxed{1 \text{ cal}_{15} = 4,1855 \text{ J}}$$

a) A hőkapacitás:

$$\boxed{C = \frac{Q}{\Delta T}}$$

$$, \langle C \rangle_{si} = 1 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Ert.: - szában is

- A hőkapacitás függ a test tömegétől és anyagi tulajdonságaitól.

b) A fajka:

$$\boxed{c = \frac{1}{m} \cdot \frac{Q}{\Delta T}}$$

$$, \langle C \rangle_{si} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Ert.: - nélkül is

- A fajka a test anyagi tulajdonságaitól függ, anyagilag

$$\underline{c = \frac{C}{m}}$$

c) A molka:

$$\boxed{C^* = \frac{1}{V} \frac{Q}{\Delta T}}$$

$$\langle C \rangle_{si} = 1 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Ert.: - nélkül is       $dQ = \dot{V}C dT$       a csillagot csak most használjuk, hogy ne téveszzen össze a molkát a hőkapacitáthoz

$$\underline{C^* = \frac{C}{V} = \mu c} \quad Q = \int_{T_1}^{T_2} \dot{V}C dT$$

Megj: - Gázoknál a kalorikus együtthatókkal függnek az általa - külön típusaihoz ( $c_p, c_v, q, C_p^*, C_v^*, C_T^*$ )

- A tömörítésekben a  $C^*$  lehet csak  $C$ -t használunk a molkára. A hőkapacitásnak gázoknál nemigen lehetséges a feladatot megoldani.

2.2. A termodynamika első fő tételeinek alkalmazása az id. gáz egységei általakulására:

a) isochor általakulás ( $m = \text{id.} \ gáz$ ,  $V = \text{id.} \ V$ )

$$\boxed{L = 0}$$

$$\Delta U = Q = \nu C_V \Delta T = m c_v \Delta T$$

Megj: 1° a  $\Delta U = \nu C_V \Delta T$  bekönyv általakulásra írható, mert a belső energia állandó foglalja, változásra nem fog az általakulás miatt semmilyen hatástól csak a kezdői és végzői állapotból (ezek is a kezdői és végzői hőmérsékleteket adott gáz osztánya).

$$2^{\circ} \Delta U = U_2 - U_1 = \nu C_V T_2 - \nu C_V T_1$$

$$U = \nu C_V T - \text{áll.}$$

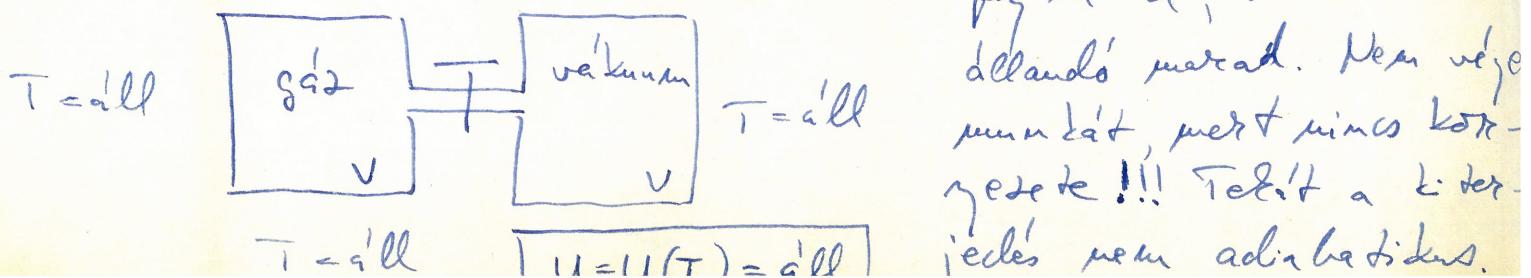
Az áll = 0, mert kell teljesüljön a  $T \rightarrow 0 \Rightarrow U \rightarrow 0$  feltétel. Tehát:

$$\boxed{U = \nu C_V T = m c_v T}$$

- A dob megnyújtott és nögyenőjű ideális gáz belső energiaja csak a hőmérsékletet fogja meg. Ez a tényt Kármán körökben Joule járolta.

