

ELEMENTI DI MECCANICA DEI FLUIDI E TERMODINAMICA

Prof. Chiuri Rocco

I fondamentali

MECCANICA DEI FLUIDI

$$p = \frac{F_{\perp}}{S}$$

pressione

$$q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

portata

$$p = p_{atm} + \rho gh$$

legge di Stevino

$$F_A = \rho g V$$

legge di Archimede

$$q = S v \quad \text{in assenza di attrito}$$

$S v = \text{costante}$ *equazione di continuità,
valida con fluido ideale
(incomprimibile –
densità uniforme e costante)*

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{costante}$$

equazione di Bernoulli

(conservazione dell'energia di un fluido ideale)

$$p_2 - p_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \left(\frac{s_2^2 - s_1^2}{s_1^2} \right)$$

effetto Venturi

(variazione nulla di energia potenziale)

$$F = \eta \frac{S v}{d}$$

attrito nei fluidi in regime laminare

(proporzionale alla viscosità e alla distanza dalle pareti)

$$F_v = 6\pi\eta r v$$

*attrito viscoso su una sfera di raggio r
che si muove attraverso un fluido*

$$v_l = \frac{2(\rho_s - \rho_f) g r^2}{9\eta}$$

velocità limite in presenza di forza di Archimede

I fondamentali

TERMODINAMICA

dilatazione termica dei corpi

$$L = L_0(1 + \alpha\Delta T) \quad S = S_0(1 + 2\alpha\Delta T) \quad V = V_0(1 + 3\alpha\Delta T)$$

capacità termica: $C = \frac{\Delta E}{\Delta T}$ calore specifico: $c = \frac{\Delta E}{m\Delta T}$

*equazione di stato dei gas perfetti
(gas rarefatti e lontani dal
cambiamento di stato - liquefazione)*

$$pV = \frac{p_0 V_0}{T_0} T \Rightarrow \mathbf{pV = nRT}$$

modello microscopico di gas perfetto:

Le forze intermolecolari sono quasi nulle

*Il moto delle molecole avviene per agitazione termica
ed è rapido e disordinato*

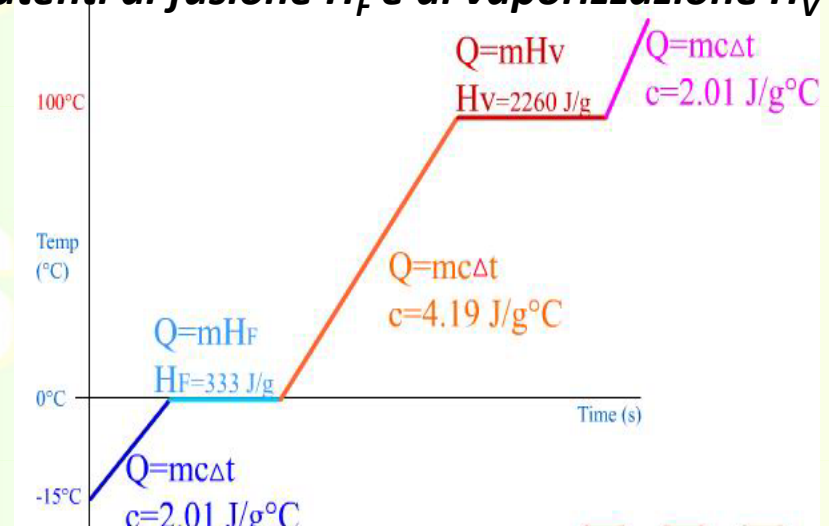
Le molecole urtano elasticamente con le pareti

equazione all'equilibrio termico

$$c_1 m_1 \Delta T_1 = c_2 m_2 \Delta T_2$$

$$c_1 m_1 (T_1 - T_e) = c_2 m_2 (T_e - T_2)$$

*diagramma dei passaggi di stato con calori
latenti di fusione H_F e di vaporizzazione H_V*



teoria cinetica:

$$p = \frac{2N K_{media}}{3V}$$

$$T = \frac{2N_A K_{media}}{3R}$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{lk_B T}{m_{mol}}} = \sqrt{\frac{lRT}{M}}$$

