

L'azione 2

caso generale spazio limitato dove le proprietà del contorno sono più importanti



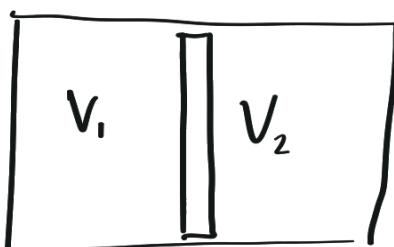
$$S.T. + A = V$$

Per definire A

- A {
- a) natura e tipo di costituenti, $N_1(t), N_2(t), \dots, N_m(t)$
 - b) parametri caratterizzanti forze esterne
 \hookrightarrow unico che usiamo è V , volume
 - c) natura delle forze interne
 - d) natura vincoli interni
- costituenti
exemplari

$$A = \{N_1(t), N_2(t), \dots, N_n(t), V, F_i\}$$

c) esempio

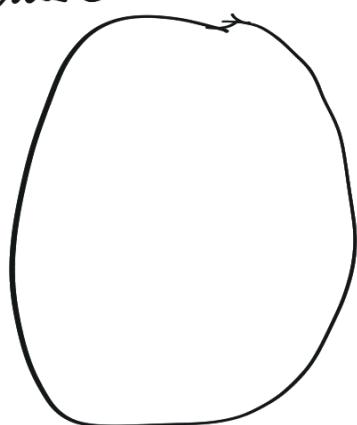


$$V = V_1 + V_2$$

\hookrightarrow volume interno

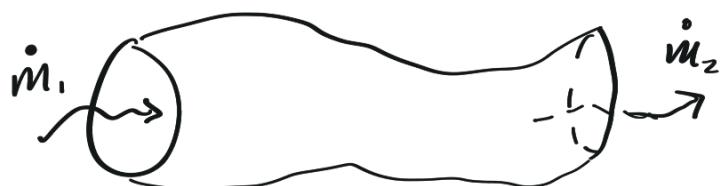
Non si sa mai la energia assoluta ma
si approssima con delle energie di riferimento

sistema chiuso



$$\frac{dM}{dt} = \dot{m} = 0$$

sistema aperto (e.g. tubo)



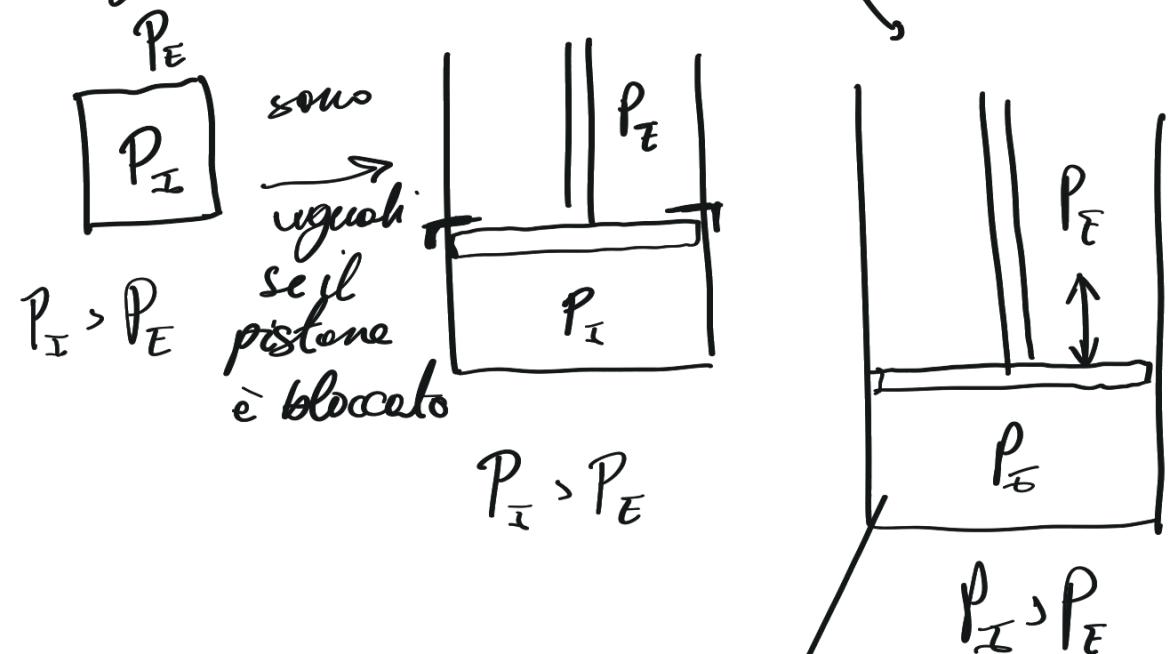
$$\dot{m} = \frac{dM}{dt} \geq 0$$

Contorno

(ΔP)

