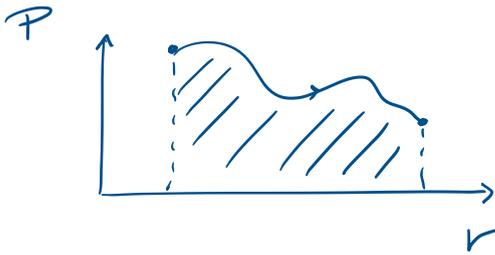


Lezione # 19

21/5/24

Lavoro $L = \int P dV \rightarrow P \Delta V$



$Q \rightarrow Q = C \Delta T = mc \Delta T$

$$\Delta E_{INT} = Q - L$$

\hookrightarrow f^{me} di stato $f(T)$

gas ideali

$$PV = nRT$$

Nel caso dei gas ideali

$$Q = mc \Delta T = n C_{\text{MOLARE}} \Delta T$$

↳ Calore specifico molare

Nel caso di una trasformazione isocora (stesso volume)
 $V = \text{cost.}$

$$Q = n C_v \Delta T$$

↳ calore specifico molare a $V = \text{cost.}$

Nel caso di una trasformazione isobara (stessa pressione)
 $P = \text{cost.}$

$$Q = n C_p \Delta T$$

↳ calore specifico molare a $P = \text{cost.}$

ENTROPIA

↳ grandezza fisica

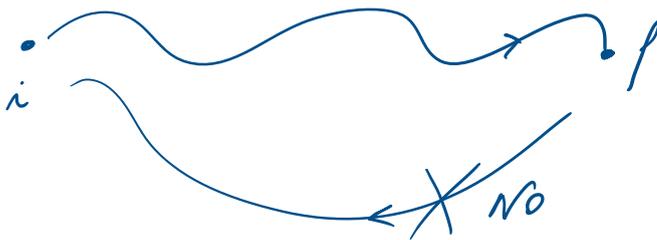
↳ disordine dell' universo



Direzione del Tempo

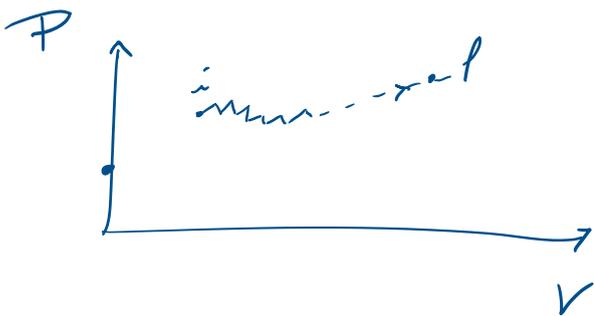
↳ Trasformazioni irreversibili

Trasf. irreversibile?



