

některé předchozí výsledky (z F1050):

- **Carnotův cyklus** (= 2 izotermy + 2 /vratné/ adiabaty)
probíhá mezi teplotami T_1, T_2

platí pro něj: > 0 < 0

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0, \quad \text{resp.} \quad \frac{|Q_1|}{T_1} - \frac{|Q_2|}{T_2} = 0$$

(odvodili jsme pro ideální plyn, platí však obecně)

jeho účinnost:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

účinnost každého jiného cyklu
probíhajícího mezi těmiž teplotami je menší

- **II. termodynamický zákon**

přebírá děje povolené I. Z. T. na realizovatelné a nerealizovatelné

- slovní formulace:

tvrzení o nemožnosti existence perpetua mobile II. druhu:

žádný systém nemůže trvale (= cyklicky = periodicky)

konat kladnou práci pouze ochlazením (= odebráním tepla z)
jiného tělesa

- alternativní /historické/ formulace:

- 1850 Clausius: je nemožné přenášet cyklickým procesem teplo z chladnějšího tělesa na teplejší, aniž se při tom jisté množství práce změní v teplo

- 1851 Thomson (Kelvin) - 1: je nemožné trvale odnímat jednomu tělesu teplo a měnit je v kladnou práci, aniž při tom přejde jisté množství tepla z tělesa teplejšího na chladnější

- 1851 Thomson (Kelvin) - 2: je nemožné trvale vykonávat kladnou práci pouze tím, že bychom jedno těleso ochlazovali na teplotu nižší než je teplota nejchladnější části jeho okolí
 - 1909 Carathéodory: v každém libovolném okolí libovolně vybraného stavu termicky homogenního systému existují stavy, které z něj nejsou dosažitelné adiabatickým procesem
 - 1930 Planck: Je nemožné sestavit periodicky pracující stroj, který by trvale vykonával kladnou práci pouze ochlazením jednoho tělesa, aniž by přitom docházelo k jiným změnám v ostatních tělesech
- matematická formulace pro vratné děje:
- každý vratný cyklický děj lze nahradit posloupností infinitezimálních Carnotových cyklů

$$\Rightarrow \oint \frac{\delta Q}{T} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\delta Q}{T} = d[\text{stavové veličiny}]$$

\nwarrow
 Clausius 1865

\nearrow
entropie S

- pro každý termodynamický systém existuje aditivní stavová veličina – entropie S, jejíž změna při infinitezimálním vratném ději se vyjadřuje vztahem

$$\frac{\delta Q}{T} = dS$$

- pro matematicky vyspělejší posluchače:
diferenciální forma má δQ integrační faktor $\frac{1}{T}$

existence integračního faktoru δQ
(ilustrace na ideálním plynu)

$$\begin{aligned}\delta Q = dE + \delta W &= \left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial E}{\partial V}\right)_T dV + p dV = \\ &= C_V dT + \left[\left(\frac{\partial E}{\partial V}\right)_T + p\right] dV = \\ &= \alpha n R dT + \frac{nRT}{V} dV\end{aligned}$$

$$X\delta Q = dY \rightarrow dY(V, T) = X\alpha n R dT + X\frac{nRT}{V} dV$$

↑

totální diferenciál: $\left(\frac{\partial X\alpha n R}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial X\frac{nRT}{V}}{\partial T}\right)_V$

předp.: $X = X(T)$: $0 = \left(\frac{\partial X}{\partial T}\right)_V \frac{nRT}{V} + X\frac{nR}{V}$

$$\frac{dX}{X} = -\frac{dT}{T} \rightarrow X = \frac{1}{T}$$

$\frac{\delta Q}{T}$ je totální diferenciál

- „tušení“ existence entropie:
fyzikální úvaha v souboru A 02 - 2