

IL MIRABOLANTE FORMULARIO DI FISICA TECNICA[®] V 3.2

RICHIAMI ALLE UNITÀ DI MISURA

$$1\text{Kg} = 1 \text{ Kp/g} \text{ dove } 1 \text{ Kp} = 9,81 \text{ N}$$

$$1 \text{ UTM} = 9,81 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pascal}$$

$$1 \text{ atm tecnica} = 1 \text{ Kp/cm}^2$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pascal} = 1,0332 \text{ Kp/cm}^2$$

$$T(\text{K}) = T(\text{°C}) + 273$$

$$32 \text{ °Fahrenheit} \rightarrow 0 \text{ °C}$$

$$212 \text{ °Fahrenheit} \rightarrow 100 \text{ °C}$$

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ Kp}\cdot\text{m/s}$$

$$Pr. \text{ assoluta} = P_{\text{eff.}} + P_{\text{atm.}}$$

$$1 \text{ Kcal.} = 4186,8 \text{ J} = 4,1868 \text{ KJ}$$

$$1 \text{ Kcal./h} = 4,186/3600 \text{ s} = 0,001163 \text{ KW}$$

$$1 \text{ KJ/s} = 1 \text{ KW}$$

$$1 \text{ KW} = 860 \text{ Kcal./h} = 102 \text{ Kp}\cdot\text{m/s}$$

$$1 \text{ KW} = 1,36 \text{ Cavalli Vapore}$$

TERMODINAMICA: PRINCIPI E TRASFORMAZIONI

1° principio: $\Delta U = Q + W$

con $\Delta U = MC_v \cdot \Delta t$

2° principio: $\Delta S > 0$

TABELLA C_p/C_v PER I GAS

Mol	Gradi libertà	C_v	C_p	γ
Monoatomico	3	$3/2 R$	$5/2 R$	1,66666
Biatomico	5	$5/2 R$	$7/2 R$	1,4
Poliatomico	6	$3R$	$4R$	1,3

$$R = \frac{P \cdot V}{n \cdot T}$$

$$R = 8,314 \text{ KJ/Kmol}\cdot\text{K}$$

$$R = 1,986 \text{ Kcal./Kmol}\cdot\text{K}$$

$$R^* = \frac{P \cdot V}{\frac{n}{Mm} \cdot T}$$

$$R = 0,082 \frac{l \cdot atm}{n \cdot K}$$

ISOCORA (V COSTANTE)

$$\partial W = -PdV = 0$$

$$Q = \Delta U = NC_v \cdot \Delta T$$

ISOBARA (P COSTANTE)

$$\partial W = -PdV$$

$$Q = Nc_p \Delta T$$

ISOTERMA (T COSTANTE)

$$\Delta U = 0$$

$$Q = -W = -NRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = NRT \ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right)$$

ADIABATICA (Q = 0)

$$W = \Delta U = NC_v(T_f - T_i)$$

$$PV^k = \text{cost.}$$

$$\text{Se } q-s \partial Q = -TdS = 0$$

isoentropica

POLITROPICA (PVⁿ = Costante)**ISOENTROPICA (S COSTANTE)**

$$\left\{ \begin{array}{lll} \text{Isobara} & n = 0 & Cx = Cp \\ \text{Adiabatica} & n = Cp/Cv & Cx = 0 \\ \text{Isoterma} & n = 1 & Cx = \infty \\ \text{Isocora} & N = \infty & Cx = Cv \end{array} \right.$$

$$\left(\frac{T_2}{T_1} \right) = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1}$$

$$\left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k$$

$$\left(\frac{T_2}{T_1} \right) = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-k}{k}}$$