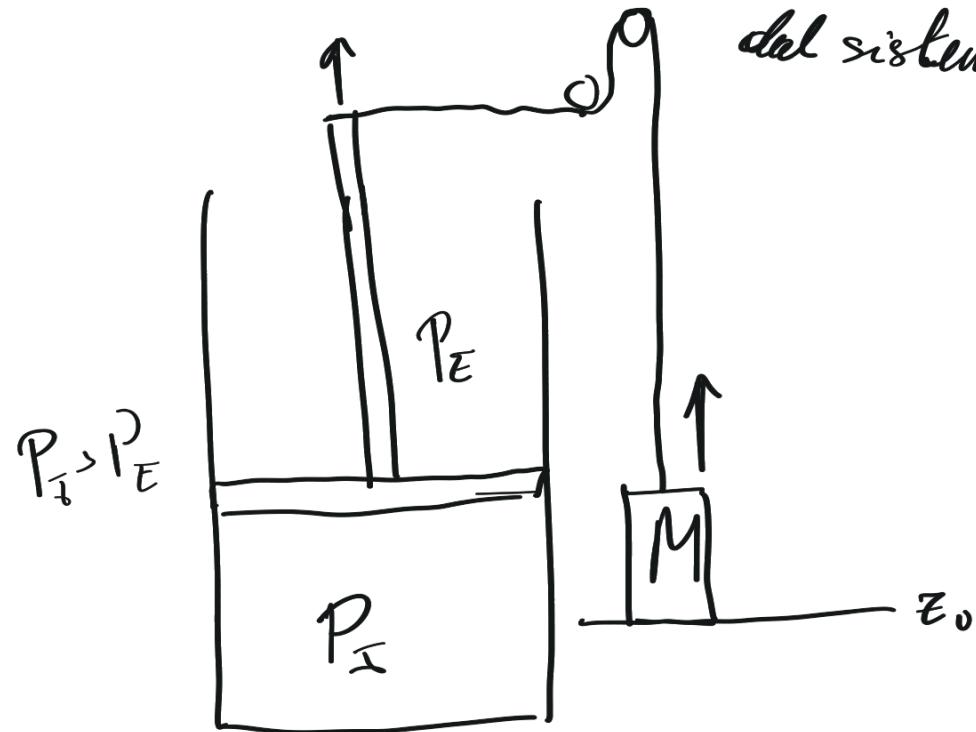
rigido

mobile



Continua finché $P_I = P_E$
se il lavoro $L_{pdV} = \int_1^2 P dV$

Il lavoro è negativo perché esce dal sistema



$$\Delta E_p = M g \Delta z$$

↳ si può calcolare l'energia esterna

$$L_{PdV} = \int_1^2 P dV = M g \Delta z$$

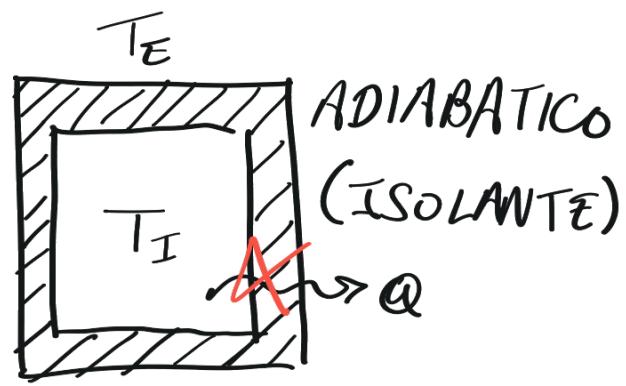
Può succedere se c'è una diseguaglianza (e.g. ΔP)

→ Lavoro meccanico per variazione di volume

Conduttore



• Isolante (ΔT)



