* eq di stato

$PV = nRT$ $\quad PV = mRT$

* I° Principio chiuso

$\Delta E = Q - L \rightarrow E_{cin}, E_{pot} = 0$

$\boxed{\Delta U = Q - L}$ $\quad \boxed{dU = dQ - dL}$

Ciclo

$\Delta U = 0 \qquad Q = L$

* Lavoro — costante

$L_{rev} = \int P\,dV \;,\; P\,\Delta V$

$L_{irr} = P_{ext}\,\Delta V$

* Pol. Trapica

$\boxed{P \cdot V^{\gamma} = cost}$ $\quad P^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T = cost$

$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R'} \qquad R' = C_p - C_v$

* I° Principio aperti

$\boxed{\frac{dU}{d\tau} = \dot{Q} - \dot{L}' - \sum_k \gamma_k I_k}$

$I_K = (U_K + P_K V_K)$ $\quad \gamma = \dot{m}$

$\frac{dU}{d\tau} = 0 \rightarrow$ stazionario AMR

$\boxed{dI = dQ + dL} \rightarrow$ I° principio AMR

$\sum_K \gamma_K = 0 \qquad \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$

* Lavoro di pulsione

$L = \sum_K P_K V_K \qquad \dot{L} = \sum_K \gamma_K P_K V_K$

* Rendimento isentropico

$\eta_s = \frac{L_{reale}}{L_{ideale}} = \frac{\Delta I}{\Delta I^*} = \frac{I_2 - I_1}{I_2^* - I_1}$

$dI = c_p\,dT \rightarrow \Delta I = c_p \Delta T$

$\eta_T = \frac{T_2 - T_1}{T_2^* - T_1}$

$\eta_c = \frac{L_{ideale}}{L_{reale}} = \frac{-\Delta I^*}{-\Delta I} = \frac{I_2^* - I_1}{I_2 - I_1}$

$\eta_c = \frac{T_2^* - T_1}{T_2 - T_1}$

* Rendimento carnot

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

* Rendimento

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

II° principio chiuso

$\boxed{dS = \frac{dQ}{T_F} + dS_s}$ $\quad S = mS$

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

$\Delta \mathcal{S} = \frac{Q}{T_F} + \Delta \mathcal{S}_s$

$Q = 0$ Adiabatica $\Delta S_s = 0$ reversibile $\rightarrow \Delta S = 0$ isentropica

II° principio aperti

$\boxed{\frac{d\mathcal{S}}{d\tau} = \frac{d\dot{Q}}{T_F} + \dot{\mathcal{S}}_s - \sum_K \gamma_K S_K}$

I° eq fondamentale reversibile $dU = dQ - dL$ ($dL = PdV$)

$dS = \frac{dQ}{T} \qquad dS_i = 0$

$\boxed{dU = TdS - PdV}$

$\boxed{dS = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R' \ln \frac{V_2}{V_1}}$

MASTER COPY

Tel. 388/9837745

II° eq fondamentale

$$\boxed{dI = TdS + VdP}$$

$$\boxed{dS = C_p \ln\frac{T_2}{T_1} - R \ln\frac{P_2}{P_1}}$$

* Relazioni

$$dU = C_v\,dT$$

$$dU = \left.\frac{\partial U}{\partial T}\right|_V dT + \left.\frac{\partial U}{\partial V}\right|_T dV$$

$$dI = C_p\,dT$$

$$dI = \left.\frac{\partial I}{\partial T}\right|_P dT + \left.\frac{\partial I}{\partial P}\right|_T dP$$

* Titolo

$$X = \frac{M_v}{M_{TOT}} \qquad X = \frac{V_x - V_L}{V_v - V_L}$$

$$V_x = V_L + X\,(V_v - V_L)$$

* $\tilde{C}_p$ medio

H_2O – $\tilde{C}_{p_v}$ 2000 $\frac{J}{Kg\,K}$ $\tilde{C}_{p_L}$ 4187 $\frac{J}{Kg\,K}$

$$dI = \tilde{C}_p\,dT \rightarrow \Delta I = \tilde{C}_p\,\Delta T$$

$$\rightarrow I_M - I_V = \tilde{C}_p\,(T_M - T_V) \quad \text{Vapori}$$

$$\rightarrow I_L - I_N = \tilde{C}_p\,(T_L - T_N) \quad \text{Liquidi}$$

$$TdS = dI \rightarrow dS = \tilde{C}_p\frac{dT}{T}$$

$$\rightarrow S_M - S_V = \tilde{C}_p\,(T_M - T_V) \quad \text{Vapori}$$

$$\rightarrow S_L - S_M = \tilde{C}_p\,(T_L - T_M) \quad \text{Liquidi}$$

Ciclo

$\Delta U = 0 \qquad Q = L$

$TS \rightarrow L = \int T\,dS$

$PV \rightarrow L = -\int V\,dP$

Rankin Hirn – – – – – – – – – – – –

Temperatura media di scambio

$$\frac{1}{T} = \frac{\int_\omega \frac{q}{T}\,d\omega}{\int_\omega q\,d\omega} \qquad q\left[\frac{W}{m^2}\right]$$