ENTROPIA

$$S = \frac{Q}{T} \quad \text{dove } Q \text{ è il calore scambiato e } T \text{ la Temperatura della Sorgente di Calore}$$

$$S = M \left[Cp \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \right] = M \left[Cv \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \right] \quad \text{per gas perfetti}$$

$$\text{ENTALPIA} \rightarrow H = U + PV \Rightarrow \partial H = T\partial S + V\partial P$$

$$\text{SE ISOBARA E Q-S} \rightarrow \partial H = Q$$

$$\text{SE GAS PERF.} \rightarrow H = NCp\Delta T$$

$$\text{GIBBS} \rightarrow G = U + PV - TS$$

$$\text{SE ISOBARA E ISOTERMA} \rightarrow \partial G = 0 \Rightarrow G = \text{cost.}$$

$$\text{POISSON (NO ADIABATICA MA ISOENTROPICA)} \rightarrow \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-k}{k}} = \left(\frac{T_{2is}}{T_1} \right) \text{ con } K = 1,4 \text{ (gas biatom. perf.)}$$

$$\rightarrow \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{1-k}{k}} = \left(\frac{T_3}{T_{4is}} \right)$$

VAPORE ACQUEO E CICLO RANKINE

$$\text{TITOLO DI VAPORE } X = \frac{M_{vap}}{M_{tot}} \quad \frac{M_{liq}}{M_{tot}} = 1 - X$$

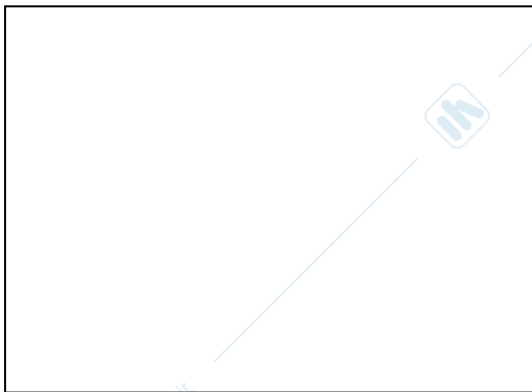
$$\text{TITOLO DI VAPORE ISOENTROPICO } X_{is} = \frac{h_{is} - h_l}{h_v - h_l} \text{ vale per tutti gli altri la stessa cosa}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} u = (1-X)u_l + Xu_l \\ v = (1-X)v_l + Xv_v \\ s = (1-X)s_l + Xs_v \\ h = (1-X)h_l + Xh_v \end{array} \right.$$

$$X = \frac{h - h_l}{h_v - h_l} \text{ vale per tutti gli altri la stessa cosa (v,s,u)}$$

$$\Delta h = \Delta X(h_v - h_l) \text{ and so on...}$$

CICLO RANKINE NORMALE



$$\eta_{rank} = \frac{(Q_h - |Q_c|)}{Q_h}$$

$$Q_H = h_3 - h_2$$

$$Q_C = h_4 - h_1$$

$$\dot{W} = \dot{m} W_{netto}$$

$$W_{netto} = W_{turb} + W_{pomp}$$

$$W_{turb} = h_4 - h_3$$

$$W_{pomp} = h_2 - h_1 = \frac{v_l (P_{min}) \cdot (P_{max} - P_{min})}{\eta_{is,pomp}}$$

$$\begin{aligned} P_{min} &= P_1 = P_4 \\ P_{max} &= P_3 = P_2 \\ T_{max} &= T_3 \end{aligned}$$

N.B.
Trasf. 3→4 è
isoentropica
 $s_{4is} = s_3$

$$\eta_{is,pomp} = \frac{h_{2,is} - h_1}{h_2 - h_1}$$

$$\eta_{is,turb} = \frac{h_4 - h_3}{h_{4,is} - h_3}$$

CICLO RANKINE SURRISCALDATO



$$\eta_{surr} = \frac{h_5 - h_2 - h_6 + h_1}{h_5 - h_2}$$

$$\dot{W} = h_6 - h_5 + h_2 - h_1$$

MACCHINE TERMICHE

- **MACCHINA CHE SCAMBIA CALORE CON DUE DEPOSITI Q-S**

In generale → $Q_H + Q_C + W = 0$

$$\Delta S_T = S_p \geq 0 \Rightarrow S_p = \Delta S_M + \Delta S_W + \Delta S_{Qh} + \Delta S_{Qc} = \left(-\frac{Q_H}{T_H} - \frac{Q_C}{T_C} \right) \geq 0$$

