IL MIRABOLANTE FORMULARIO DI FISICA TECNICA® *V 3.2*

RICHIAMI ALLE UNITÀ DI MISURA

1Kg = 1 Kp/g dove 1 Kp = 9,81 N

1 UTM = 9,81 Kg
1 bar = 10^5 Pascal
1 atm tecnica = 1 Kp/cm^2
1 atm = 101325 Pascal = 1,0332 Kp/cm^2

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

T(K) = T (°C) + 273
32 °Fahrenheit → 0 °C
212 °Fahrenheit → 100°C

1 CV = 75 Kp*m/s

1 Kcal. = 4186,8 J = 4,1868 KJ
1 Kcal./h = 4,186/3600 s = 0.00163 KW
1 KJ/s = 1 KW
1 KW = 860 Kcal./h = 102 Kp*m/s
1 KW = 1,36 Cavalli Vapore

TERMODINAMICA: PRINCIPI E TRASFORMAZIONI

1° principio: $\Delta U = Q + W$
con $\Delta U = MCv * \Delta t$

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**

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

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

R = 8,314 KJ/Kmol*K

R = 1,986 Kcal./Kmol*K

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

ISOCORA (V COSTANTE)

$$\partial W = -PdV = 0$$
$$Q = \Delta U = NCv * \Delta T$$

ISOBARA (P COSTANTE)

$$\partial W = -PdV$$
$$Q = Ncp\Delta T$$

ISOTERMA (T COSTANTE)

$$\Delta U = 0$$
$$Q = -W = -NRT \ln\left(\frac{Vf}{Vi}\right) = NRT \ln\left(\frac{Pf}{Pi}\right)$$

ADIABATICA (Q = 0)

$$W = \Delta U = NCv(Tf - Ti)$$
$$PV^k = \cos t.$$

Se q-s $\partial Q = -TdS = 0$ **isoentropica**

POLITROPICA (PV^n = Costante)

$$\begin{Bmatrix} Isobara & n=0 & Cx=Cp \\ Adiabatica & n={Cp}/{Cv} & Cx=0 \\ Isoterma & n=1 & Cx=\infty \\ Isocora & N=\infty & Cx=Cv \end{Bmatrix}$$

ISOENTROPICA (S COSTANTE)

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

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

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

ENTROPIA

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

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

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

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

SE **GAS PERF.** $\rightarrow H=NCp\Delta T$

GIBBS $\rightarrow G=U+PV-TS$

SE **ISOBARA E ISOTERMA** $\rightarrow \partial G=0 \Rightarrow G=\cos t.$

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

TITOLO DI VAPORE $X=\dfrac{Mvap}{Mtot}$ $\quad \dfrac{Mliq}{Mtot}=1-X$

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

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

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

$\Delta h=\Delta X(h_v-h_l)$ and so on…

CICLO RANKINE NORMALE

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

$$Q_H = h_3 - h_2$$

$$Q_C = h_4 - h_1$$

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

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

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

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

$P_{min} = P_1 = P_4$
$P_{max} = P_3 = P_2$
$T_{max} = T_3$

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**

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

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.

$$M_{evaporata} = M_{v1} - M_{v2} \qquad Ml_x = \frac{Vl_x}{vl_x} \qquad \varphi_x = \frac{1}{v_x} \qquad v_x = \frac{V_{tot}}{m_{tot}}$$

$$X_y = \frac{Mv_x}{M_l + M_v} \qquad f_{turb} = 0.32\,\mathrm{Re}^{-0.25} \qquad f_{la\min are} = \frac{64}{\mathrm{Re}}$$

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

$$\Delta P_{f,c} = 3\sigma\rho v^2 / 2 \qquad \Delta P_{f,d}(distribuito) = f\frac{\varphi\bar{v}^2 L}{2D}(Lunghezza, Diametro) \text{ (perdite di carico)}$$

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

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

CICLO DI CARNOT *(due adiabatiche e due isoterme)*

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

nei cicli: Q=-W e ΔU=0

CICLO OTTO (due adiabatiche e due isocore)

$$\varepsilon(Rapporto\ di\ compressione) = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}, \qquad \eta = \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{1}{\varepsilon^{k-1}}\right) = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

CICLO JOULE-BRYTON (due isoterme e due isobare)

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

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

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

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

$$\eta_{is,compressore} = \frac{h_{2,is} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{Wideale}{Wreale} \qquad \eta_{is,turbina} = \frac{Wideale}{Wreale} = \frac{h_{4,is} - h_3}{h_4 - h_3}$$

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

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

Se simmetrico:

$$T_1T_3 = T_2T_4$$
$$V_1V_3 = V_2V_4$$
$$P_1P_3 = P_2P_4$$
$$h = u + pv$$

$$W_{compressore} = c_p(T_2 - T_1)$$
$$W_{turbina} = c_p(T_4 - T_3)$$

CICLO DISEL

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

IRRAGGIAMENTO

$\lambda_{(lung-d'onda)} = \dfrac{C_{v-luce}}{v_{frequanza}}$ $\qquad \delta = 5.67 \cdot 10^{-8}\ W/(m^2 K^4)$

Potenza radiante $E_n = \delta T^4$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Brillanza J= $\varepsilon \delta T_s^4 + \rho G$
$\rho = 1 - \alpha = 1 - \varepsilon$ (per superficie grigia)
J= E_n (per superficie nera)

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

Analogia elettrica

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

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