

Lezione # 20

22/05/2025

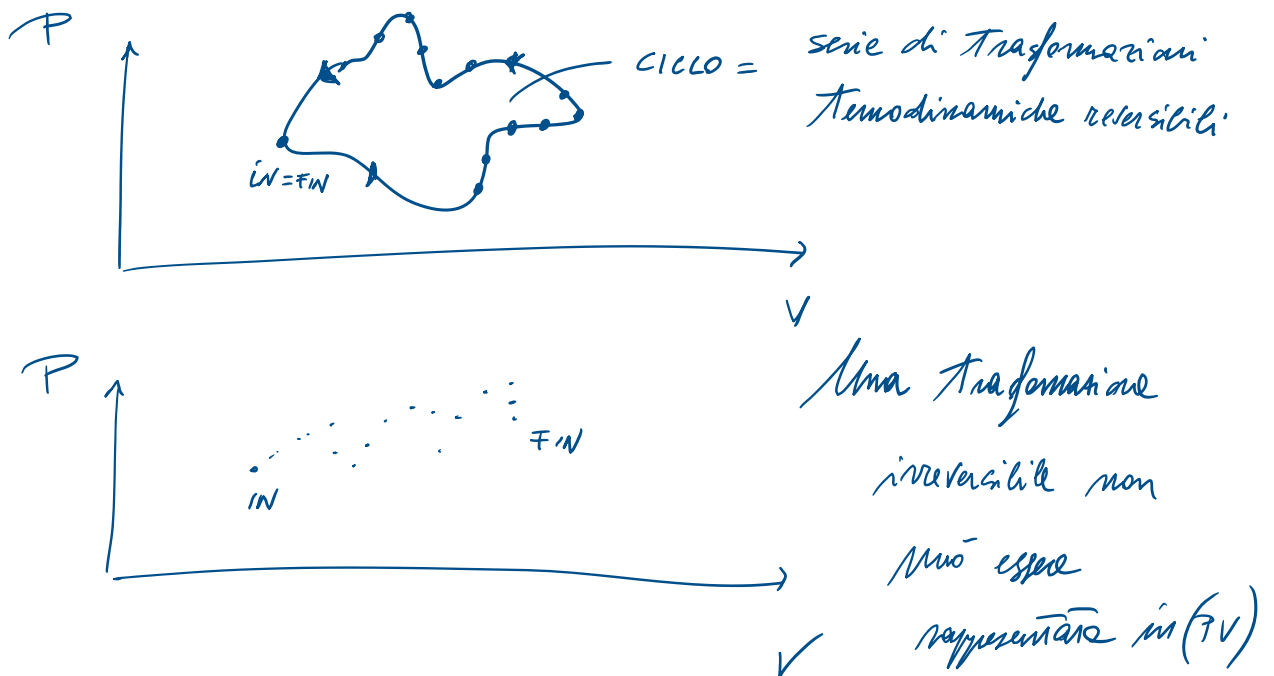
S entropia } II PR. TERMODINAMICA

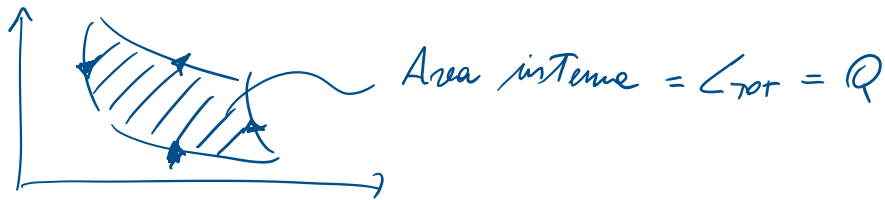
$$\Delta S = \frac{Q}{T} \geq 0$$

- Macchina Termica

↳ Dispositivo in grado di assorbire/cedere calore con l'ambiente e trasformarlo in lavoro