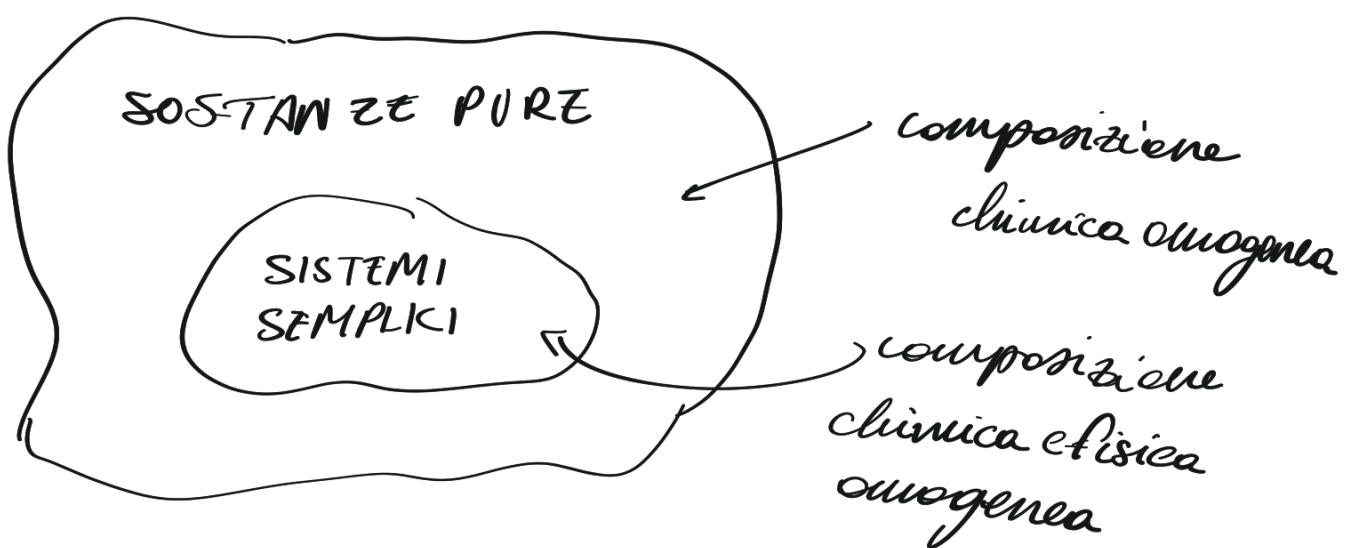
$T_i > T_\infty$ ma è isolante
quindi non c'è flusso di
calore

μ_i : PERMEABILE o IMPERMEABILE (\bar{m})

se il contorno permeabile ci può esser flusso
di massa se c'è anche una differenza in
potenziale chimico (μ_i)

Sistema semplice

↪ omogeneo fisicamente e chimicamente
omogenea e isotropa



Grandezze fisiche macroscopiche: riferibili ad essa nel suo complesso

Massa, volume, pressione e temperatura, energia

Proprietà

Se con una procedura permette di stabilire la proprietà ad un istante di tempo

Non tutte le grandezze fisiche sono proprietà del sistema

e.g.



$$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

ha velocità media non è proprietà perché dipende da tanti intervalli di tempo non solo uno

La velocità istantanea lo è

Tipi di proprietà termodinamiche:

Grandezze INTENSIVE: → non estensive
la massa del sistema

- Temperatura [K] [$^{\circ}\text{C}$] → $0^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$

- Pressione [Pa] [bar] [atm] [at] $1\text{ Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}} = \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$

- $\mu_i \rightarrow$ potenziale chimico [J/mol]

Flusso di calore

Flusso di lavoro

Mecanico

Flusso di massa

Se c'è differenza serve anche che il calore può permettere questo scambio

Grandezze Estensive

Estensivo = massa

$M[\text{kg}]$

$V[\text{m}^3]$

$N[\text{mol}]$

$$E[\text{J}] \rightarrow E_k = \frac{1}{2}mv^2$$
$$\rightarrow E_p = mgz$$

↳ U (energia interna)

Grandezze Specifiche

MASSA VOLUMICA

DENSITÀ

$$\rho = \frac{M}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad v^* = \frac{1}{\rho} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

per H_2O_{liq} $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$v^* = 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$e^* = \frac{E}{M} \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \quad e = \frac{E}{N} \left[\frac{\text{J}}{\text{mol}} \right] \quad V = \frac{V}{N} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right]$$

Stato Termodinamico

Come definire:

moli di ogni specie chimica, si potrebbe usare anche massa

$$A(t) = \left\{ \begin{array}{l} \overset{\curvearrowleft}{N_1(t), N_2(t), \dots, N_i(t)}, V, P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t) \\ \downarrow \\ M_1(t), M_2(t), \dots, M_i, V, P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t) \end{array} \right\}$$

Bisogna definire tutte le proprietà indipendenti nel sistema

L'indipendenza dipende dalla stato di aggregazione. Acqua e vapore a Latte sono sempre a $100^\circ C$ se coesistono