Non si può tornare da $f \rightarrow i$

Come è definite una trasf. reversibile

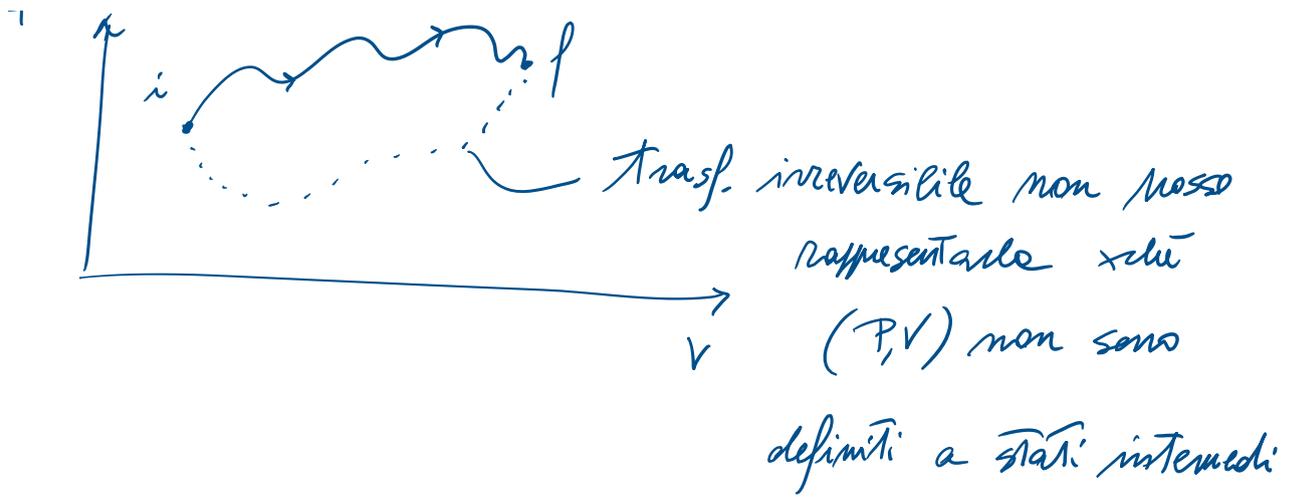


una successione di stati all' equilibrio



Una trasf. irreversibile non attraversa una successione di stati all' equilibrio !!





La "direzione" $a \rightarrow b$ è caratterizzata dalla presenza di Trasf. irreversibili

↓

disordine del sistema aumenta

Entropia = S — [

- Q, T , energie scambiate
- probabilità; quante possibili configurazioni il sistema può assumere

S = è una f^{me} di stato (non dipende dalla traiettoria / trasformazione seguita)

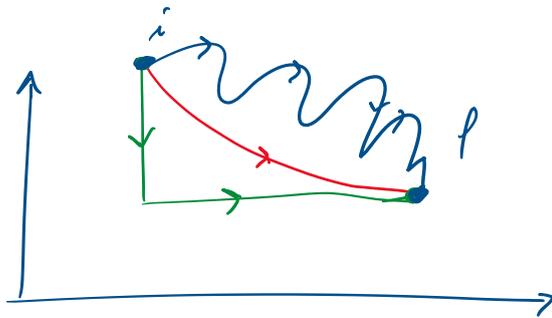
dipende solo dallo stato iniziale e finale

$$\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T} \quad \sim \text{energia scambiata sotto forma di calore}$$

\hookrightarrow Temperatura a cui avviene questo scambio

$$[S] = \frac{J}{K}$$

Dal momento che S non dipende dalla Trasl., posso "scegliere" la Trasl. + "conoda" per calcolare l'area che vede dallo stesso stato i allo stesso f



$$\Delta S_{i \rightarrow f} ?$$

ΔS lungo quale 3 trasf.
 è sempre lo stesso !!!

$$\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T} = \text{se solo una isoterma } (T = \text{cost.}) = \frac{1}{T} \int_i^f \delta Q$$

\sim calore scambiato

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad \text{calore scambiato}$$

$$\boxed{\Delta S = \frac{Q}{T}} \quad \text{è sempre vera !!}$$

II° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

$$\boxed{\Delta S \geq 0}$$

La variazione di Entropia
non può mai diminuire

Nel caso in cui fossero coinvolte
solo Trasp. reversibili

⇓

$$\Delta S = 0$$

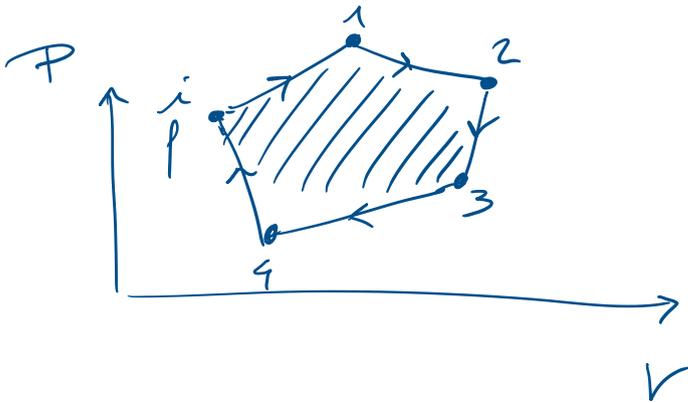
Se invece abbiamo solo Trasp.
irreversibili

$$\boxed{\Delta S > 0}$$

- Macchina Termica

↳ Qualunque dispositivo che scambia calore con l'ambiente (esterno) e produce lavoro