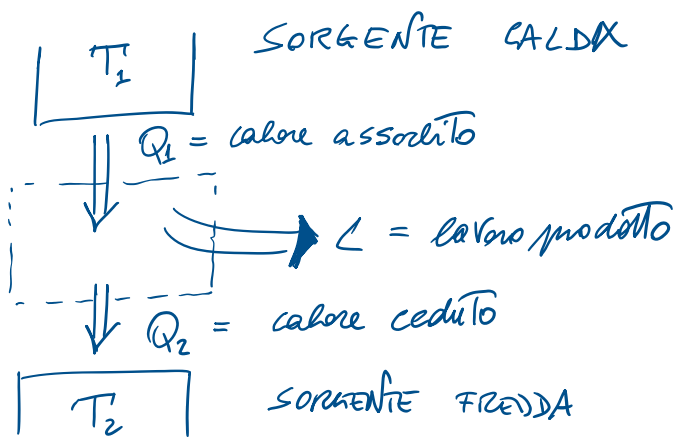
- Ciclo di una macchina termica



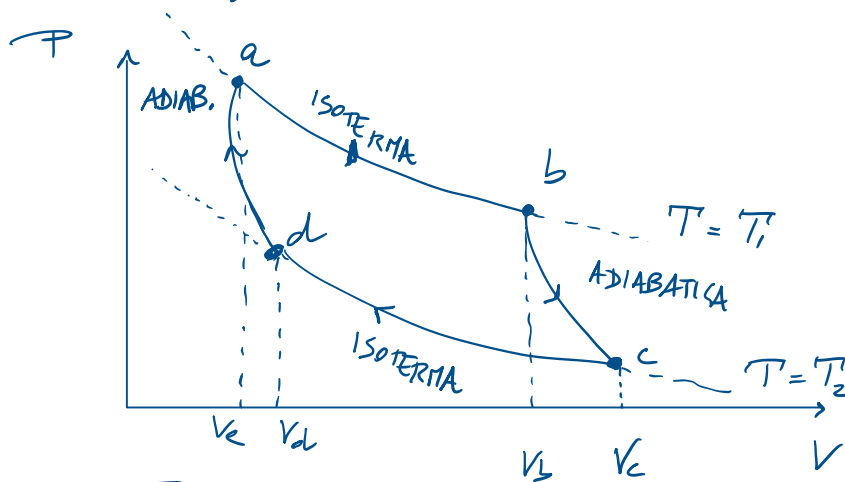


$$\Delta E_{int} = Q - L$$

CICLO DI CARNOT



Due tipi di Trasformazioni:



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

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

3) ISOTERMA $V_c \rightarrow V_d$ Compressione $T' = T_2$

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

1) $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1}$ $Q_1 > 0$ calore assorbito
 $\Rightarrow \Delta S_1 > 0$ entropie ST_2 aumentando

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

in queste trasformazioni non ho una variazione di entropia

3) ISOT. $T = T_2$

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

4) ADIAB.

$$\Delta S_4 = \frac{Q}{T} \quad \text{però } Q = 0 \Rightarrow \Delta S_4 = 0$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \underset{\underset{0}{\parallel}}{\Delta S_2} + \Delta S_3 + \underset{\underset{0}{\parallel}}{\Delta S_4} = \Delta S_1 + \Delta S_3$$

$$= \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = \frac{|Q_1|}{T_1} - \frac{|Q_2|}{T_2}$$

essendo $Q_2 < 0$

essendo un ciclo $\Delta S = 0$

$$\Rightarrow \Delta S = \frac{|Q_1|}{T_1} - \frac{|Q_2|}{T_2} = 0$$

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

In un ciclo di Carnot
il rapporto tra calore
assorbito e Temp. corrispondente
è pari al rapporto tra calore
ceduto e la Temp. corrisp.

Questo ha un effetto importante sul rendimento.

RENDIMENTO DI UNA MACCHINA TERMICA

$$\eta = \frac{\text{EN. OTTENUTA}}{\text{EN. ASSORBITA}} \quad \text{in Termodinamica diventa =}$$

↑
eta

$$\boxed{\eta = \frac{L_{\text{SVOLTO}}}{Q_{\text{ASSORBITO}}}}$$

Quindi in un ciclo $L_{\text{SVOLTO}} \Rightarrow \Delta E_{\text{INT}} = Q - L$

essendo $0 = Q - L$

$$Q = L$$

$$L = \underbrace{|Q_1| - |Q_2|}$$

Q è la "somma" di calore assorbito e ceduto

$$\eta = \frac{L}{Q_{\text{ass}}} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$$

$$\boxed{\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}}$$

Per qualunque
macchina termica
 η

Da momento che $\frac{|Q_2|}{|Q_1|} \neq 0$ in quanto $|Q_2| \neq 0$

Teoricamente $Q_2 \rightarrow 0 \Rightarrow \eta \rightarrow 1$

ma in realtà $\boxed{\eta < 1}$

- Si ricorre al II° PR. TERMODINAMICA:

Non esiste un ciclo di trasformazioni termodinamiche anche reversibili che ha come unico risultato l'acquisizione di calore da un'unica sorgente termica e la sua trasformazione in lavoro.