Stato di equilibrio (macroscopico) di un sistema

Omogeneità + Covarianza temporale

Bisogna conoscere tutte le variabili indipendenti per descrivere un sistema completamente

Equazione di stato \rightarrow determina lo stato

$$V = C - F + 2 \quad (\text{Regola di Gibbs})$$

termo di volume
 n° componenti (specie chimiche)
 → Fasi

n° variabili indipendenti \rightarrow Determina il numero di variabili indipendenti necessarie per descrivere il sistema o gradi di libertà

e.g. • H_2O liquida $C=1$ $F=1$

$$V = 1 - 1 + 2 = 2 \rightarrow P, T \text{ sono indipendenti}$$

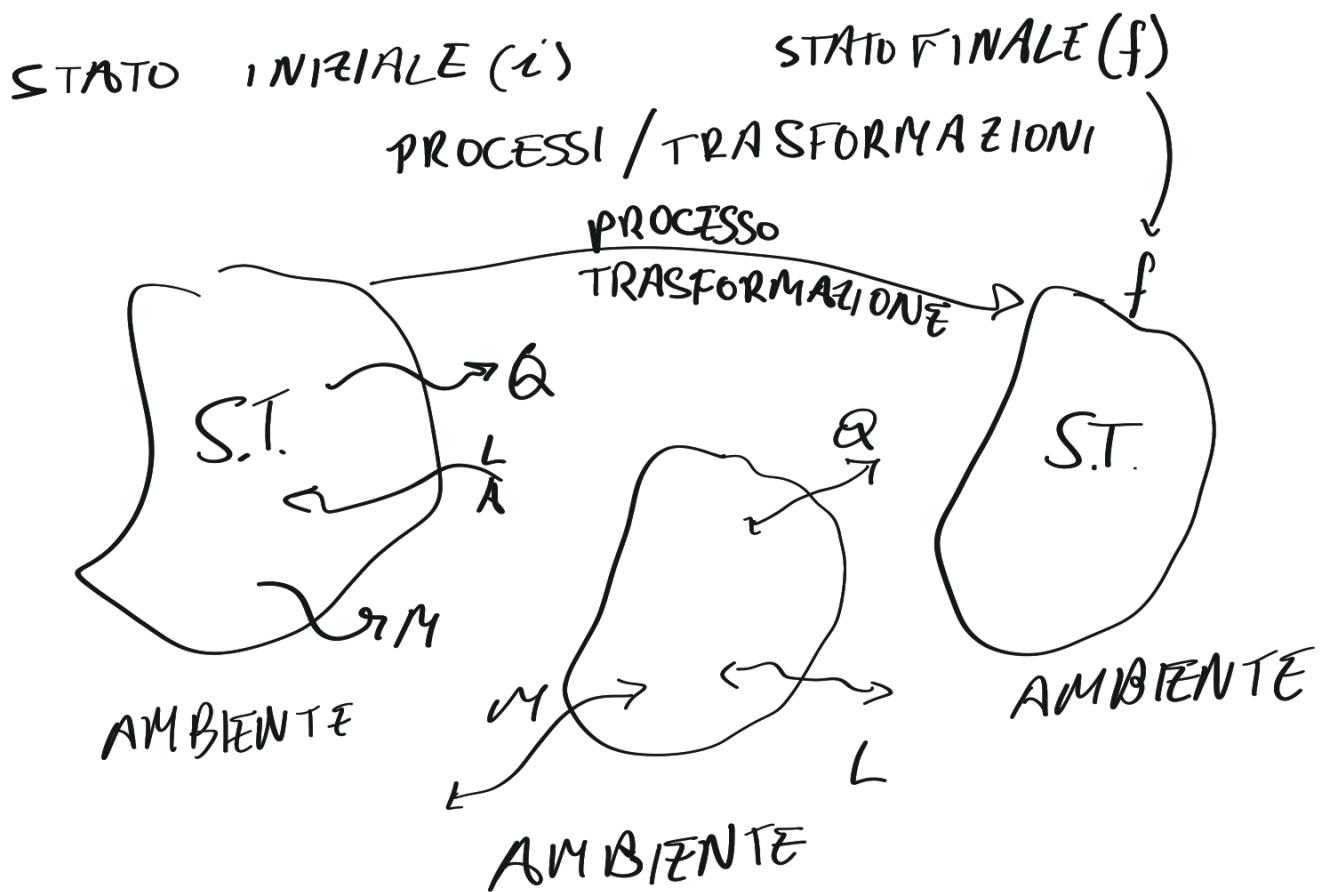
• H_2O_{liq} IN EQUILIBRIO CON H_2O_{mp}

$$C=1 \quad F=2 (L+V)$$

$$V = 1 - 2 + 2 = 1 \rightarrow \text{è necessario fissare pressione oppure temperatura}$$