$\eta = 1 - \frac{T^-}{T^+}$ $\quad T^-$ costante $\quad T^+$ aumenta

Joule – Brayton – – – – – – – – – –

$$\eta = \frac{L'}{Q^+} = \frac{L_T - |L_c|}{Q^+} = \frac{(I_3 - I_4) - (I_2 - I_1)}{(I_3 - I_2)} =$$

$$= \frac{T_3 - T_4 - T_2 + T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2}\,\frac{\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{\left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3}$$

Ciclo Frigorifero – – – – – – – – – –

$$COP_{RF} = \frac{Q^+}{|L'|}$$

$$COP_{PC} = \frac{Q^-}{L'}$$

$COP_{PC} = COP_{RF} + 1 \qquad Q^+ < |Q^-|$

$Q^+ = I_1 - I_4 \qquad Q^- = -(I_2 - I_3)$

$L' = -(I_2 - I_1)$

Trasmissione del calore

$$\dot{Q} = \frac{K S}{d} (T_2 - T_1) \quad [W]$$

* Conduzione

$q = -K \, \text{grad} T \qquad \text{grad} T = \frac{dT}{dx}$

$$\dot{Q}_K = \frac{1}{2} \frac{K S}{d} (T_K - T_1) \quad [W]$$

$K = \left[\frac{W}{m K}\right] \qquad q = \left[\frac{W}{m^2}\right] \qquad S q = \dot{Q}$

$$\dot{Q}_{conv} = \frac{1}{\bar{R} S} (T_p - T_\infty) \quad [W]$$

* Convezione

$\dot{Q} = \bar{R} S (T_p - T_\infty) \quad [W]$

$q = \bar{R} (T_p - T_\infty) \quad \left[\frac{W}{m^2}\right]$

$\bar{R} = \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$

* Irraggiamento

$q = \sigma (T_1^4 - T_2^4) F$

$\sigma = 5{,}689 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4}\right]$

$\dot{q} = \left[\frac{W}{m^2}\right] \qquad 0 \leq F \leq 1$

(superficie a specchio; corpo nero)

MASTER COPY

Tel. 388/9837745

* eq di Fourier

regola la conduzione

1) opaco 2) omogeneo 3) isotropo

4) a P costante 5) a V=0 $E_{cin}=0$

6) cp e K indipendenti da T

$$\rho c \frac{dT}{d\tau} = K \nabla^2 T + \dot{q}_v \quad \text{generale}$$

$\frac{dT}{d\tau} = 0$ stazionario

Ciclo Rankine - Hirn

1° surriscaldamento $x_f \cong 0,9$

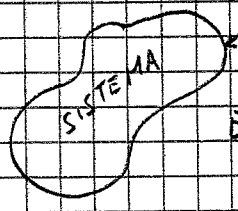
2° risurriscaldamento $x_f > 0,95$ $\eta = 0,41$

$\eta_c = 0,59$

3° spillamento di vapore

SISTEMA

* Il sistema è una parte arbitraria dell'universo delimitata da una superficie detta frontiera, la frontiera divide il sistema dal resto dell'universo, che si dice esterno.
* Per risolvere un problema bisogna definire un sistema



MASTER COPY
Tel. 388/9837745

GRANDEZZE DI SCAMBIO

Calore → + 0 - (con segno)

Lavoro → + 0 - (con segno)

* le grandezze di scambio ci sono durante delle trasformazioni.
* Se un sistema è in equilibrio le grandezze di scambio sono nulle.
* Esse ci sono tra uno stato di equilibrio ed un altro.

→ Le grandezze di scambio, Calore e Lavoro non sono variabili di stato

* Le variabili di stato caratterizzano un sistema negli stati di equilibrio

EQUILIBRIO

Si parla di equilibrio TERMODINAMICO

L'equilibrio termodinamico implica l'equilibrio

* Meccanico ($V=0$) a livello macroscopico
* Chimico non ci sono reazioni chimiche
* Termico non ci sono scambi con l'esterno, la temperatura è la stessa in tutto il sistema