Specificamente per una macchina Carnot:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} \quad \text{per Carnot} \quad \frac{|Q_1|}{T_1} = \frac{|Q_2|}{T_2}$$

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

$$\boxed{\eta_{\text{CARNOT}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$$

Concludiamo esercizio precedente:

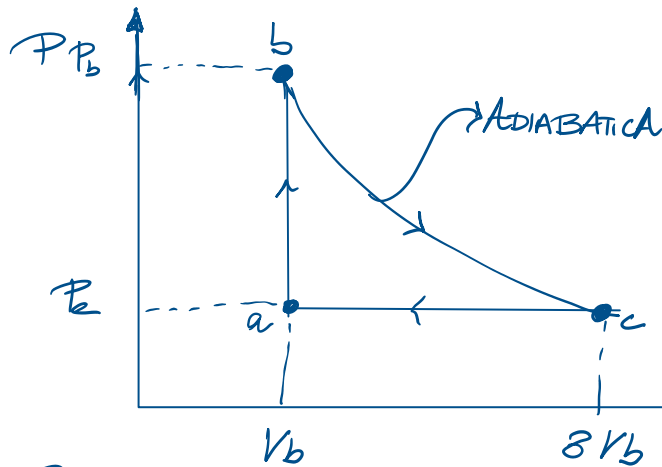
Esercizio #25 (CAP XX) Halliday-Resnick

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

viene fatto pervenire il ciclo:

$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Viene fatto pervenire il ciclo:



$$\left\{ \begin{array}{l} R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \\ P_c = 0,365 \text{ bar} \\ P_b = 10,1 \text{ bar} \\ V_b = 10^{-3} \text{ m}^3 \\ 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \end{array} \right.$$

- 1) Calore assorbito
- 2) " ceduto

3) Lavoro Totale svolto dal gas

4) Rendimento η

4) $\eta = ?$

$$\eta = \frac{L}{Q_{\text{ass}}} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{553,87}{1467,52} = 0,62$$

$$\boxed{\eta = 62 \%}$$

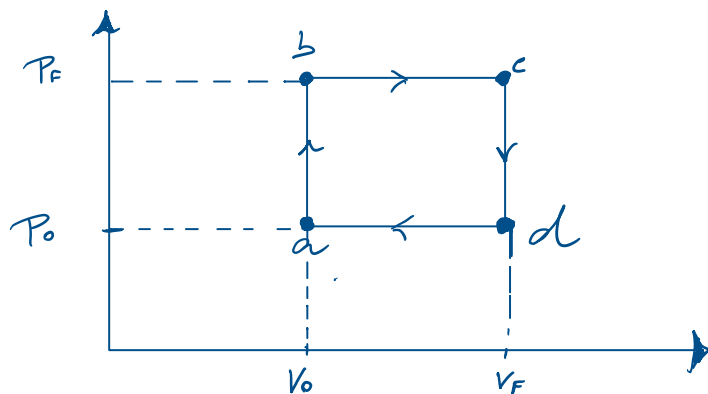
Adimensionale

Esercizio:

Es. 26 (SAP ~~XX~~) Hallyday-Rsmick

$$n=1$$

gas monoatomico



$$P_F = 2P_0$$

$$V_F = 2V_0$$

$$P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_0 = 0,0225 \text{ m}^3$$

