PRIMO PRINCIPIO $\Delta U = Q - L \quad \left[\frac{J}{kg}\right]$

$\Delta \mathcal{U} = Q - \mathcal{L} \quad [J]$

PRIMO PRINCIPIO PER SISTEMI CHIUSI $\frac{d\mathcal{U}}{d\tau} = \dot{Q} - \dot{\mathcal{L}}$

PRIMO PRINCIPIO PER SISTEMI APERTI $\frac{d\mathcal{U}}{d\tau} = \dot{Q} - \dot{\mathcal{L}} - \sum \dot{g}_k \left| \mathcal{U}_k - \dot{\mathcal{L}}_{PULS} \right| \rightarrow I_k$

PRIMO PRINCIPIO PER SISTEMI STAZIONARI (es. miscelatore) $\sum \dot{g}_k = 0$ $(\dot{m}_1 = \dot{m}_2)$

PRIMO PRINCIPIO PER SISTEMI APERTI NON STAZIONARI $\frac{d\mathcal{U}}{d\tau} = \dot{Q} - \dot{\mathcal{L}} - \sum \dot{g}_k I_k$

PRIMO PRINCIPIO PER SISTEMI A.M.R.

- Stazionario $\frac{d\mathcal{U}}{d\tau} = 0$
- Monodimensionale = una sola bocca di entrata ed una sola di uscita = $\dot{g}_1 = -\dot{g}_2$

$$\dot{Q} - \dot{\mathcal{L}}' - |\dot{g}| (I_u - I_i) = 0$$

$$\Downarrow \text{(diviso per } |\dot{g}|)$$

$$\Delta I = Q - L'$$

MASTER COPY

Tel. 388/9837745

Sistema stazionario: sistema in cui l'equilibrio termodinamico ma più in generale tutte le caratteristiche restano costanti e sono variabili di stato intensive

PRINCIPIO ZERO "Se ho 2 sistemi di temperatura diversa e li metto in contatto termico questi si portano alla stessa temperatura"

TRASFORMAZIONE CICLICA: $Q = L$

- $\mathcal{L}_{TAR} = P_{ASPIRA} \cdot \Delta V$
- $L_{PULS} = \pm PV$ (alle bocche) ⊕ se è una bocca d'entrata ⊖ se è una bocca d'uscita
- $\dot{\mathcal{L}}_{PULS} = \dot{g} PV$ $\quad \dot{\mathcal{L}}_{TOT} = \dot{\mathcal{L}}_{PULS} + \dot{\mathcal{L}}' \rightarrow$ potenza nella
- ENTALPIA = $I = PV + U$

TRASFORMAZIONE POLITROPICA

3 ipotesi:

- ADIABATICITÀ: $dQ = 0$
- GAS PERFETTO: $dU = C_v dT$ $\quad \left(\gamma = \frac{C_p}{C_v}\right)$
- REVERSIBILITÀ: $dL = p dV$

Si comincia dal primo principio

$$dU = \cancel{dQ} - dL$$

$$C_v dT = -p dV$$

$pV = R'T \Rightarrow \boxed{T = \frac{pV}{R'}}$

$$C_v \frac{p dV + V dp}{R'} = -p dV$$

$$C_v (p dV + V dp) = -R' p dV$$

RELAZIONE DI MEYER $\quad R' = C_p - C_v$

$$\cancel{C_v (p dV} + V dp) = -C_p p dV + \cancel{C_v p dV}$$

$$C_v V dp = -C_p p dV$$

si divide per pV da entrambe le parti

$$\frac{C_v V dp}{pV} = -\frac{C_p p dV}{pV}$$

$$C_v \frac{dp}{p} = -C_p \frac{dV}{V}$$

si divide per C_v da entrambe le parti

$$\frac{dp}{p} = -\gamma \frac{dV}{V}$$

Si integra fra 0 e 1 da entrambi i partì

$$\ln p_1 - \ln p_0 = -\gamma (\ln V_1 - \ln V_0$$

$$\ln \frac{p_1}{p_0} = -\gamma \ln \frac{V_1}{V_0}$$

$$\ln \frac{p_1}{p_0} + \gamma \ln \frac{V_1}{V_0} = 0$$

$$\ln \frac{p_1}{p_0} + \ln \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\gamma} = 0$$

$$e^{\ln \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{p_0 V_0^{\gamma}}} = e^0$$

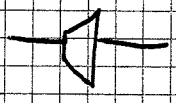
$$\frac{p_1 V_1^{\gamma}}{p_0 V_0^{\gamma}} = 1$$

$$p_1 V_1^{\gamma} = p_0 V_0^{\gamma} \rightarrow pV^{\gamma} = \text{cost.}$$

DIMOSTRAZIONE (1)