- **MACCHINE DIRETTE**

$$-W = Q_H + Q_C = -T_C S_P \Rightarrow \frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_H}{T_H} = -S_P \Rightarrow -W = Q_H - Q_H \frac{T_C}{T_H} - T_C S_P$$

$W > 0$ se il lavoro è entrante. $W < 0$ se il lavoro è uscente

$$\eta_D = \frac{-W}{Q_H} = 1 - \frac{T_C}{T_H} - \frac{T_C S_P}{Q_H}$$

- **MACCHINE INVERSE**

$$\varepsilon_f = C.O.P._f = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_C}{-Q_H - Q_C} = \frac{T_C}{T_H - T_C} \qquad \varepsilon_{pompa} = C.O.P._p = \frac{-Q_H}{W} = 1 + \varepsilon_f$$

N.B. Q_H è il calore ottenuto. Q_C è quello ceduto.

$$M_{evaporata} = M_{v1} - M_{v2}$$

$$Ml_x = \frac{Vl_x}{vl_x}$$

$$\varphi_x = \frac{1}{v_x}$$

$$v_x = \frac{V_{tot}}{m_{tot}}$$

$$X_y = \frac{Mv_x}{M_l + M_v}$$

$$f_{turb} = 0.32 \text{Re}^{-0.25}$$

$$f_{la\ min\ are} = \frac{64}{\text{Re}}$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}(\bar{v}_2^2 - \bar{v}_1^2)\rho + \varphi_f(z_2 - z_1) + \sum \Delta P_f \text{ (fluido incompressibile)}$$

$$\Delta P_{f,c} = 3\sigma\rho v^2 / 2$$

$$\Delta P_{f,d} \text{ (distribuito)} = f \frac{\rho \bar{v}^2 L}{2D} \text{ (Lunghezza, Diametro) (perdite di carico)}$$

$$Yc = \lambda \frac{l}{D_i} \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Re (Reynolds)} = \frac{\rho v D}{\mu} \Rightarrow \begin{cases} < 2100 \text{ (la min are)} \\ 3000 - 4000 \text{ (turbolento)} \\ 2100 < x < 4000 \text{ (transitorio)} \end{cases}$$

CICLO DI CARNOT (due adiabatiche e due isoterme)

$$\eta = \frac{-W}{Q_H} = \frac{Q_c + Q_h}{Q_h} \Rightarrow \eta_{(generico)} \leq 1 \Rightarrow 1 - \frac{T_c}{T_h} - T_c \frac{S_p}{Q_h} \text{ (ultimo termine è nullo se il ciclo è ideale)}$$

nei cicli: $Q = -W$ e $\Delta U = 0$

CICLO OTTO (due adiabatiche e due isocore)

$$\varepsilon \text{ (Rapporto di compressione)} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}},$$

$$\eta = \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{k-1} = \left(\frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right) = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

CICLO JOULE-BRYTON (due isoterme e due isobare)

$$\eta = 1 + \frac{Q_c}{Q_h} = 1 + \frac{c_p(T_1 - T_4)}{c_p(T_3 - T_4)} = 1 + \frac{(T_1 - T_4)}{(T_3 - T_4)} = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}} \Rightarrow \frac{T_1}{T_{2,is}} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}} = \frac{T_{4,is}}{T_{3,is}}$$

$$\beta = \text{rapporto di compressione} = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \quad \varepsilon = \frac{T_x - T_2}{T_4 - T_2} \quad \begin{pmatrix} T_x = T_{2,\Gamma if} \\ T_1 = T \text{ min} \\ T_3 = T \text{ max} \end{pmatrix}$$

$$\varphi_x A_x v_x = \cos \tan te(\text{principio conservazione portata}) = \dot{m}_x$$

$$\dot{W} = \dot{m}(h_f - h_i) \quad \begin{cases} w = \text{lavoro} - \text{utile}, \text{potenza} - \text{utile}, \text{potenza} - \text{meccanica} \\ m = \text{portata} - \text{massica} \\ (\Delta h) = \text{potenza} - \text{estratta} \end{cases}$$