Joule törcse (kísérlete):  $- +$  csap ki a hőt utána

$$T = \text{áll.} \quad \underline{Q = 0!!} \quad \underline{L = 0!!} \rightarrow \text{a gáz } 2V \text{ területet fog fel, de hőmérsékleten lecsökken. Nincs vége}$$



b) izotérm átalakulás ( $\mu = \text{ill}$ ,  $T = \text{ill}$ )

$$Q = \nu C_p \Delta T = \mu \delta_p \Delta T$$

$$\Delta U = \nu C_v \Delta T = \mu \delta_v \Delta T$$

$$L = P \Delta V$$

Beteges készítve az elso füzetben:

$$\nu C_v \Delta T = \nu C_p \Delta T - P \Delta V \quad \text{de} \quad P \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$\nu C_v \Delta T = \nu C_p \Delta T - \nu R \Delta T$$

$$R = C_p - C_v \quad \text{- Robert-Mayer összefüggés}$$

$$\frac{R}{\mu} = \delta_p - \delta_v$$

c) izoterm átalakulás ( $\mu = \text{ill}$ ,  $T = \text{ill}$ )

$$\Delta U = 0$$

$$Q = L_s = \nu R T \ln \frac{V_2}{V_1} = 2,3 \nu R T \lg \frac{V_2}{V_1}$$

$$= P V \ln \frac{V_2}{V_1} = 2,3 P V \lg \frac{V_2}{V_1}$$

$$\text{de} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2 ; \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} \quad \text{↑ felhasználható!}$$

megj:  $C_T = \infty$

d) Adiabatikus átalakulás ( $Q=0$ ,  $m=\text{áll}$ )

Energetikai tényezők ( $\rightarrow$  fő rész)

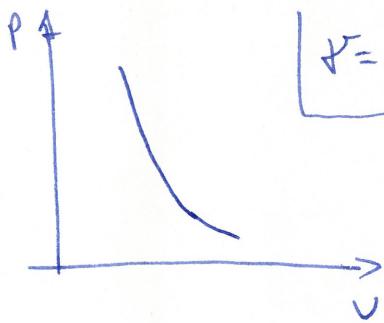
$$\boxed{\begin{aligned} Q &= 0 \\ \Delta U &= -L_{ad} = \partial C_V \Delta T \\ L_{ad} &= -\partial C_V \Delta T \end{aligned}}$$

$$C_{ad} = 0$$

Kinetikai tényezők: Poisson egyenlet

$$\boxed{pV^\gamma = \text{áll}}$$

, felhasználva a  $pV = \partial RT$  állapot  
egyenletet, megírható:



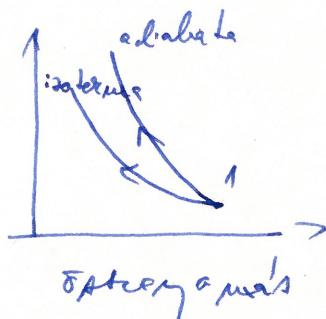
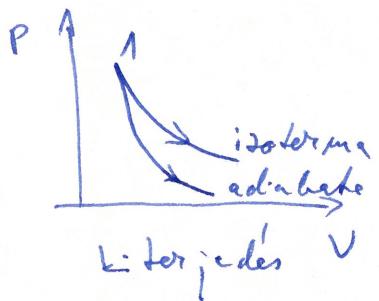
$$\boxed{\gamma = \frac{C_P}{C_V}} \quad \text{- adiabatikus körvonal}$$

$$\boxed{T \cdot V^{\gamma-1} = \text{áll}}$$

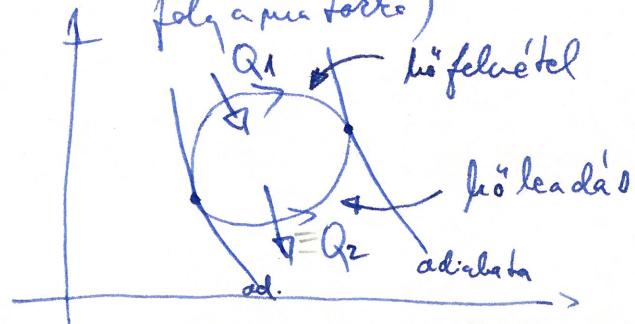
$$\boxed{T^\gamma \cdot p^{1-\gamma} = \text{áll}}$$

$$\text{Ez } T^{\frac{1}{\gamma-1}} \cdot p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \text{áll}$$