1 e 0 sono una coppia di stati equivalenti

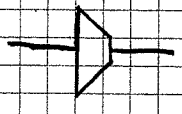
ORGANI ADIABATICI



$$L_t' = \Delta I$$

$$\mathcal{L}_t' = -g|\Delta I$$

turbina



$$L_c' = \Delta I$$

$$\mathcal{L}_c' = -g|\Delta I$$

compressore

$$\ell_T = \frac{I_{2^*} - I_1}{I_2 - I_1}$$

$$\ell_c = \frac{I_2 - I_1}{I_{2^*} - I_1}$$



- organo completamente irreversibile (di perdite totalmente dagli attriti)
- adiabatico → $\Delta I = \cancel{L_2} - \cancel{L_1'}$ (isoentalpico)
- se abbiamo a che fare con gas perfetti: $I = \phi C_p T$ → isoterma

SECONDO PRINCIPIO PER SISTEMI CHIUSI: "$L_{ottenuto} < Q^+_{fornito}$"

Macchine: diretta (fornisce lavoro)
inversa (trasmette energia ma richiede l'applicazione del principio zero)

ENUNCIATO KELVIN - PLANK

"È impossibile per una macchina ciclica ottenere lavoro scambiando energia con meno di 2 sorgenti"

↓

da almeno una riceve calore e ad almeno un'altra ne cede una parte

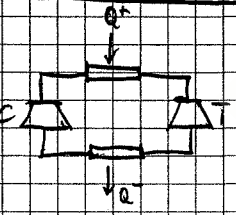
Parametro fondamentale per la macchina è il rendimento

$$\eta = \frac{L}{Q^+} < 1$$

ENUNCIATO DI CLAUSIUS

"È impossibile per una macchina ciclica inversa funzionare senza interagire meccanicamente con l'esterno"

MACCHINA DI CARNOT



Schema semplice di macchina ciclica

MASTER COPY
Tel. 388/9837745

La macchina di Carnot opera a contatto con 2 sorgenti (il minimo) ed è composta da 2 isoterme reversibili e 2 adiabatiche reversibili. Negli scambiatori non ci sono attriti ($p_u = p_a$).
Non ci sono vincoli rispetto al fluido da usare ma nel caso di gas limite abbiamo trasformazioni politropiche.
Prendo in considerazione solo l'interno del sistema (no attriti) ma devo interagire con l'esterno e tale trasferimento di calore è irreversibile.
La differenza di temperatura tra le sorgenti e le isoterme del gas deve essere infinitesima proprio per avere uno scambio reversibile ma nei conti questa ΔT è nulla per motivi. Essendo il salto di temperatura minimo deve essere anche il lavoro. Bisogna supporre che le superfici di scambio tendano a ∞ e questo è il limite più grosso della macchina di Carnot.

La caratteristica principale della macchina di Carnot è garantire il miglior rendimento possibile (punto di riferimento).

$$\eta_C = 1 - \frac{T^-}{T^+}$$

Con T^-: temperatura sorgente fredda
T^+: temperatura sorgente calda

Il rendimento della macchina di Carnot sarebbbe ① se $T^- = 0K$ oppure se $T^+ = +\infty$ impossibile.

impossibile per il terzo principio della termodinamica

Il ciclo di Carnot si può ottenere:
(A) in un termofluidosistema
(B) in un sistema cilindro-pistone dove durante il movimento del pistone il sistema è adiabatico

DISUGUAGLIANZA DI CLAUSIUS

$$\oint \frac{dQ}{T_F} \leq 0$$

T_F: temperatura di frontiera

Oss: $\frac{dQ}{T_F} = 0$ se non ci sono irreversibilità

2° PRINCIPIO PER SISTEMI CHIUSI

$$dS = \frac{dQ}{T_F} + dS_g$$

dS_g → produzione di entropia
- sempre positiva
- non è una variabile di stato
- quantizza le irreversibilità

$$\Delta S = \frac{Q}{T_F} + \Delta S_g$$

In generale, dovendo un sistema scambiare calore con più sorgenti si ha, per ogni scambio

$$\Delta S = \sum_i \frac{Q_i}{T_{F_i}} + \Delta S_g$$

Con "i = numero di scambi"

sono dovute a

CAUSE INTERNE
- reazioni chimiche
- reazioni nucleari
- attriti
- fenomeni di scollamenti interni

CAUSE ESTERNE
- dovute unicamente al calore scambiato (quindi al fatto di avere uno o più termostati in contatto con il sistema che ha una temperatura diversa)