FORMULE ENERGIA

$\rho = \frac{m}{V} \qquad v = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$

$PV = nRT = \frac{m}{MMR} \cdot RT = m R^* T \qquad R^* = \frac{R}{MMR}$

$Pv = R^* T \qquad n^\circ = N \cdot \text{avogadro}$

$P = \frac{\delta Q}{\delta t} \qquad U_{TOT} = E_c + E_p + U \qquad e_p = \frac{E_p}{m} \quad e_k = \frac{E_k}{m}$

$\Delta E_p + \Delta E_c + \Delta U = Q + L$

$\delta L = \vec{F} \cdot d\vec{s} = \vec{F} \cdot \vec{v}$

$\delta L_R = -P \cdot dV$

$dU = \delta Q + \delta L_R = \delta Q - \delta L_e \qquad u = \frac{U}{m}$

$du = c_v^* \cdot dT$

$\dot{m} = \frac{m}{\Delta t} = \rho A \bar{w} = \frac{A \cdot \bar{w}}{v} \qquad \frac{dm}{dt} = \dot{m}_i - \dot{m}_u$

$L_m = L_u + L_p$

$\dot{L}_p = \dot{m}_u P_u v_u - \dot{m}_i P_i v_i$

$\begin{cases} \delta l_m = P \cdot dv \\ \delta l_p = d(P \cdot v) \end{cases} \Rightarrow \delta l_{m,e} = -v \cdot dP$

$H = U + PV \qquad \Delta h = c_p^* \cdot \Delta T$

$h = (R^* + c_v^*)T = c_p^* \cdot T \rightarrow$ GAS IDEALI (LEGGE DI MEYER)

$c_v^* = \frac{1}{m} \cdot \frac{\delta Q}{\delta T}\Big|_V \qquad c_p^* = \frac{1}{m} \cdot \frac{\delta h}{\delta T}\Big|_P$

$c_v^* = \frac{1}{m} \cdot \frac{\delta U}{\delta T}\Big|_V$

$c_v^* = \frac{5}{2} R^* \rightarrow$ per gas biatomici

$\eta = \frac{\text{utile}}{\text{spesa}} \qquad \eta = \frac{\dot{L}}{\dot{Q}_C} = \frac{\dot{Q}_C - \dot{Q}_F}{\dot{Q}_C} = 1 - \frac{\dot{Q}_F}{\dot{Q}_C}$

$\dot{L} = \dot{Q}_C - \dot{Q}_F \rightarrow$ KELVIN–PLANCK

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$dS = \frac{\delta Q}{T}\Big|_{REV} \qquad Q|_{RSV} = \int_1^2 T \cdot dS$$

$$dS = \frac{\delta Q}{T}\Big|_{iRR} + I_{iRR} \qquad I_{iRR} > 0 \text{ sempre nei processi reali}$$

$$\begin{cases} \oint_{iRR} \frac{\delta Q}{T} < 0 \\ \oint_{RSV} \frac{\delta Q}{T} = 0 \end{cases} \quad \text{CLAUSIUS}$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$\frac{dS}{d\tau} = \frac{\delta Q}{T} + I_{iRR} + \dot{m}_i \cdot s_i - \dot{m}_u \cdot s_u \rightarrow \text{entropia in STO aperto}$$

GAS REALE: $du = T \cdot dS - P \cdot dv \longrightarrow$ GAS IDEALE: $du = C_v^* \cdot dT$

$$\begin{cases} ds = \frac{du}{T} + P \cdot dv \\ ds = \frac{du}{T} - \frac{v \cdot dP}{T} \end{cases} \xrightarrow{\text{GIBBS, con gas ideali}} \begin{cases} ds = C_v^* \cdot \frac{dT}{T} + R^* \cdot \frac{dv}{v} \\ ds = C_p^* \cdot \frac{dT}{T} - R^* \cdot \frac{dP}{P} \end{cases}$$

$$\frac{C_x^* - C_p^*}{C_x^* - C_v^*} = n \qquad \text{POLITROPICA: } P v^n = \text{COSTANTE}$$