$$\left[C_V = \frac{3}{2} R; C_P = \frac{5}{2} R \right]$$

a) $\angle$ $2272,5 \text{ J}$

b) Q_{FORNITO} durante a b c d

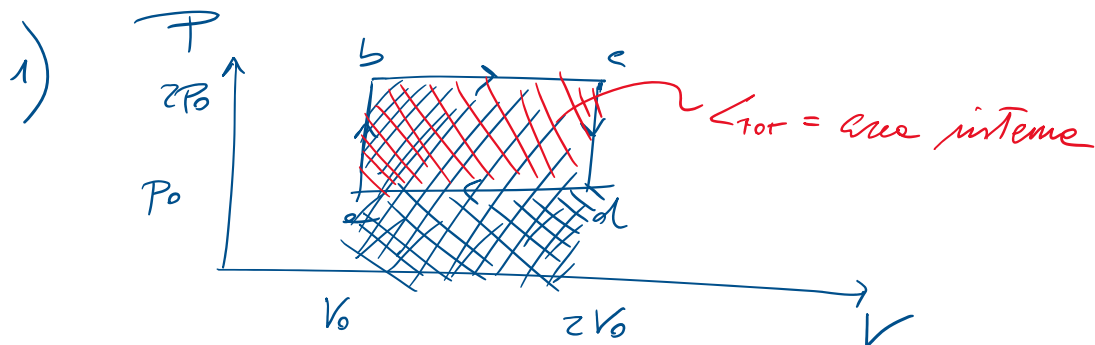
c) η 15% $1,471 \cdot 10^4 \text{ J}$

d) η 75% ipotizzando una macchina

del ciclo

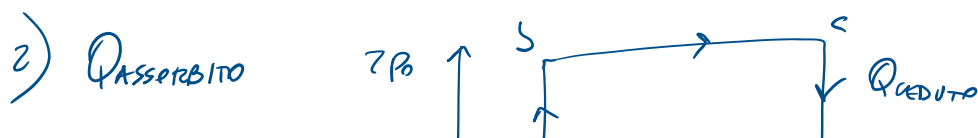
di Carnot

Tanto che lavori tra la T più bassa e + alta del ciclo

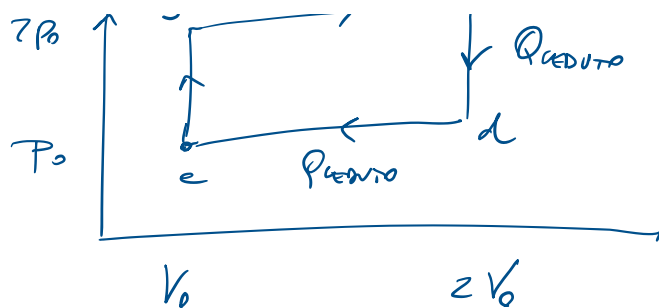


$$\angle_{\text{TOT}} = (2V_0 - V_0)(2P_0 - P_0) = P_0 V_0 = 2272,5 \text{ J}$$

$$\angle_{\text{TOT}} = 2272,5 \text{ J}$$



2) $Q_{ASSERBITO}$



$$Q_{ASS} = Q_{ab} + Q_{bc} = n C_V (T_b - T_a) + n C_P (T_c - T_b)$$

$\downarrow$ ISOCORA
 $\downarrow$ ISOBARA

$$\left[PV = nRT \left(T = \frac{PV}{nR} \right) \right]$$

$$= n \frac{3}{2} R \left(\frac{2P_0 V_0}{nR} - \frac{P_0 V_0}{nR} \right) + n \frac{5}{2} R \left(\frac{4P_0 V_0}{nR} - \frac{2P_0 V_0}{nR} \right)$$

$$= \frac{3}{2} P_0 V_0 + \frac{5}{2} 2P_0 V_0 = P_0 V_0 \left(\frac{3}{2} + \frac{10}{2} \right) = \frac{13}{2} P_0 V_0$$

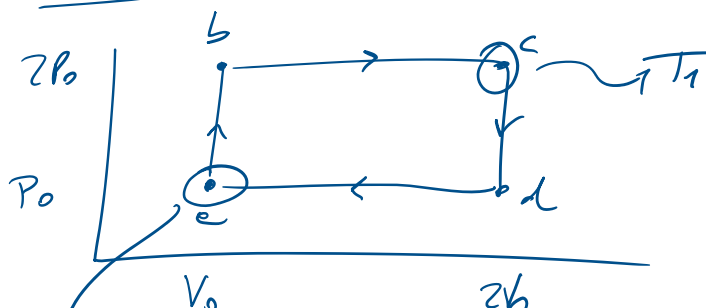
$$Q_{ASS} = \frac{13}{2} P_0 V_0 = 1,4771 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{Q_{SCATTO}}{Q_{ASS}} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$$

$\uparrow$

$$\eta = \frac{2272,5}{(1,4771 \cdot 10^4)} = 0,15 = 15\%$$

4) η_{CARNOT}





$$\eta_{\text{Otto}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad T_2 = ? \quad T = \frac{PV}{MR}$$

$$T_1 = ?$$

$$T_1 = \frac{2P_0 2V_0}{MR} ; \quad T_2 = \frac{P_0 V_0}{MR}$$

$$= 1 - \frac{\cancel{P_0 V_0}}{MR} \frac{MR}{\cancel{4 P_0 V_0}} = 1 - \frac{1}{4} = 0,75 = 75\%$$

$$\boxed{\eta_{\text{Otto}} = 75\%}$$