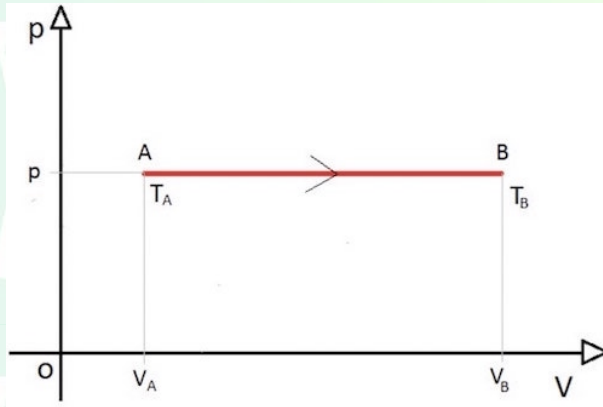
$$U = \frac{l}{2} nRT \quad \text{energia interna}$$

I fondamentali

TERMODINAMICA

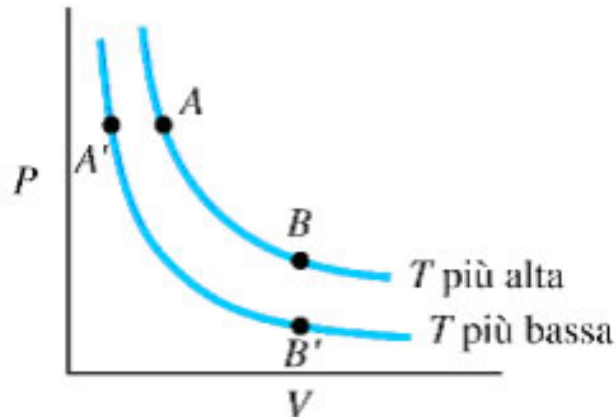
trasformazioni termodinamiche quasi-statiche (infinitesimi stati intermedi di equilibrio)

➤ **ISOBARA** (a pressione costante)

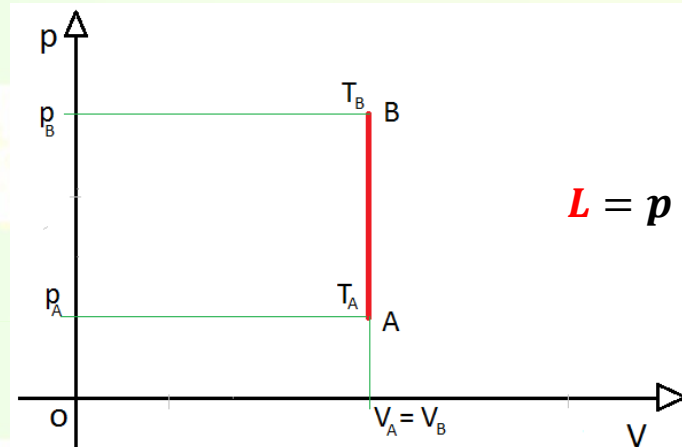


$$L = F \cdot \Delta s = F \cdot \Delta h = p \cdot S \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V$$

➤ **ISOTERMA** (a temperatura costante)

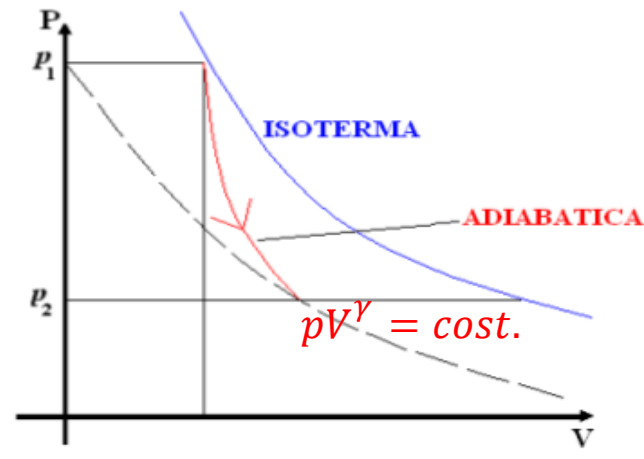


➤ **ISOCORA** (a volume costante)



$$L = p \cdot \Delta V = 0$$

➤ **ADIABATICA** (senza scambi di calore)



