

ELTE I.BSC Fizikus
2012/2013 II.félév
(3-5. csoport)

TERMODINAMIKA GYAKORLAT 5.
Kvázisztatikus és nem kvázisztatikus folyamatok II.

Politróp folyamatok.
 Nem kvázisztatikus folyamatokra a Q és a W .
 Gay-Lussac és a Joule-Thompson folyamat.

1.) Politróp folyamat:

$pV^n = \text{állandó}$ (politróp folyamat)
 $n = 0$ ($p = \text{állandó}$); izobár
 $n = 1$ ($T = \text{állandó}$); izoterm
 $n = \gamma$ (=.....); adiabata
 $n = \infty$ ($V = \text{állandó}$); izochor

a) Politróp folyamat kompresszibilitása: $\kappa_n = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_n = \frac{1}{np}$

$pV^n = \text{állandó}$

$$p \kappa V^{n-1} dV + V^n dp = 0 \Rightarrow \left. \frac{dV}{dp} \right|_n = -\frac{V}{np}$$

b) Politróp folyamat hőtágulási együtthatója: $\alpha_n = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_n = -\frac{1}{(n-1)T}$

$pV^n = (pV)V^{n-1} \Rightarrow T V^{n-1} = \text{állandó}$

$$T(n-1)V^{n-2}dV + dTV^{n-1} = 0 \Rightarrow \left. \frac{dV}{dT} \right|_n = -\frac{V}{(n-1)T}$$

c) Politróp folyamat fajhője: $C_n = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_n$; $C_n = C_v - \frac{R}{(n-1)}$

$$C_n - C_v = \frac{1}{n} \left(\left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_n - \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_v \right) = \frac{1}{n} \left(\left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_n - \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v \right) = \frac{1}{n} \left(p \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_n \right);$$

mert: $\delta Q - dU = pdV$

$$T V^{n-1} = \text{állandó} ; \Rightarrow \left. \frac{dV}{dT} \right|_n = -\frac{V}{(n-1)T}$$

2.) Nem kvázisztatikus folyamatokra a Q és a W .

a) **Gay-Lussac folyamat**

Adiabatikus ($Q=0$) tágulás vákuumba munkavégzés nélkül ($W=0$)! (Térfogatugrás (ΔV).
Nem kvázisztatikus a folyamatra is!

$$\Delta U = Q + W;$$

<p>Gay-Lussac</p>		<p>$\Delta U = 0; Q = 0; W = 0$ ugyanakkor: $\Delta V \neq 0$</p> <p>\Rightarrow</p> <p>$W \neq -\int pdV !!!$</p> <p>W-t nem a p-V diagrammról! $W=0.$</p>
--------------------------	--	---

Mérési hibán belül izoterm is az ideális gáz tágulása!
 (Nagy a mérési hiba)!

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial U^{id.gáz}}{\partial \mathcal{N}} \right)_T = 0$$

Kalorikus állapotegyenlet:
 $U^{id.gáz} = n C_V T$
 $(H^{id.gáz} = U + pV = n C_V T + n RT = n C_p T)$

b) **Joule-Thompson folyamat**

		<p>$\delta W \neq -pdV !!!$</p> <p>W-t nem a p-V diagrammról!</p> <p>$W = p_1 V_1 - p_2 V_2$</p>
--	--	---

Mérési hibán belül nem izoterm is a valódi gáz tágulása!
 (Kicsi a mérési hiba)!

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial U^{reális\ gáz}}{\partial \mathcal{N}} \right)_T \neq 0$$

Kalorikus állapotegyenlet reális gázra:
 $U^{reális\ gáz} = n C_V T - a n^2 / V$

Izentalpikus derivált reális gázra
 (Joule-Thompson /nem kvázisztatikus/ folyamatban)

(Csak kezdeti(1) és végállapot kell (2)!)

$$Q=0 ; \Delta U=U_2 - U_1=W= p_1 V_1 - p_2 V_2$$

$$H_1=H_2$$

$$U^{\text{reális gáz}} = nC_v T - \frac{an^2}{V}; \text{ és } (p + \frac{an^2}{V^2})(V - nb) = nRT$$

(a, b a reális gázra jellemző moláris állandók)

$$H^{\text{r.g.}} = nC_v T - \frac{an^2}{V} + nRT - \frac{an^2}{V} + pb + O^2(a'b)$$

$$H^{\text{r.g.}} \approx n(C_p T - 2an/V + pb); V \approx nRT/p \text{ közelítéssel}$$

$$H^{\text{r.g.}} \approx n(C_p T - 2a p/RT + pb); \text{ azaz } H(p, T).$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_H \left(\frac{\partial T}{\partial H}\right)_p = -1; \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H = -\frac{\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T}{\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p}$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p \approx nC_p; \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T \approx -n\left(\frac{2a}{RT} - b\right)$$

$$\left(\frac{\Delta T}{\Delta p}\right)_{J.T.} \approx \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H \approx \frac{2a/RT - b}{C_p}$$

Ahol $\frac{2a}{RT_i} - b = 0$ definiálja $T_{\text{inverzió}} = \frac{2a}{Rb}$ -t!

3.) **Összefüggések** az állapotegyenletek között:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$$

-Ideális gáz: $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0; \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = \frac{p}{T}; \left(\frac{dp}{p}\right)_V = \left(\frac{dT}{T}\right)_V; \ln p = \ln T + f(V = \text{konst.})$

$$f(V) = \ln\left(\frac{nR}{V}\right)$$

- Van der Waals gáz: $\left(\frac{\partial U^{\text{r.g.}}}{\partial V}\right)_T = -n^2 a/V^2$