• LIQ, VAP, SOL • NEQUILIBRIO

→ PUNTO TRIPLO $V=0$, esiste solo un punto

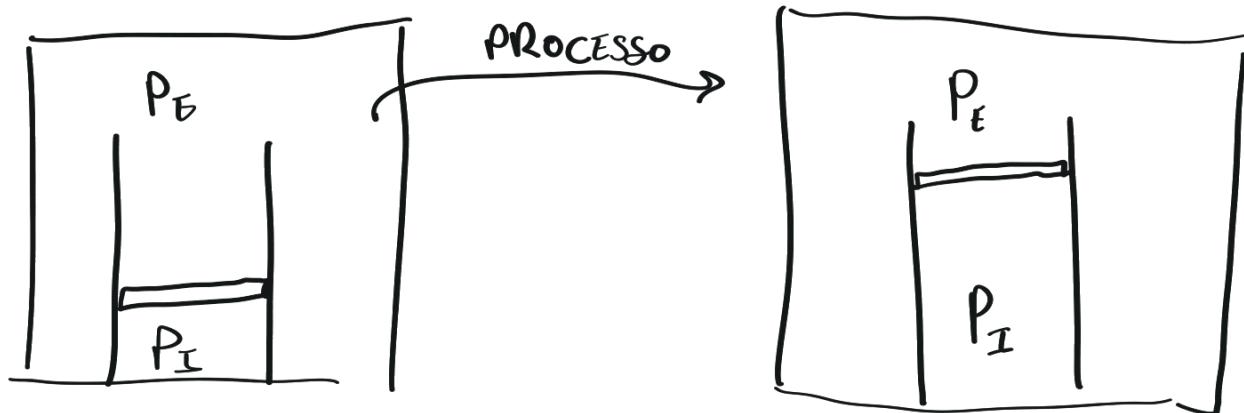


Processo Termodinamico → porta da uno stato iniziale a finale, scendendo i passi intermedi

