(1)

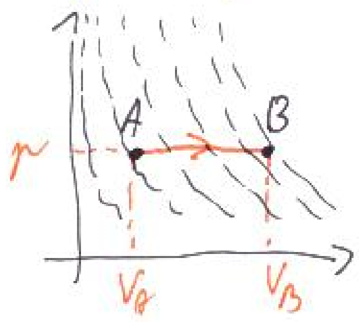
10.11.2020

- systém sa vie vrátiť do rovnakého stavu (s rovnakou energiou) a pri tom vykonať prácu ⇒ okrem konania práce sa muselo diať niečo ďalšie
- teplo ⟷ výmena energie v dôsledku teplotných rozdielov

konanie práce W je makroskopický proces (toto bolo aj v mechanike)

— $\|$ — teplo Q je mikroskopický proces (toto nebolo v mechanike)

- príklad:



$$W = -\int_A^B p\,dV = -p(V_B - V_A)$$ ← pri konaní práce

$$\Delta E = E_B - E_A = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) > 0$$ ← napriek tomu, že plyn vykonal prácu

↳ teplota okolia sa pri tomto deji znižovala

↳ energia pretiekla z okolia do plynu

- teplo nie je forma energie! forma práce ⟷ prenos energie z jedného telesa a/alebo fázy na iné

hovorí sa, že „tečie teplo" „uniká teplo" ⟺ „tečie/uniká energia"

PRVÝ TERMODYNAMICKÝ ZÁKON pre akýkoľvek (malý) dej platí pre zmenu energie systému

$$dE = \delta W + \delta Q$$

↑ aj toto závisí od toho, o aký dej presne ide

• adiabatický dej – izolovaný systém ⇔ žiadne teplo $\delta Q = 0$

(↳ S. Šróter: práca koná prácu na úkor vnútornej energie)

príklad: ideálny plyn $dE = dW$

stavová rovnica $pV = nRT$ → nie je nula

$E = \frac{3}{2} nRT$ ↓ pre zmeny $dp \cdot V + p \cdot dV = nR\,dT$

$\frac{3}{2} nR\,dT = -p\,dV$

spolu to dá $dp \cdot V + p \cdot dV = -\frac{2}{3} p\,dV$

a keby sme $\frac{dp}{dV}$, tak

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5}{3}\frac{p}{V} \Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{5}{3}\frac{dV}{V} \;/\; \int_A^B$$

pre izotermu $\frac{dp}{dV} = -\frac{p}{V}$

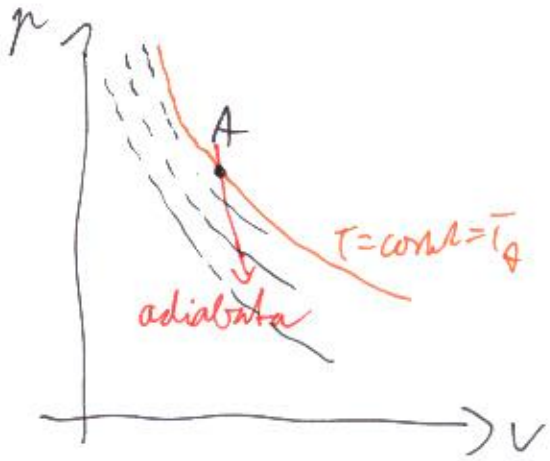
$$\ln\frac{p_B}{p_A} = -\frac{5}{3}\ln\frac{V_B}{V_A}$$

$$\frac{p_B}{p_A} = \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{-\frac{5}{3}}$$

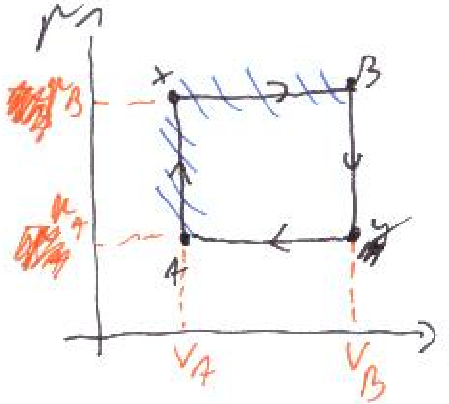
adiabatický sklon strmšie ako izotermy

$$p_A V_A^{\frac{5}{3}} = p_B V_B^{\frac{5}{3}} \Rightarrow \boxed{pV^{\frac{5}{3}} = \text{konšt.}}$$

charakteristická rovnica



• dej bol na začiatku tejto úvahy:



• A → X: $W = 0$ lebo ΔV

$\Delta E = \frac{3}{2} nR(T_X - T_A) = \frac{3}{2} V_A (p_B - p_A)$ ← lebo p·const?