Megj: 1° Az adiabatikus és az izoterma viszonya:



2° Az adiabatikus jelensége körfolyamatokra (vég)  
(folyamatokra)



### 3. A termodynamika II. főtétele:

#### 3.1. A mechanika munka és a hőcsere körfolyamatoknál:

• Körfolyamatra:  $\Delta U = 0$

$\downarrow$  I. főtétel értelmeiben

$$\underline{L = Q}$$

• Ha  $L = Q > 0 \Rightarrow$  az I. főtétel alapján lehetséges, hogy egy hőcserégép a felvett hőt teljes mértékben munkává alakítva, monotonikus körfolyamat során.

• A tapasztalat ezt nem igazolja  $\Rightarrow$  miértéjes az II. főtétel

#### 3.2. A termodynamika II. főtétele W. Thomson megfogalmazásában

- Monotonikus körfolyamat során a termodynamika rendszerek (hőcserégép) nem végezhet munkát a körgyűrűn. Ha a monotonikus körfolyamat irreverzibilis, akkor a körgyűrűt végezhet munkát a termodynamika rendszerek

$$\underline{\Delta U = 0, L = Q < 0}$$

#### 3.3. Az elso főtérel monotonikus folyamatokra

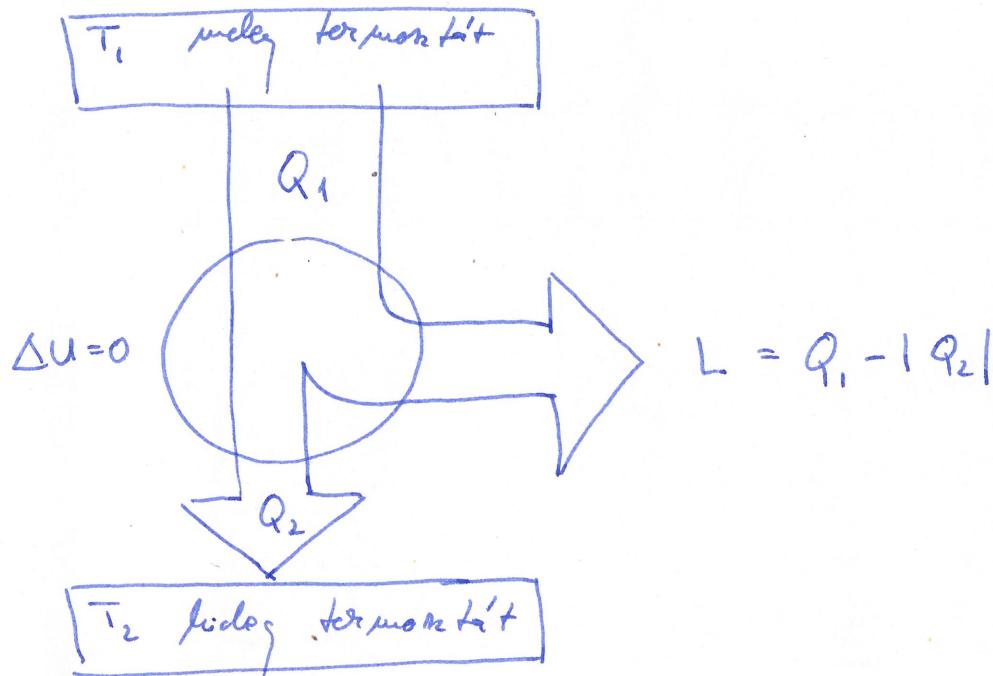
$$\boxed{\Delta U = Q - L = Q_1 + Q_2 - L = Q_1 - |Q_2| - L}$$

$Q_1 > 0$  felvett hő

$Q_2 < 0$  leadott hő

### 3.4. A hőerőgép hatérfoka:

Körfolyamatra:  $\Delta U = 0$ ,  $L = Q_1 - |Q_2| > 0$



$$\gamma = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = \frac{P_{\text{termelés}}}{P_{\text{befektetett}}}$$