Tipi di Processi

Processo spontaneo: evolve spontaneamente senza interazione con altri sistemi

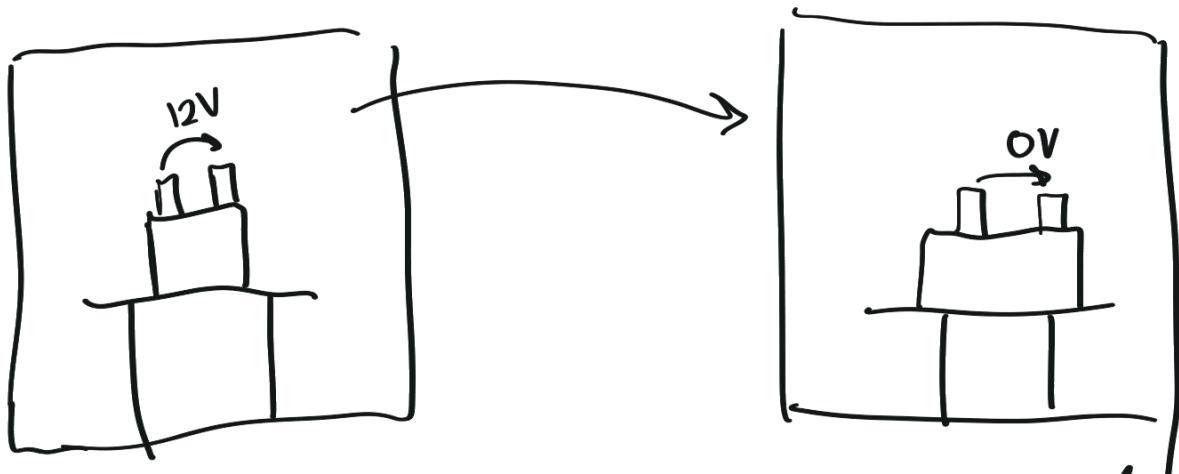
Esempi



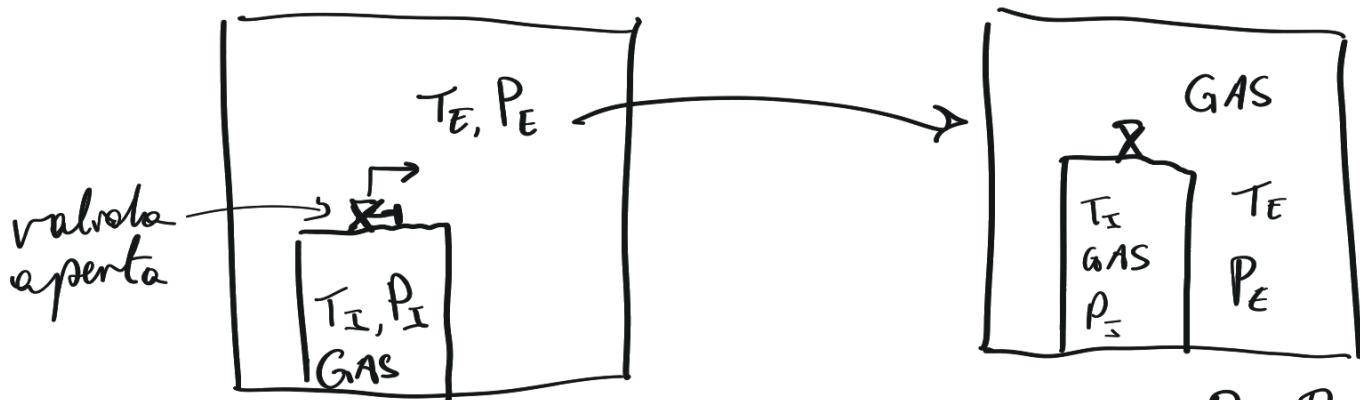
$$P_I > P_E$$

$$P_I = P_E$$

Se sistema composto isolato evolve fino ad uno stato dove gli effetti dell'ambiente sono nulli



Si è messo in equilibrio con l'ambiente



valvola aperta

$$T_I > T_E \quad P_I > P_E$$

$$T_I = T_E \quad P_I = P_E$$

Altra Classificazione

Processo Meccanico

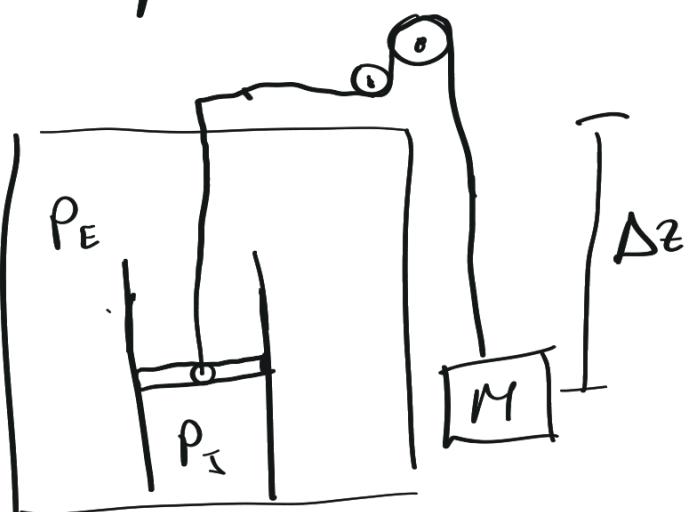
↳ L'unico effetto esterno è sempre rappresentabile con la variazione di quota di un grave in un campo gravitazionale. Un processo che sfrutta la variazione di energia potenziale per ricavare energia.