ADIABATICA (ISOENTROPICA) $\longrightarrow \frac{P}{P_0} = \left(\frac{v_0}{v}\right)^k \qquad k = \frac{C_p^*}{C_v^*}$

$T \cdot v^{k-1} = \text{COSTANTE}$

$T^k \cdot P^{1-k} = \text{COSTANTE}$

$T \cdot P^{\frac{1-k}{k}} = \text{COSTANTE}$

$$\begin{cases} \Delta s_{1-2} = C_v^* \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R^* \cdot \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) \\ \Delta s_{1-2} = C_p^* \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R^* \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \end{cases}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_C} - \frac{\dot{I}_{iRR} \cdot I_F}{\dot{Q}_C} \rightarrow \text{rendimento motrice semplice reale (irreversibile)}$$

$$\frac{dU}{d\tau} = \dot{Q} - \dot{L} + \dot{m}_i \cdot h_i - \dot{m}_u \cdot h_u$$

se si possono trascurare effetti cinetici e potenziali

FORMULE ENERGIA

REGOLA OSCILLOSUA

$$a = a_L + x(a_V - a_L)$$ a = variabile di stato

$$v_V = \frac{V_V}{m_V}$$

$$v_L = \frac{V_L}{m_L}$$

TITOLO DI VAPORE

$$x = \frac{v - v_L}{v_V - v_L}$$

FRAZIONE DI VUOTO

$$\alpha = \frac{V_V}{V_{TOT}} = x \cdot \frac{v_V}{v}$$

FATTORE COMPRIMIBILITÀ

$$z = \frac{P \cdot v}{R^* \cdot T}$$

$$\frac{dS}{dt} = \sum_K \frac{\dot{Q}_K}{T_K} + \dot{I}_{IRR} + \dot{m}_i \cdot s_i - \dot{m}_u \cdot s_u$$

RENDIMENTO COMPRESSORE ADIABATICO REALE

$$\eta_C = \frac{L_{AD,REV}}{L_{AD,IRR}} = \frac{h_1 - h_{2is}}{h_1 - h_2}$$ se GAS IDEALE $\frac{T_1 - T_{2is}}{T_1 - T_2}$

$L = \dot{m}(h_i - h_u)$

se sistema ADIABATICO

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

ISOTERMA + GAS IDEALE $\Rightarrow$ ISOENTALPICA

$h_2 - h_1 = Q + v \cdot dP$ $\Rightarrow$ se ADIABATICA $dh = v\,dP = L$

RENDIMENTO TURBINA REALE CON GAS REALE

$$\eta_{is,T} = \frac{h_i - h_u}{h_i - h_{u\,is}} = \frac{L}{L_{IDEALE}}$$

RENDIMENTO TURBINA REALE CON GAS IDEALE

$$\eta_{is,T} = \frac{L}{L_{IDEALE}} = \frac{T_i - T_u}{(T_i - T_u)_{is}}$$

RENDIMENTO CICLO CARNOT

$$\eta_{CARNOT} = 1 - \frac{T_F}{T_C}$$

RENDIMENTO DI SECONDO PRINCIPIO

$$\varepsilon = \frac{\eta_{REALE}}{\eta_{CARNOT}}$$

MACCHINA FRIGORIFERA

$$COP_f = \frac{\dot{Q}_F}{\dot{L}} = \frac{\dot{Q}_F}{\dot{Q}_C - \dot{Q}_F} = \frac{1}{\frac{T_C}{T_F} + \dot{I}_{irr} \cdot \frac{T_C}{\dot{Q}_F} - 1}$$

$$COP_{f,rev} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$$

POMPA DI CALORE

$$COP_P = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{L}} = \frac{1}{1 - \frac{T_F}{T_C} + \frac{T_F \cdot \dot{I}_{irr}}{\dot{Q}_C}}$$

$$COP_{P,rev} = \frac{T_C}{T_C - T_F}$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