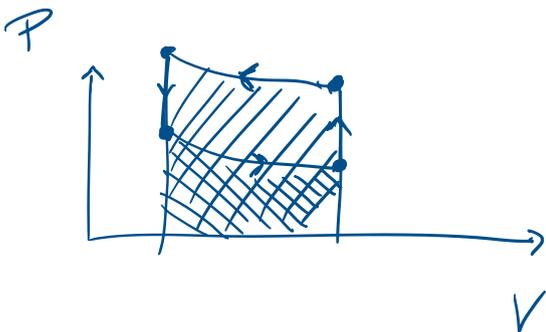
- CICLO IN UNA MACCHINA TERMICA



$$\text{Ciclo } \boxed{i = f}$$

$$\boxed{\Delta E_{int} = 0}$$

Lavoro = area "interna"



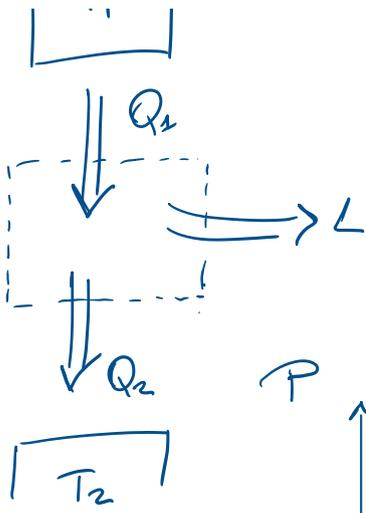
CICLO \Rightarrow CARNOT:

Due sorgenti $T_1 > T_2$

Q_1 = calore assoluto

$$\boxed{T_1}$$

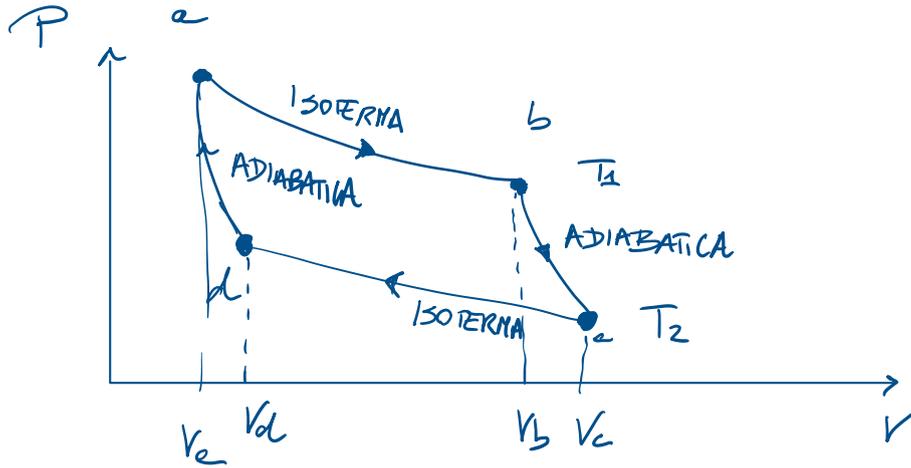
110



$Q_1 = \text{calore assorbito}$

$Q_2 = \text{" ceduto}$

$L = \text{lavoro svolto}$



1) ISOTERMA $\rightarrow V_a \rightarrow V_b$ espansione $T = T_1$

2) ADIABATICA $\rightarrow V_b \rightarrow V_c$ " $Q = 0$

3) ISOTERMA $\rightarrow V_c \rightarrow V_d$ compressione $T = T_2$

4) ADIABATICA $\rightarrow V_d \rightarrow V_a$ " $Q = 0$

$$\left[\Delta E_{\text{int}} = Q - L \quad ; \quad \Delta S = \frac{Q}{T} \right]$$

1) ISOT.

$$T = \text{cost} = T_1$$

$$\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1}$$

$$Q_1 \text{ è assoluto } Q_1 > 0 \Rightarrow \Delta S_1 > 0$$

2) ADIAB.

$$Q = 0 \Rightarrow \Delta S_2 = \frac{Q}{T} = 0$$

$$\Delta S_2 = 0$$

$$T_1 \rightarrow T_2$$

3) ISOTERMA

$$T = T_2$$

$$\Delta S_3 = \frac{Q_2}{T_2} \quad (Q_2 < 0)$$

$$\Delta S_3 < 0$$

4) ADIAB.