Reversibile
~~~~~ globalmente

↳ se esiste un modo di portare il sistema e ambiente allo stato iniziale senza lasciare tracce all'esterno

→ processi spontanei sono sempre irreversibili

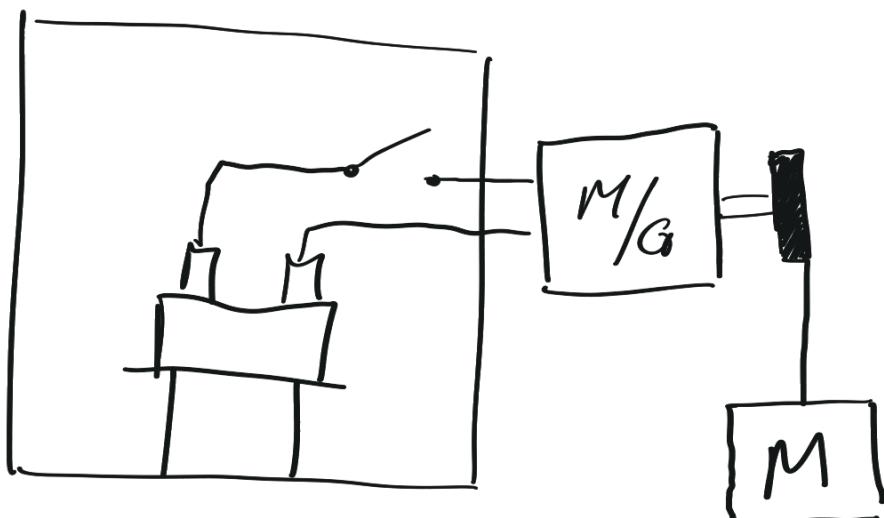
### Esempi Processi Meccanici



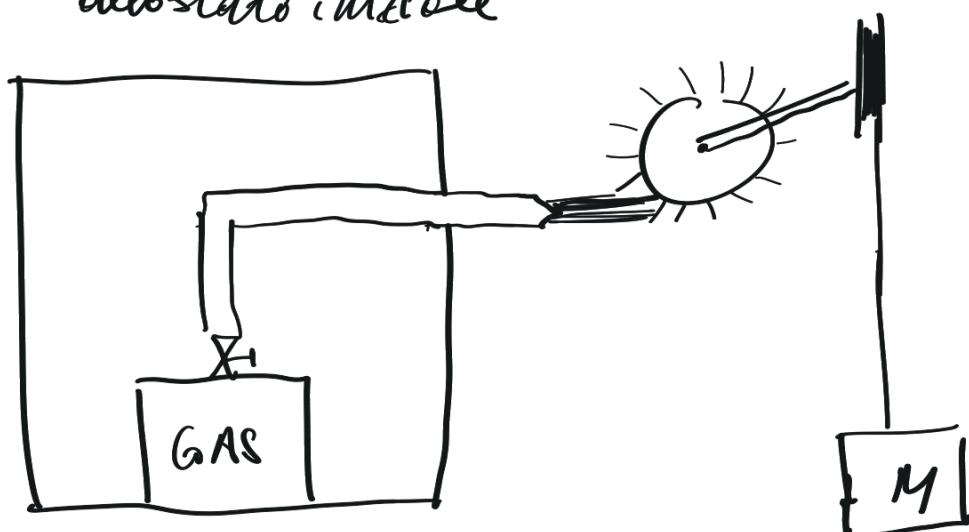
$$L = \Delta E_p = M g \Delta z$$

Le differenze in pressioni sono minime allora può esser reversibile ma di più diventa irreversibile.

Se il processo fosse ideale allora sarebbe reversibile, ma se c'è l'attrito bisogna aggiungere energia



E' reversibile se è perfetto senza attrito e perdite elettriche, o se ci fossero pari minimi che riportano allo stato iniziale

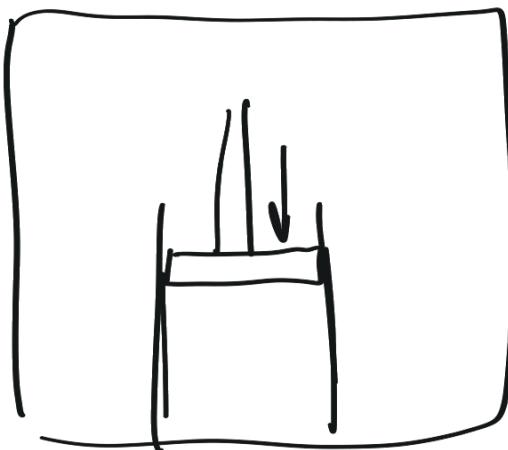


I processi meccanici sono reversibili solo in condizioni perfette non globalmente

## Trasformazione Quasi-Statica (<sup>q</sup>internalmente reversibile)

la durata della trasformazione è idealmente infinita.

È trasformazione invertibile ma non globalmente reversibile

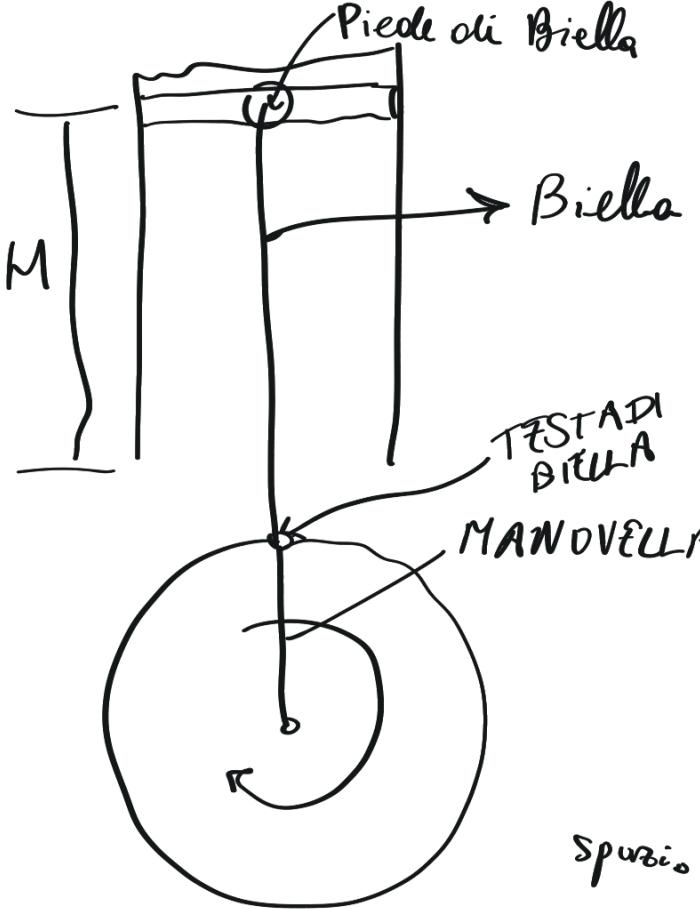


Se la compressione è lenta la trasformazione si può propagare e il sistema può rimanere in equilibrio.

Può esser globalmente <sup>in</sup>equilibrio.

Praticamente le trasformazioni non sono quasi-statiche ma ci permette di trovare stati di equilibrio che ci permette di fare i calcoli.

Per una trasformazione quasi-statica il tempo per la trasformazione deve esser maggiore del tempo per la propagazione delle perturbazioni interne.



$$n = 4000 \text{ giri/min}$$

$$r_M = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{CORSO} H = 0,1 \text{ m}$$

