Varmi og Vinna

Byrjum við javngeng ferli

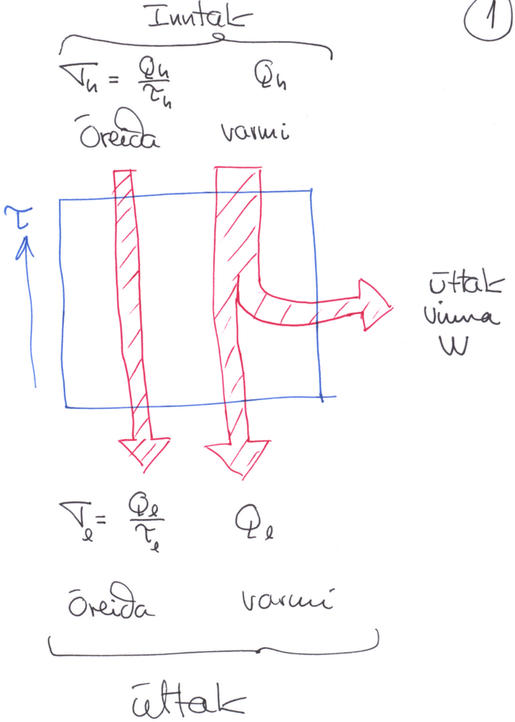
$\Delta\sigma = 0$ fyri heildar kervið

Síðan støðum við ferli sum eru ikki javngeng

Orkuvarðveitsla

$$dU = đW + đQ$$

$$đQ \equiv \tau\, d\sigma$$



$đ$: ekki eiginleg afleiða.
Breyting á stærð, getur verið háð leið í stöðu rúminu (ferlinu)
Ekki tengt við mælis-föll

$đQ$: varminn inn í kerfið

$đW$: Vinnan á kerfinu

$$đW = dU - đQ$$
$$= dU - \tau d\sigma$$

Varmavélar

Verka milli hás og lágs hitastigs, τ_h og τ_l

Varmaflæðið inn í vélina við τ_h → óreiða inn í vélina $\sigma_h = \frac{Q_h}{\tau_h}$

Vinnu má breyta algerlega í varma, en varma er ekki hægt að breyta algerlega í vinnu

Ef bara varmi flæðir inn
verður vélin einhvern tímann
með τ_h og flæðið stoppar

þurfum að taka flæði varma
út líka, kæling

$\rightarrow$ Óreiða út $\sigma_l = \dfrac{Q_l}{\tau_l}$

$\downarrow$

Orka tapast alltaf í
kælingu, sem verður
að vera

Ef ferlið er jafngengt

$$\sigma_l = \sigma_h$$

$$\rightarrow \frac{Q_l}{\tau_l} = \frac{Q_h}{\tau_h}$$

$$\rightarrow Q_l = \left(\frac{\tau_l}{\tau_h}\right) Q_h$$

jafngengt ferli

$$\rightarrow W = Q_h - Q_l$$

$$= \left\{1 - \frac{\tau_l}{\tau_h}\right\} Q_h$$

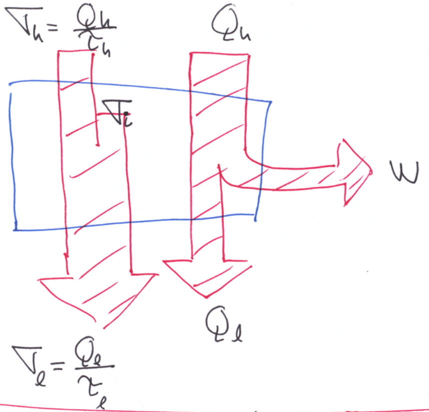
$$W = \frac{\tau_h - \tau_l}{\tau_h} Q_h$$