### 3.5. A termodynamika II. főtételé R. Clausius megfogalmazása

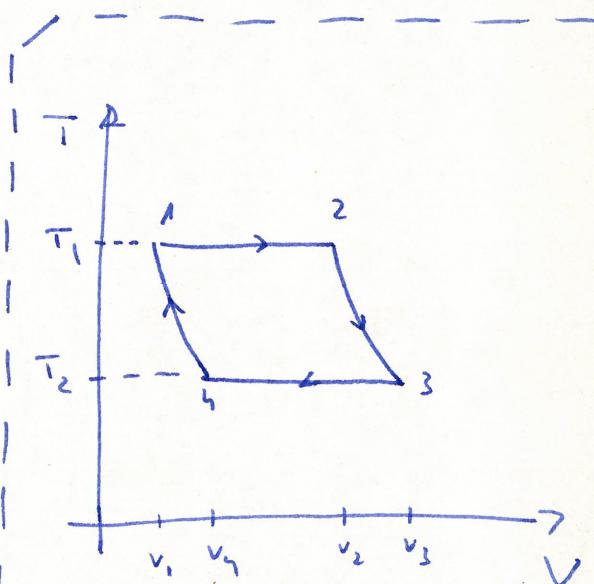
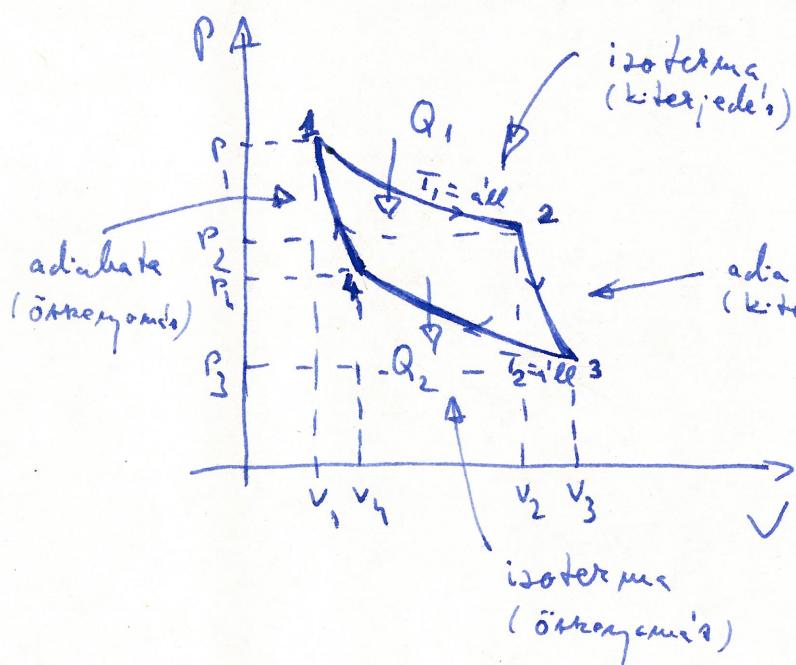
- Nem lehetséges olyan átakadás, amelynek egészüli eredménye az volta, hogy adott hőmérsékletű testről, önként, hőmegne át magasabb hőmérsékletű teszre.

## 4. Hőerőgépek:

### 4.1. A Carnot fél hőerőgép:

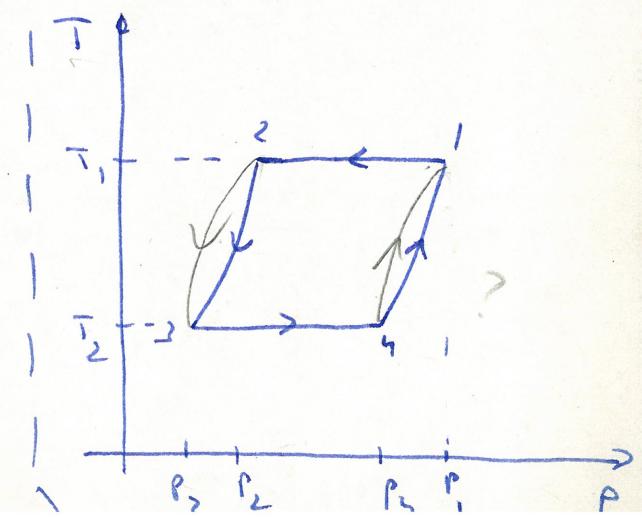
#### 4.1.1. A Carnot fél hőciklus (Carnot ciklus):