$\Delta E = W + Q \Rightarrow Q = \frac{3}{2}(p_B - p_A) V_A > 0$

↖ lebo 1TZ

• X → B: $W = -p_B(V_B - V_A)$ lebo $-p\,dV$

$\Delta E = \frac{3}{2} p_B (V_B - V_A)$

$\Delta E = W + Q \Rightarrow Q = \Delta E - W$

$= \frac{5}{2} p_B (V_B - V_A) > 0$

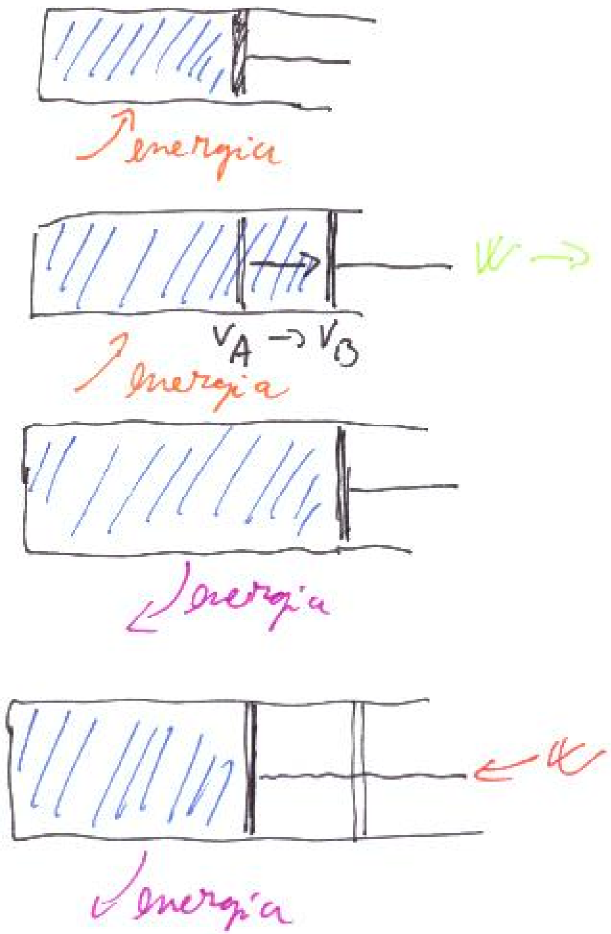
• B → Y $W = 0$

$\Delta E = \frac{3}{2} nR(T_Y - T_B) = -\frac{3}{2} V_B (p_B - p_A)$

$Q = -\frac{3}{2} V_B (p_B - p_A) < 0$

• Y → A domáca úloha

obrázok:



• výsledok je záporná celková práca, plyn vykonal prácu → prijal energiu z ohrievača a odovzdal energiu chladiču

TEPELNÝ STROJ !!!

- otázky ako spraviť čo najefektívnejší tepelný stroj viedli na druhý termodynamický zákon
- tepelná kapacita – dôležitá, lebo experimentálne dostupná vlastnosť systému

↳ opisuje zmeny energie v súvislosti s ohrevom → vyrovnávajúcim teplom

$$\delta Q = C \cdot dT$$

↑ tepelná kapacita → závisí od toho, ako teplo dodáme (závisí od deja)

príklad: ideálny plyn → $V = const$

ideálny plyn ↓, 1TZ ↓

$$dE = \frac{3}{2} nR\, dT = \delta W + \delta Q = C_V\, dT \Rightarrow \boxed{C_V = \frac{3}{2} nR}$$

(δW = 0 lebo $dV = 0$)

→ $p = const$

$$dE = \frac{3}{2} nR\, dT = -p\,dV + C_p \cdot dT = -nR\,dT + C_p \cdot dT$$

$p \cdot dV + dp\, V = nR\,dT$ ($dp = 0$)

⇓

$$\boxed{C_p = \frac{5}{2} nR}$$

$$C_p > C_V$$

$$\boxed{C_p = C_V + nR}$$ Mayerov vzťah

↳ domáca úloha: v adiabatickom deji $\varkappa = \frac{C_p}{C_V}$

⇓

$\varkappa > 1$

⇓

adiabaty vždy strmšie ako izotermy