Hlutfall vinnu og varma inn í vélina er hlutfall Carnots

$$\eta_C \equiv \left(\frac{W}{Q_h}\right)_{rev} = \frac{\tau_h - \tau_l}{\tau_h}$$

$$= \frac{T_h - T_l}{T_h}$$

Hæsta mögulega nýtni því ferlið er jafngengt



Í raun-varmavél myndast alltaf einhver innri óreiða σ_i því ferlið er ekki algerlega jafngengt

$$\sigma_l \geq \sigma_h$$

það sem fer út frá Carnot vél

$$Q_l \geq \underbrace{Q_h \frac{\tau_l}{\tau_h}}$$

vinnan sem Carnot vél gæti gefið

$$W = Q_h - Q_l \leq \underbrace{\frac{\tau_h - \tau_l}{\tau_h} Q_h} = \eta_C Q_h$$

nýtni Carnot vélar

$$\rightarrow \boxed{\eta = \frac{W}{Q_h} \leq \left(1 - \frac{\tau_l}{\tau_h}\right) = \eta_C}$$

raun nýtni vélar

vinna raun varma vélar

varmi frá raun varma vél

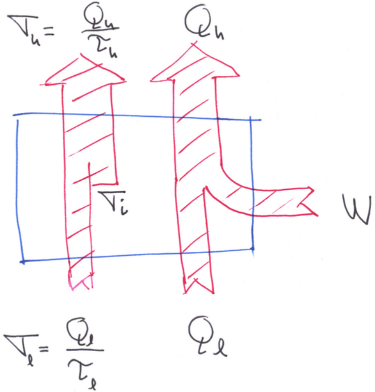
Ástæður verri nýtni

* Beint varmatap
* Hitamunur vegna flæðis hita viðnáms
* Núningur
* Gas þensla og þjöppun ekki jafngeng . . . .

Jafngeng ferli....?

Kælivélar

Viðsnúin varmavél



Nýtnin er mæld sem

$$\gamma \equiv \frac{Q_l}{W}$$

varminn sem dælt er úr kælinum

$$W = Q_h - Q_l = \frac{\tau_h - \tau_l}{\tau_l} Q_l$$

$$\boxed{\gamma_C = \left(\frac{Q_l}{W}\right)_{rev} = \frac{\tau_l}{\tau_h - \tau_l} = \frac{T_l}{T_h - T_l}}$$

nýtni Carnot kælivélar

Athugum að fyrir varmavél gildir

$$\eta \equiv \frac{W}{Q_h} \leq 1$$

en γ getur tekið gildi > 1

7

Raunkælir

$$T_h \geq T_\ell$$

því fæst nú

$$Q_h \geq \frac{T_h}{T_\ell} Q_\ell$$

$$W = Q_h - Q_\ell \geq \left\{ \left(\frac{T_h}{T_\ell}\right) - 1 \right\} Q_\ell$$