- kiszáradtaknak hőciklus (körfolyamat), amely két izoterme és két adiabatikus munkahál áll.
- célja a hőerőgépek hatékonyságának javítása
- nem valósítható meg, elvileg, ideális hőciklus (ideális gázat használunk és termodynamika nem pont hál ideális anyagú keveréket és dugattyút: a keverék fala tökéletes hőszigetelés, ugyanúton a dugattyú is, a keverék alja cserélhető tökéletes hővezetőre az izoterme munkahál, valamint tökéletes hőszigetelőre az adiabatikus munkahál)



$T_1$  - a magas hőterhelés (termosztát)  
keverésekkel, amely so'l hőt ver fel a gép

$T_2$  - a lüdgy hőterhelés keverésekkel, amely so'l hőt ad le a gép.



#### 4.1.2. A Carnot körfolyamat hatérfoka:

$$\eta_C = \frac{L}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

ezek mindenkor  
kör folyamának  
elvényszerűbb figyelek

ez csak a Carnot  
kör folyamának  
elvényszerűsége

#### 4.1.3. Következmények:

- 1° Mivel  $T_2 < T_1$ , a hőerőgépek hatásfoka nem lehet  $= 1 - c\ell$  (100% - al) mint ideális munkködés felülvétele közöttükre.
- 2° A V-károkban nem fizikai feltámasztott ideális gázról, vagyis a munkavégző gázról, hanem kizártak a két hőforrás közötti környezetük lehetségei.
- 3° A Carnot hatérfok annál magasabb, minél magasabb a  $T_1$  és  $T_2$  közötti különbség. (Ez más hőerőgépekre is érvényes)
- 4° Mivel a Carnot hatásfoka  $\neq 1 - c\ell$  esetén  $T_1$  nem lehet végtelen és  $T_2$  nem lehet zéró'. Tehát az abszolút zéró' fokot (0K-t) nem lehet elérni egyszerűen termodynamikai rendszerrel sem, fizikai hőszínűggyel.
- 5° Ha t adott termosztát csatolnunk ( $T_1$  és  $T_2$  adottak) a hőerőgépek közül a legmagasabb hatásfoka a Carnot gépnek van (c's a 2 is kisebb, mint 1), az összes többi hatásfoka kisebb, mint a Carnot gépé.

## I. Az ideális gáz törvényei:

### 1. Molekuláris rendszerek statikus törvényei:

- Az elmélet ideális gázral (egyszerű molekula, melyek átmeneti pontok, tengelyesan ütköznek egymással és ez előírja felüvel, közöttük nem hatnak intermolekuláris erők) dolgozik, melynek leírása statikus törvények segítségével történik. A statikus törvények átlagértékeket tartalmaznak.

### 2. Az ideális gáz modellje: (bár a termodynamikaban)

### 3. A kinetikus gázelmélet alapjai

- A gáz egységeinek kinautálására vonatkozik
- A gáz egysége, a gáz molekuláinak az előír felüvel történő ütközéseknek következménye

$$P = \frac{2}{3} n \frac{\mu_0 \bar{v}_T^2}{2} = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}_{Tc}$$

ahol:  $n = \frac{N}{V}$ , a gáz koncentrációja,  $\bar{v}_T$  az egy sebessége:  
tér fogatható lévő molekulák száma

!!  $\mu_0$  - egy molekula tömege !!

$\bar{v}^2$  - a molekulák sebességi négyzetek átlaga,  
ami egyenként a termikus sebességi négyzetek  
( $v_T^2 = \bar{v}^2$ )

$\bar{\epsilon}_{Tc} = \frac{\mu_0 \bar{v}_T^2}{2}$  - egy molekulára eső közepes, transz  
lációs (haladási) mozgási energia.

- Tehát :- A gáz nyomása egyszerű az egységek: térfogatban levő gáz molekulák közepes transzlációs mozgási energiájának költhető módjával.
- Megi. :- A gáz nyomása, bármilyen típusú gáz esetén, csak a molekulák haladású mozgásának függvénye, mert a haladás (transzláció) következtében való súlfaktusnak megítélhetők a molekulák és az edény fele  $\frac{1}{2}mv^2$ . A költhető molekulák a haladású mozgás mellett rezgésükkel és forgatásukkal is járnak közelről, de a gáz nyomása csak a haladású mozgásról függ és nem a forgó, rezgő mozgásról.