$$\eta_{is,compressore} = \frac{h_{2,is} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{W_{ideale}}{W_{reale}} \quad \eta_{is,turbina} = \frac{W_{ideale}}{W_{reale}} = \frac{h_{4,is} - h_3}{h_4 - h_3}$$

$$w = \frac{W_{pot-meccanica}}{W_{netto}} \quad W_{netto} = W_{compressore} + W_{turbina}$$

$$\eta = \frac{W_{utile}}{q_c} = \frac{q_c - |q_h|}{q_c} \quad \dot{W}_{utile} = \dot{W}_{tv} - |\dot{W}_p|$$

Se simmetrico:

$$T_1 T_3 = T_2 T_4$$

$$V_1 V_3 = V_2 V_4$$

$$P_1 P_3 = P_2 P_4$$

$$h = u + pv$$

$$W_{compressore} = c_p (T_2 - T_1)$$

$$W_{turbina} = c_p (T_4 - T_3)$$

CICLO DIESEL

$$\beta = \frac{V_1}{V_2} \quad \mathbf{X} = \frac{V_3}{V_2} \quad \eta = 1 - \frac{1}{k} \frac{1}{\beta^{k-1}} \frac{X^k - 1}{X - 1}$$

IRRAGGIAMENTO

$$\lambda_{(\text{lung-d'onda})} = \frac{C_{\text{v-luce}}}{\nu_{\text{frequenza}}} \quad \delta = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$$

$$\text{Potenza radiante } E_n = \delta T^4$$

$$\text{Potenza emissiva monocromatica nel vuoto } E_{n,\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1)}$$

Negli altri mezzi sostituisci C1 con c^1/n^2 (n= indice di rifrazione)

$$\begin{cases} c_1 = 2\pi^5 \hbar c_0^2 = 3,753 \frac{\text{W}\mu\text{m}^4}{\text{m}^2} \\ c_2 = \hbar c_0 / k = 1,349 \cdot 10^4 \mu\text{mK} \\ k = 1,3805 \cdot 10^{23} \text{ J} / \text{K} \end{cases}$$

$$\text{Emissività totale } \varepsilon(T) = \frac{E(T)}{E_n(T)} = \frac{E(T)}{\delta T^4}$$

$$\text{Emissività tmonocromatica } \varepsilon_\lambda(T) = \frac{E_\lambda(T)}{E_{n,\lambda}(T)}$$

$$\text{Flusso scambiato tra due pareti nere } \varphi = \delta(T_{S1}^4 - T_{S2}^4)$$

Solo per corpi neri:
legge reciprocità: $A_1 F_1 = A_2 F_2$

legge simmetria

$$\text{Irradianza } G_i = Q_{\rightarrow i} / A_i \quad \underline{Q_i = f_i A \delta T_i^4 = \sum_1^j Q_{i-j}} \quad \sum f = 1$$

$$\text{Potenza scambiata } Q_i = A_i (E_{ni} - G_i)$$

$$\text{Potenza scambiata tra superfici } Q_{i-j} = Q_{ij} - Q_{ji} = F_{ij} A_i \delta (T_j^4 - T_i^4)$$

$$\text{Potenza entrante dal cielo } Q = f_{sky} A_{sky} J_{sky,i} = \delta T_{sky}^4 f_{i,sky} A_i \text{ (in corpo nero)}$$

$$\text{Brillanza } J = \varepsilon \delta T_s^4 + \rho G$$

$$\rho = 1 - \alpha = 1 - \varepsilon \text{ (per superficie grigia)}$$

$$J = E_n \text{ (per superficie nera)}$$

$$\text{Potenza irradiata } S = (E - \alpha G) \text{ (se lastra è adiabatica non irraggia } \Rightarrow E = \alpha G)$$

Analogia elettrica

$$R_i = \frac{1 - \varepsilon_i}{A_i \varepsilon_i}$$

$$R_i = \frac{1}{A_i f_{ij}}$$