$$V_{\text{SUONO}} = V_{\text{PROPAGAZIONE DI PRESSIONE}} \\ \simeq 340 \text{ m/s}$$

TEMPO NECESSARIO perché  
ONDA DI Pressione interessi  
tutto il cilindro

Spazio

Velocità

$$t = \frac{s}{v} = \frac{H}{V_{\text{SUONO}}} = \frac{0,1}{340} = 2,94 \times 10^{-4} \text{ s} \\ \simeq 0,3 \text{ ms}$$

tempo  $(t)$  necessario per una salita o discesa del pistone

$$n = 4000 \text{ rpm} = \frac{4000}{60} \text{ rps} = \frac{6}{400} \text{ spr}$$

$$\frac{6}{800} \cdot \frac{s}{\frac{1}{2} \text{ giro}} = t$$

$$t = \frac{3}{400} \text{ s}$$

$$\frac{t}{\tau} = \frac{\frac{3}{400}}{0,3 \times 10^{-3}} = \frac{3}{400} \cdot \frac{1}{3 \times 10^{-4}} = \frac{1}{4 \times 10^{-2}} = 0,25 \times 10^2 = 25$$

Il tempo di mezzo giro è 25 il tempo di propagazione.  $t > \tau$ , quindi si può approssimare trasformazioni quasi-statiche

$$\frac{V_{\text{ONDA}}}{V_{\text{PISTONE}}} = \frac{\frac{340 \text{ m/s}}{0,1 \text{ m}}}{\frac{3}{400} \text{ s}} > 25$$

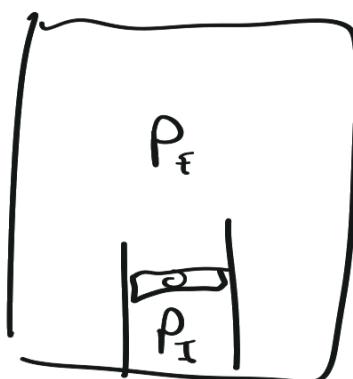
Riindi si può considerare la trasformazione con quasi-statico e internamente reversibile

Tutte le trasformazioni che consideriamo saranno quasi-statiche, cioè il sistema passa attraverso stati di equilibrio

Trasformazione globalmente reversibile se:

- 1) tutte le trasformazioni siano quasi-statiche
- 2) sistema ed ambiente siano in uno-equilibrio

↳ se per esempio un sistema differenza di pressione con ambiente esternamente



$$P_I = P_E + dP$$

È reversibile se ci sono passi infinitesimi