#### 4. A hőmérséklet molekuláris - kinetikus általánosítása: ( Boltzmann-képzettsége )

- Az ideális gáz hőmérséklete a molekulák átlagos mozgási energiájának (beléleltve minden lépést: transzláció, rotáció, vibráció), vagyis a molekulák mozgásintenzitásának a mértéke.

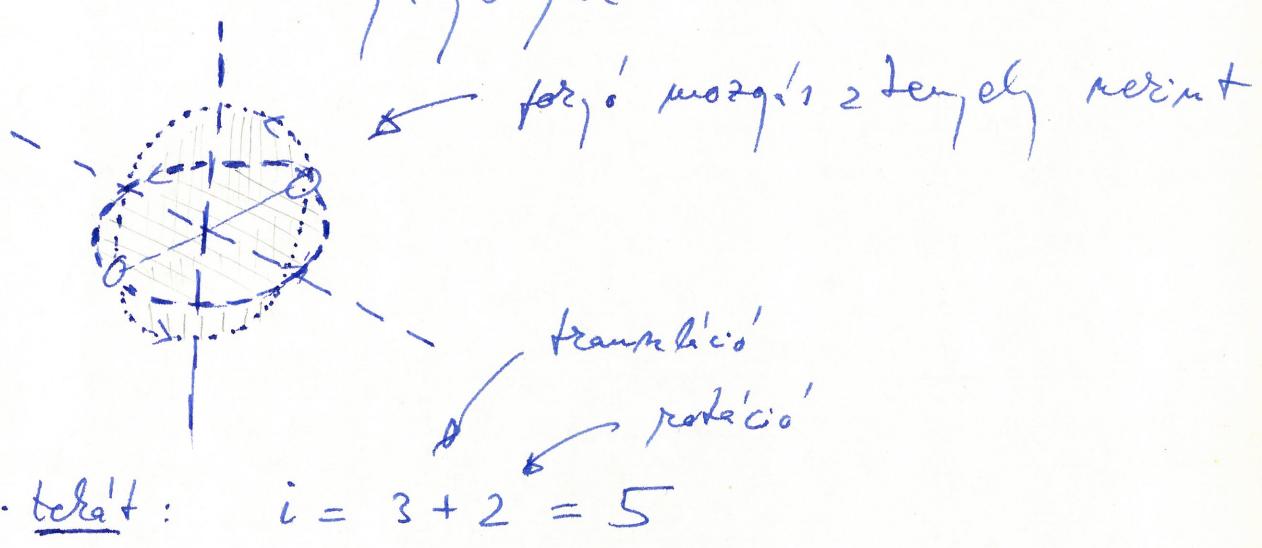
##### 4. 1. Szabadságfokok:

- Az mechanika rendszer adott mozgási lehetségeit a rendszer szabadságfokaival nevezzük.
- A mozgási lehetségek számát a szabadságfokok számának névezzük és i-val jelöljük

Például:

a) egyatomos molekula: elmozdulhat a térszerkezeti rész, törétkelés nélkül: fokai nem minden 3 (i=3). Az egyatomos molekula csak teljesen mozgást végezhet.

b) kétatomos molekula: végeset teljesen mozgást végez transzlációt, amelyből adódik 3 meghibásított fok, és végeset forgó (rotációs) mozgást két tengely mentén; amelyből adódik még 2 meghibásított fok, valamint végeset még rezgőmozgást de ez a gázolárnál elhagyunkuk.



$$\cdot \underline{\text{térkötő}}: i = 3 + 2 = 5$$

Térkötő: - egyatomos gáz meghibásított fokai nem minden  $i=3$ , a kétatomosé pedig  $i=5$ .