$$Q = 0$$

$$\Delta S_4 = 0$$

$$\Delta S = S_1 + S_3 = \frac{|Q_1|}{T_1} - \frac{|Q_2|}{T_2} = 0$$

$$\boxed{\frac{|Q_1|}{T_1} = \frac{|Q_2|}{T_2}}$$

Se il rendimento Termico η (ete) = $\frac{\text{energia ottenuta}}{\text{energia assorbita}}$

$$\eta = \frac{L}{Q}$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = \frac{|L|}{|Q_1|} \quad ?$$

Come calcolo $|L| \Rightarrow$ ce \bar{e} un ciclo $\Rightarrow \Delta E_{int} = 0$

$$\Rightarrow Q - L = 0 \quad \Rightarrow L = Q \quad \checkmark$$

$$L = |Q_1| - |Q_2|$$

$$\eta = \frac{L}{Q} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} \quad \text{in generale per}$$

$$\eta = \frac{L}{Q_{ASS}} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|}$$

in generale per
qualsiasi ciclo

nel caso particolare del ciclo di Carnot:

sfruttando il risultato

$$\frac{|Q_1|}{T_1} = \frac{|Q_2|}{T_2} \Rightarrow \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow \eta_{Carnot} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Dal momento che sia T_1 che T_2 saranno sempre > 0

$\Rightarrow \eta < 1$!!
una macchina termica non avrà
mai un $\eta = 1$!!

⇓

Non è possibile realizzare una macchina Termica che trasformi tutto il calore assorbito in lavoro utile

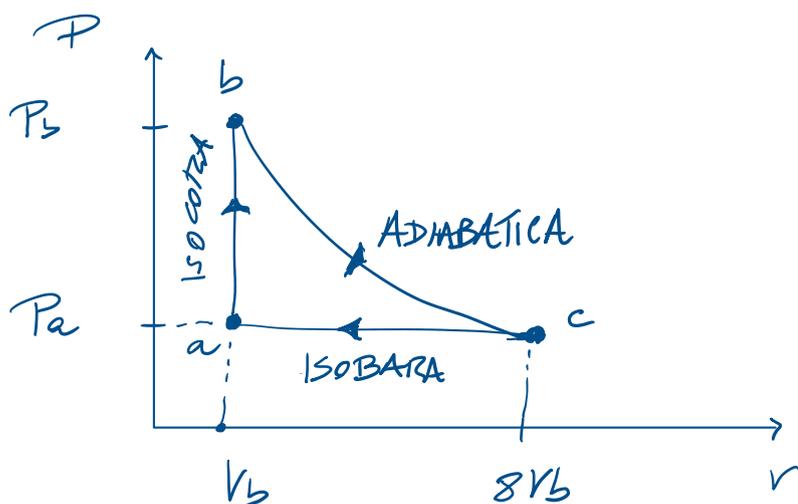
II° PR.

Non esiste un ciclo di Trasformazioni che dia come unico risultato l'acquisizione di calore da una sorgente Termica e la sua totale Trasformazione in lavoro.

Esercizio #25 (CAP. XX) Halliday-Resnick

A una mole di un gas ideale monoatomico ($C_V = \frac{3}{2}R$; $C_P = \frac{5}{2}R$)

viene fatto percorrere il ciclo:



$$\left\{ \begin{array}{l} R = 8,31 \text{ J/mol K} \\ P_a = 0,3165 \text{ bar} \\ P_b = 10,1 \text{ bar} \\ V_b = 10^{-3} \text{ m}^3 \\ 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \end{array} \right.$$

- Calcolare:
- 1) calore assorbito dal gas
 - 2) " ceduto dal gas
 - 3) Lavoro Totale compiuto dal gas
 - 4) rendimento η

1) Calore viene assorbito solo nella prima trasformazione isocora ($V = \text{cost}$ mentre $P \rightarrow$)

$$Q = n C_V \Delta T = n C_V (T_B - T_A)$$

Del momento che $PV = nRT$

$$T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow T_A = \frac{P_A V_A}{nR}$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR}$$

$$Q = n \underbrace{\frac{3}{2}}_{C_V} \left(\frac{P_B V_B}{nR} - \frac{P_A V_A}{nR} \right) \quad \begin{cases} V_A = V_B \\ V_B = V_B \end{cases}$$

$$Q = \frac{3}{2} (P_B V_B - P_A V_A) = \frac{3}{2} (P_B V_B - P_A V_B)$$

$$Q = \frac{3}{2} V_b (P_b - P_a)$$