RENDIMENTO DI COMBUSTIONE

$$\eta_{CO} = \frac{\dot{Q}_{REALE}}{\dot{Q}_{IDEALE}} = \frac{\dot{Q}_{REALE}}{\dot{m}_c \cdot PCI}$$

TITOLO DI VAPORE

$$x = \frac{m_V}{m_{TOT}} = \frac{m_V}{m_L + m_V} \qquad v_V = \frac{V_V}{m_V} \qquad v_L = \frac{V_L}{m_L}$$

$$v = (1 - x)\, v_L + x\, v_V \qquad x = \frac{v - v_L}{v_V - v_L}$$

LAMINAZIONE (COEFFICIENTE JOULE-THOMSON)

$$\delta = \left.\frac{\partial T}{\partial P}\right|_h$$

VELOCITÀ DEL SUONO

$$c^2 = \left.\frac{dP}{d\rho}\right|_{isos} \qquad c^2 = k R^* T \rightarrow \text{GAS IDEALI}$$

EQUAZIONE DI HUGONIOT (UGELLI)

$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dA}{A} + \frac{dw}{w} = 0 \qquad dh = -w\,dw \qquad h + \frac{w^2}{2} = cost$$

$$\frac{dA}{A} + \frac{dw}{w}\left(1 - M^2\right) = 0 \qquad \frac{T_1}{T} = 1 + M^2\left(\frac{k-1}{2}\right)$$

$$T^* = \frac{2 T_1}{k+1} \rightarrow \text{PUNTO DI GOLA}$$

FORMULE ENERGIA

CONTINUA UGELLI

$$\frac{P_1}{P} = \left[1 + \left(\frac{k-1}{2}\right) M^2\right]^{\frac{k}{k-1}}$$

$$P^* = P_1 \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

PORTATA NELL'UGELLO ALLA VELOCITÀ DEL SUONO C

$$\dot{m}^* = \frac{P^*}{R^* T^*} A^* \sqrt{R^* k T^*} = \frac{P_1 A^*}{\sqrt{T_1}} \sqrt{\frac{k}{R^*}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

$$M^2 = \left(\frac{2}{k-1}\right) \cdot \left[\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right]$$

$$\dot{m} = \rho \cdot \bar{w} \cdot A \qquad \bar{w} = M\sqrt{R^* T_2 k}$$

$$\dot{m} = \frac{P}{R^* T} M \sqrt{R^* T k}$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

VISCOSITÀ

$$\tau = \frac{\vec{F}}{\vec{A}} = \mu \frac{\vec{w}}{H} = \mu \frac{d\vec{w}}{dy} \longrightarrow \text{STORZO DI TAGLIO}$$

H = diametro del tubo μ = viscosità dinamica del fluido

$\upsilon = \frac{\mu}{\rho}$ = viscosità cinematica $\mu_{H_2O} = 0{,}001$ Pa·s

REYNOLDS

$$Re = \frac{\rho \bar{w} D_H}{\mu} \quad [\text{numero puro}] \qquad D_H = \frac{4A}{P} = \text{diametro interno}$$

P = perimetro

$Re < 2000 \rightarrow$ laminare $\quad 2000 < Re < 5000 \rightarrow$ transizione

$Re > 5000 \rightarrow$ turbolento $\quad Re > 10'000 \rightarrow$ completamente turbolento

EQUAZIONE DI BERNOULLI

$$v\,dp + d\left(\frac{w^2}{2}\right) + g\,dz = dl - T\,ds_{irr}$$

$$\frac{dp}{\rho g} + d\left(\frac{w^2}{2g}\right) + dz = \frac{dl}{g} - \frac{T\,ds_{irr}}{g} = dl' - ds_{irA}$$

$l' \cdot g = l \qquad i = \dot{m} \cdot l = \dot{m} \cdot l' g \qquad l' = [m]$

potenza meccanica di una pompa