I fondamentali

TERMODINAMICA

primo principio della termodinamica e applicazioni alle trasformazioni

$$Q = L + \Delta U$$

ISOBARA $Q = L + \Delta U = p\Delta V + \Delta U = nR\Delta T + \frac{l}{2}nR\Delta T = \frac{l+2}{2}nR\Delta T \Rightarrow c_p = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{l+2}{2} \frac{R}{M}$

ISOCORA $Q = L + \Delta U = \Delta U = \frac{l}{2}nR\Delta T \Rightarrow c_v = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{l}{2} \frac{R}{M}$ calore specifico a $p = \text{cost.}$

ISOTERMA $Q = L + \Delta U = L = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$ calore specifico a $V = \text{cost.}$

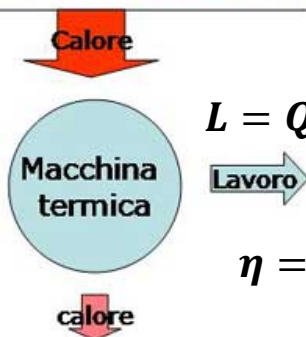
ADIABATICA $Q = L + \Delta U \Rightarrow 0 = L + \Delta U \Rightarrow -\Delta U = L$

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{l+2}{l} = \gamma$$

CICLICA $Q = L + \Delta U = L$

macchine termiche, macchine frigorifere e secondo principio della termodinamica

Sorgente ad alta temperatura: **Caldia**



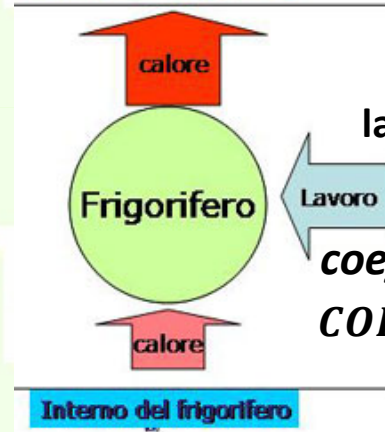
$$L = Q_a - |Q_c|$$

rendimento

$$\eta = \frac{L}{Q_a} = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_a} \quad 0 \leq \eta < 1$$

Sorgente a bassa temperatura: **Refrigerante**

Ambiente esterno



lavoro negativo ($Q_a < Q_c$)

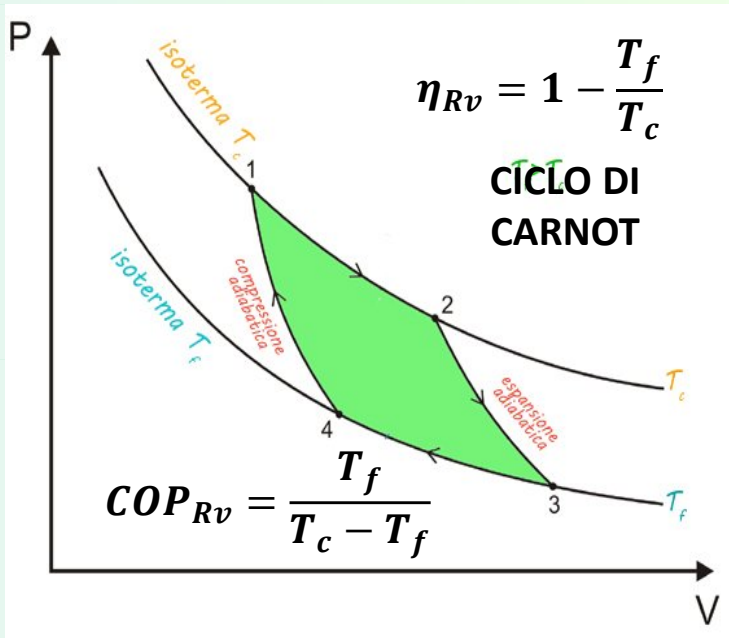
coefficiente di prestazione

$$COP = \frac{Q_a}{|L|} = \frac{Q_a}{|Q_a - Q_c|} \geq 1$$

Interno del frigorifero

I fondamentali

TERMODINAMICA



$\eta \leq \eta_{Rv}$ *teorema di Carnot*

$$\frac{Q_a}{T_c} + \frac{Q_c}{T_f} \leq 0 \quad \text{disuguaglianza di Clausius}$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{\Delta Q_i}{T_i} \leq 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^N S_i \leq 0 \quad \text{entropia}$$