4.2. Az energia egyenletek elonkiszáma (elvi partciójának)  
Tétele: (Boltzmann törvénye)

- Ha eggyel termodynamikai rendszer termodynamikai energiájának var, a rendszer minden részbeni felsőzéshez közelítőleg  $\frac{1}{2} kT$  energia érhető el, ahol  $T$  az abszolút hőmérséklete a rendszernek,  $k$  pedig a Boltzmann-állandó! ( $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ )
- Ezért kerülhet meg a molekulák általáos mozgású energiája (beléle tartva minden mozgásban a molekuláknek):

$$\overline{\mathcal{E}} = \overline{\mathcal{E}_{\text{tr}}} + \overline{\mathcal{E}_{\text{rot}}} + \cancel{\overline{\mathcal{E}_{\text{vibr}}} = \frac{i}{2} kT}$$

↑ gázoknál  
elkayalható

Tételegyenere:

$$\boxed{\overline{\mathcal{E}} = \frac{i}{2} kT}$$

a) eggyöttemes ( $i = 3$ ):

$$\overline{\mathcal{E}} = \overline{\mathcal{E}_{\text{tr}}} = \frac{3}{2} kT = \frac{\frac{m_0 v^2}{2}}{\overline{\mathcal{E}_{\text{tr}}}}$$

b) kétöttemes ( $i = 5$ )

$$\overline{\mathcal{E}} = \overline{\mathcal{E}_{\text{tr}}} + \overline{\mathcal{E}_{\text{rot}}} = \frac{5}{2} kT = \frac{\frac{m_0 v^2}{2}}{\overline{\mathcal{E}_{\text{tr}}}} + \overline{\mathcal{E}_{\text{rot}}}$$

- 25 -

4.3. Az ideális gáz belső energiaja, kalorkus állapotegyenlet

- Ha a gáz  $N$  db. molekulához áll:

$$U = N \bar{E} = N \frac{i}{2} kT = \underbrace{\nu N_A \frac{i}{2} kT}_{\text{mert: } N = \nu N_A} - \underbrace{\text{kalorkus}}_{\text{állapotegyenlet}} \text{ á.e}$$

$\nu$  - kiromolásán

a) egyatomos gázra:  $i=3$

$$\underline{U = \frac{3}{2} \nu N_A kT} - \text{kalorkus á.e}$$

b) kétatomos gázra:  $i=5$

$$\underline{U = \frac{5}{2} \nu N_A kT} - \text{kalorkus á.e}$$

4.4. Termikus állapotegyenlet:

- induljunk ki a nyomás képleteből:

$P = \frac{2}{3} m \bar{E}_{fr} = \frac{2}{3} \cdot m \cdot \frac{3}{2} kT$ , mert a transzlációmak 3 szabadsági fok felel meg bármilyen típusú molekulánál. Tehát:

$$\boxed{P = m kT} = \frac{N}{V} \cdot kT = \frac{\nu N_A \cdot kT}{V}, \text{ ahol:}$$

$$\underline{P V = \nu N_A kT}$$

!!

Számitás alapján:  $\underline{N_A \cdot k = R}$ , tehát:

$$\boxed{P V = \nu R T} - \text{termikus állapotegyenlet}$$

Megj.: - díltató, hisz, oda jutottunk akora a termodinamika is vezetett!!!

#### 4.5. Vizsgáld a kelorikus állapotgyenletek

$$U = \sigma N_A \frac{i}{2} kT , \text{ de } N_A \cdot k = R$$

$$\boxed{U = \frac{i}{2} \sigma RT = \frac{i}{2} PV} \quad - \underline{\text{kelorikus állapotgyenletek}}$$

a) Egyatomosra:

$$\boxed{U = \frac{3}{2} \sigma RT = \frac{3}{2} PV} \quad - \underline{\text{kelorikus állapotgyenletek / egyatomosra}}$$

b) Kétatomosra:

$$\boxed{U = \frac{5}{2} \sigma RT = \frac{5}{2} PV} \quad - \underline{\text{kelorikus állapotgyenletek / kétatomosra}}$$

• A termodinamikaian kállik, hogy:  $U = \sigma C_V T$ ,

tehát:

$$\boxed{C_V = \frac{i}{2} R}$$

a) Egyatomos:  $C_V = \frac{3}{2} R$

b) Kétatomos:  $C_V = \frac{5}{2} R$

• de Robert - Meyer alapján:  $C_P - C_V = R$ , tehát:

$$\boxed{C_P = \frac{i+2}{2} R}$$

a) Egyatomos:  $C_P = \frac{5}{2} R$

b) Kétatomos:  $C_P = \frac{7}{2} R$

• de  $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ , tehát:

$$\boxed{\gamma = \frac{i+2}{i}}$$

a) Egyatomos:  $\gamma = \frac{5}{3}$

b) Kétatomos:  $\gamma = \frac{7}{5}$

#### 4.6. Termitus sebensej:

$$v_T^2 = \bar{v}^2 \quad , \quad v_T = \sqrt{\bar{v}^2}$$

• de:  $\bar{E}_{\text{tot}} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3kT}{2} \Rightarrow \bar{v}^2 = \frac{3kT}{m_0}$

$$\boxed{v_T = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}}$$

• de:  $N_A \cdot k = R$ ,  $k = \frac{R}{N_A} \Rightarrow v_T = \sqrt{\frac{3RT}{N_A \cdot m_0}}$ ) de  
 $N_A \cdot m_0 = \mu$  - kilomoltömeg (e.g. kilomolban van  $N_A$   
 $m_0$  tömegű molekulák) teljes

$$\boxed{v_T = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}}$$

• de  $pV = \cancel{RT} = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \frac{RT}{\mu} = \frac{PV}{m}$ , teljes

$$\boxed{v_T = \sqrt{\frac{3PV}{m}}}$$

, ahol m a teljes gáz  
 tömege, ne tévedj  
 örökre  $m_0$ -val, ami egy  
 molekulának a tömege

• de  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$ , p - sebesséj), teljes:

$$\boxed{v_T = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}}$$

## 28 -

### 4.7. Megjegyzendő kifeletek : (molek. kin. elvűl)

- $$\boxed{P = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{\epsilon}_{\text{tr}} = nkT}$$
 - a molek. kin. elvűl alapörök függése
- $$\boxed{\bar{\epsilon} = \bar{\epsilon}_{\text{tr}} + \bar{\epsilon}_{\text{rot}} = \frac{i}{2} kT}$$
 - eg. molekulák közepes mosogási energiája
  - a) eg. atomos:  $\bar{\epsilon} = \frac{3}{2} kT$ ; b) kétatomos:  $\bar{\epsilon} = \frac{5}{2} kT$
- $$\boxed{\bar{\epsilon}_{\text{tr}} = \frac{3}{2} kT}$$
 - bármihez molekulákra
- $$\boxed{\bar{\epsilon}_{\text{tr}} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}}$$
- $$\boxed{U = N \bar{\epsilon} = \frac{i}{2} \text{VRT} = \frac{i}{2} PV}$$
 - termikus állapotfüggelhet
  - a) eg. atomos:  $U = \frac{3}{2} \text{VRT} = \frac{3}{2} PV$ ; b) kétatomos:  $U = \frac{5}{2} \text{VRT} = \frac{5}{2} PV$
  - $U = N \bar{\epsilon} = N(\bar{\epsilon}_{\text{tr}} + \bar{\epsilon}_{\text{rot}})$
- $$\boxed{k \cdot N_A = R}$$
- $$\boxed{PV = \text{VRT}}$$
 - termikus állapotfüggelhet
- $$\boxed{C_V = \frac{i}{2} \cdot R, C_P = \frac{i+2}{2} \cdot R; \gamma = \frac{i+2}{i}}$$
- a) eg. atomos:  $C_V = \frac{3}{2} R$ ;  $C_P = \frac{5}{2} R$ ;  $\gamma = \frac{5}{3}$
- b) kétatomos:  $C_V = \frac{5}{2} R$ ;  $C_P = \frac{7}{2} R$ ;  $\gamma = \frac{7}{5}$
- $$\boxed{U_T = \sqrt{V^2}}$$
;  $\boxed{U_T = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}}$ ;  $\boxed{U_T = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}}$ ;  $\boxed{U_T = \sqrt{\frac{3PV}{\mu}}}$ ;  $\boxed{U_T = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}}$

- termikus sebességek, ahol:  $m_0$  - eg. molek tömege;  $\mu$  - a gáz tömege;  $\mu$  - a kifordított tömege;  $k$  - Boltzmann állandó;  $N_A$  - Avogadro szám;  $R$  - univerzális gázállandó;  $D$  - Elsőtörékony;  $N$  - molekulák száma;  $n = \frac{N}{V}$  - koncentráció;  $p = \frac{n}{V}$  sűrűség;  $T$  - abszolút hőmérséklet