$$= \frac{T_h - T_\ell}{T_\ell} Q_\ell = \frac{Q_\ell}{\gamma_c}$$

$$\rightarrow \boxed{\gamma = \frac{Q_\ell}{W} \leq \gamma_c}$$

Raunkælir þarf meiri vinnu en Carnot kælir

Varmadælur

þurfa minni vinnu til að flytja varma, heldur en bein hitun myndi kosta

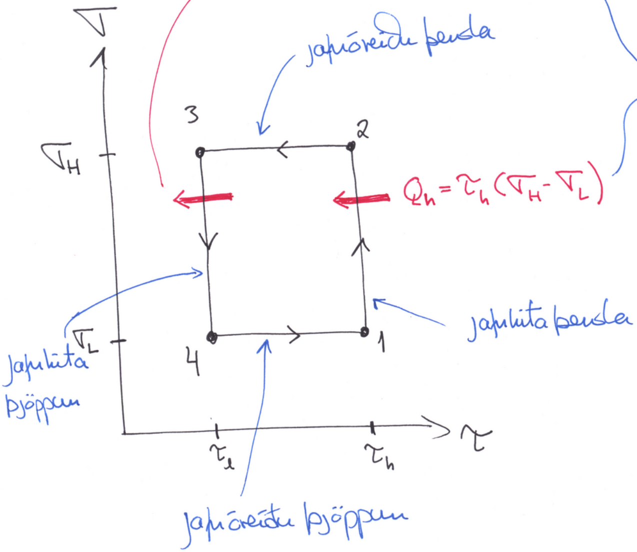
Ef $T_h - T_\ell << T_h$

Carnot-hringurinn

Jafngengt ferli

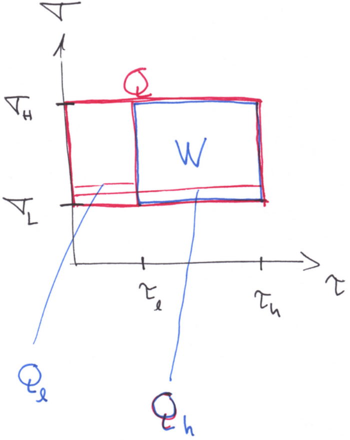
$$\oint dU = 0$$

$$Q_l = \tau_l(\sigma_H - \sigma_L)$$



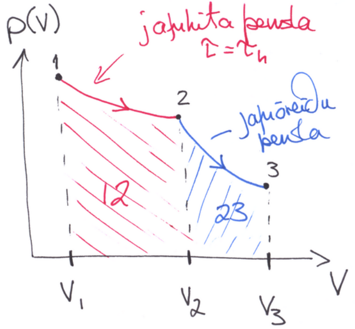
$$Q_h = \tau_h(\sigma_H - \sigma_L)$$

$$W = (\tau_h - \tau_l)(\sigma_H - \sigma_L)$$



$$W = Q_h - Q_l$$

Dæmi: Carnot-hringur fyrir kjörgas



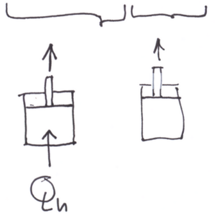
1-2 Gasið þenst við jafnt hitastig því varmi Q_h flæðir inn í það

Vinna þess á bullu er

jafngent → $$Q_h = W_{12} = \int p\,dV = N\tau_h \int \frac{dV}{V}$$

$$= N\tau_h \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

kjörgas



2-3 Aftengt Q_h, jafnóreiðu þensla

kjörgas

$$\tau_l V_3^{2/3} = \tau_h V_2^{2/3} \rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \left(\frac{\tau_h}{\tau_l}\right)^{3/2}$$

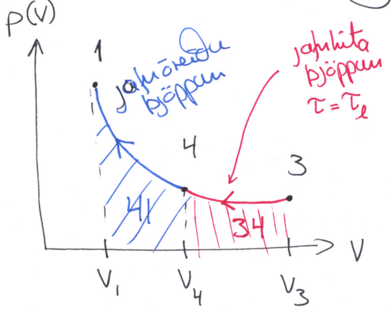
Vinna á bullu

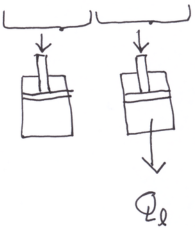
$$W_{23} = U(\tau_h) - U(\tau_l) = \frac{3}{2} N (\tau_h - \tau_l)$$

3-4 Tengt við $\mathcal{R}_\ell$, varmi flæðir út, þjöppun

Vinna til að þjappa

$$W_{34} = N\tau_\ell \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right) = Q_\ell$$





4-1 Jafnóreiðu þjöppun, Aftengt $\mathcal{R}_\ell$

$$\frac{V_4}{V_1} = \left(\frac{\tau_h}{\tau_\ell}\right)^{3/2} = \frac{V_3}{V_2}$$

var áður komið

Vinna á gas

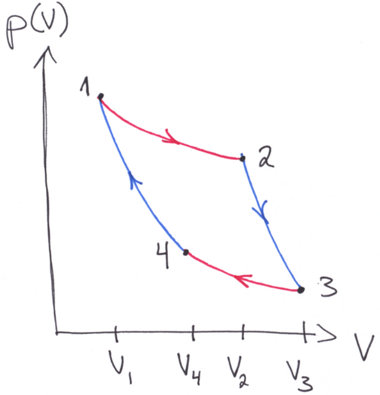
$$W_{41} = \frac{3}{2} N(\tau_h - \tau_\ell)$$

Heildarvinnan á hringnum

$$W = W_{12} + W_{23} - W_{34} - W_{41}$$

$$= W_{12} - W_{34}$$

$$= N(\tau_h - \tau_l)\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$



$$Q_h = W_{12} = N\tau_h \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\rightarrow \frac{W}{Q_h} = \frac{\tau_h - \tau_l}{\tau_h} = \eta_C$$

eins og verður að vera