$\boxed{\text{Hőtan / Termodinamika}}$

folytatás...

Ideális gáz adiabatikus folyamat

a)

(1) $dU = -p\,dV$ Csak mechanikai kh.

(2) $U = N f \frac{kT}{2} = \frac{f}{2} pV = \frac{pV}{\kappa - 1}$

$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{f+2}{f}$ fajhőviszony $\rightarrow f = \frac{2}{\kappa - 1}$

Tehát (2) $\longrightarrow dU = \frac{p\,dV + V\,dp}{\kappa - 1} \overset{(1)}{=} -p\,dV$

$$p\,dV + V\,dp = -p\,dV(\kappa - 1)$$

$$\cancel{p\,dV} + V\,dp = -p\,dV\,\kappa + \cancel{p\,dV}$$

$$\frac{dp}{p} = -\kappa \frac{dV}{V}$$ integrálva mind két oldalt

$$\ln p + \underbrace{\kappa \ln V}_{\ln V^{\kappa}} = \text{áll}$$

$$\ln pV^{\kappa} = \text{áll} \longrightarrow \boxed{pV^{\kappa} = \text{állandó}}$$

b) $W := W_{\text{körny}}$; $L = W_{\text{gáz}}$

$$dU = -p\,dV$$

$$U_{12} = m\,c_v (T_2 - T_1)$$

$$U = N f \frac{kT}{2} = \frac{f}{2} pV \;;\; U_2 - U_1 = \frac{f}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = W_{12}$$

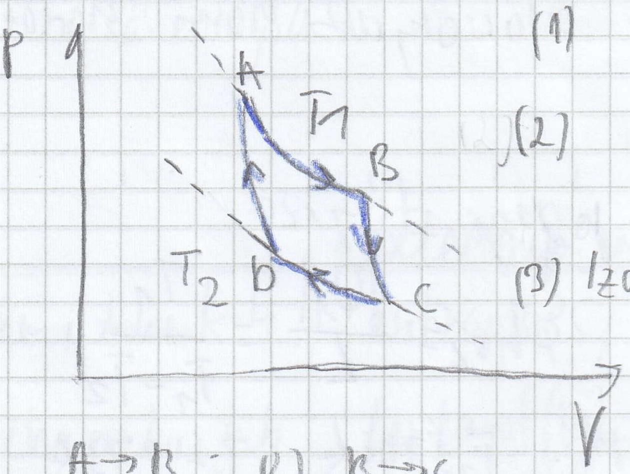
$$dW = -p\,dV \;;\; W = -\int_{V_1}^{V_2} p\,dV = -p_1 V_1^{\kappa} \int_{V_1}^{V_2} V^{-\kappa}\,dV =$$

$$= -p_1 V_1^{\kappa} \left[\frac{V^{1-\kappa}}{1-\kappa} \right]_{V_1}^{V_2} \longrightarrow$$

2

$$W_2 = \frac{-p_1 V_1^{\kappa}}{1-\kappa}\left[V_2^{1-\kappa} - V_1^{1-\kappa}\right]$$

Carnot-féle körfolyamat



(1) Izoterm: $Q_1 = -W_1 = L_1 = \frac{m}{M} R T_1 \ln\frac{V_B}{V_A}$ (>0)

(2) Adiabatikus: $-W_2 = L_2 = m c_V (T_1 - T_2)$

$(L := W_{gáz})$

(3) Izoterm: $Q_2 = -W_3 = L_3 = \frac{m}{M} R T_2 \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right)$ (<0)

(4) Adiabatikus: $-W_4 = L_4 = -m c_V (T_1 - T_2)$

(1) $A \to B$; (2) $B \to C$

(3) $C \to D$; (4) $D \to A$

A gáz által végzett munka: $L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$

$\boxed{L_2 + L_4 = 0}$ (2) + (4)

$L_1 + L_3 = ?$ Az $L_1 + L_3$ kiszámításához $(L_1 + L_3 = Q_1 + Q_2)$

Adiabatikusra: $p_1 V_1^{\kappa} = p_2 V_2^{\kappa}$; $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ osztással

$T_1 V_1^{\kappa-1} = T_2 V_2^{\kappa-1} = \text{áll} \rightarrow T_1 V_A^{\kappa-1} = T_2 V_D^{\kappa-1}$

$T_1 V_B^{\kappa-1} = T_2 V_C^{\kappa-1}$

A két egyenlet osztásából: $\frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D} = \left(\frac{V_D}{V_C}\right)^{-1}$

$L = Q_1 + Q_2 = \frac{m}{M} R (T_1 - T_2) \ln\frac{V_B}{V_A}$

Hőerőgép termikus hatásfoka:

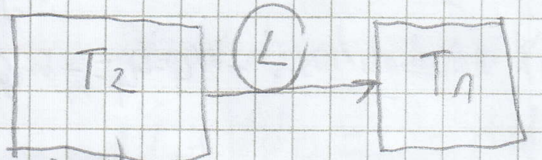
$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{\frac{m}{M} R (T_1 - T_2) \ln \frac{V_B}{V_A}}{\frac{m}{M} R T_1 \ln \frac{V_B}{V_A}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\boxed{\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$$

T_1: magasabb hőm. hőtartály

T_2: alacsonyabb hőm. hőtartály

Hőszivattyú



hőtartály $T_2 < T_1$ épület

$|Q_1|$ hőközlés

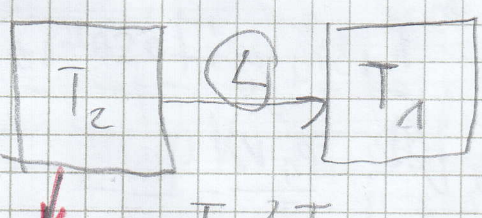
jósági tényező

$$\varepsilon_{hsz} = \frac{|Q_1|}{L} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

pl. $T_1 = 293\,K$; $T_2 = 273\,K$

$$\varepsilon_{hsz} = \frac{293}{20} \approx 15$$

Hűtőgép



$T_2 < T_1$

$|Q_2|$ hőelvonás

$$\varepsilon_{hg} = \frac{Q_2}{L} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

jósági tényező

4 Hőtan / Termodinamika főtételei

I. főtétel: Egy rendszer belső energiájának megváltozása a minden egyes kölcsönhatással járó energiaközlések összege

$$dU = \sum Y_i \, dX_i$$

; Y_i = az i-dik k.h. intenzív mennyisége

X_i = az i-dik k.h. extenzív mennyisége

U = belső energia

termodinamikai k.h.

	• extenzív m.	• intenzív m.
• termikus k.h.	entrópia (S)	hőmérséklet (T)
• mechanikai k.h.	térfogat (V)	nyomás (p)
• kémiai k.h.	részecskeszám (N)	kémiai potenciál (μ)
• elektrosztatikus k.h.	töltés (ϕ)	villamos potenciál (V)

$$dU = T\,dS - p\,dV + \mu\,dN + V\,d\phi + \ldots$$

II. főtétel Lehetetlen olyan periodikusan gépet készíteni amely termikus energiát hidegebb testről melegebb testre visz át anélkül hogy a környezet munkát végezne rajta

- elsőfajú örökmozgó – az I. főtételt sérti
- másodfajú –"– – a II. –"–

III. főtétel Lehetetlen az abszolút hőmérsékletet véges számú lépésben nullára csökkenteni

$\boxed{\text{0. főtétel}}$ Kölcsönhatások valamely rendszerhez tartozó egyensúly létezésének szükséges és elégséges feltétele, hogy az egyes kölcsönhatásokra jellemző intenzív mennyiségek a vizsgált tartományban mindenütt egyenlőek legyenek.

$\boxed{\text{Kiegészítő → hőterjedés}}$: vezetéssel, áramlással, sugárzással

$\boxed{\text{Sugárzás}}$: Stefan - Boltzmann sugárzási törvény

$$\frac{d\Phi}{dt} = e A \sigma T^4$$

e - emisszióképesség

T : abszolút hőmérséklet [K]

Stefan - Boltzmann állandó :

$$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$