



Formulario Calorimetria- Psicrometria

fisica tecnica ambientale (Politecnico di Torino)



Scansiona per aprire su Studocu

formulario di TERMODINAMICA

Termodinamica

- ↳ TERMODINAMICA \Rightarrow tratta le varie forme di ENERGIA, gli scambi di energia e di massa fra i sistemi, le trasformazioni da una forma all'altra di energia, l'effetto di queste trasformazioni sui sistemi termodinamici

↳ TIPOLOGIE DI ENERGIA

↳ e. MECCANICA $E_m = E_p + E_c$

↳ e. POTENZIALE E_p

↳ e. CINETICA E_c

↳ e. NUCLEARE E_n

↳ e. INTERNA U

↳ TRASFORMAZIONI

↳ APERTA \Rightarrow stato finale diverso dallo stato iniziale

↳ CHIUSA (ciclica) \Rightarrow stato finale uguale allo stato iniziale

↳ ADIABATICA \Rightarrow senza scambi di calore

↳ REVERSIBILE \Rightarrow trasformazioni che possono essere ripetute al contrario poiché molto lente

- FLOW DI CALORE $\Rightarrow \phi = \frac{Q}{t}$ [W]

- POTENZA $\Rightarrow W = \frac{L}{t}$ [W]

- REGOLA DELLE FASI (GIBBS) $\Rightarrow V = C - f + 2$ $V = n^{\circ}$ variabili esterne
 $C =$ componenti
 $f =$ fasi

- VARIABILI che definiscono lo stato del sistema

↳ $Q > 0$ \Rightarrow calore assorbito

↳ $Q < 0$ \Rightarrow calore ceduto

↳ $L > 0$ \Rightarrow lavoro prodotto dal sistema sull'esterno

↳ $L < 0$ \Rightarrow lavoro prodotto dall'esterno sul sistema

- TEMPERATURA $\Rightarrow T = t(^{\circ}C) + 273,15$ [K]

- ENALPIA $\Rightarrow H = U + p \cdot V$ [J]

- ENALPIA SPECIFICA $\Rightarrow h = H/m$ [J/kg]

- ENERGIA INTERNA SPECIFICA $\Rightarrow u = U/m$ [J/kg]

Calorimetria

- CAPACITÀ TERMICA $\Rightarrow C = \frac{Q}{\Delta t}$ [J/kg°C]

- CALORE SPECIFICO $\Rightarrow c = \frac{Q}{\Delta t \cdot m}$ $c_{H_2O} = 4126 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}C$ (4,126 kJ/kg°C)

- VARIAZIONE DI TEMPERATURA $\Rightarrow \Delta t = t_{eq} - t_c$

- ENERGIA TERMICA $\Rightarrow Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$ [J o kJ] $m = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)}$ $c = \frac{Q}{t - t_1}$ $t_1 = \frac{Q - c \cdot m \cdot t_2}{c \cdot m}$ $t_2 = \frac{Q + c \cdot m \cdot t_1}{c \cdot m}$

- PORTATA TERMICA $\Rightarrow \dot{Q} = \frac{Q}{\Delta t}$ [W o kW] $\dot{Q} = m \cdot c (t_2 - t_1)$

- TEMPO PER IL RISCALDAMENTO $\Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{m \cdot c}$ This document is available on

- TEMPERATURA D'EQUILIBRIO \Rightarrow $t_{eq} = \frac{t_1 \cdot v_1 + t_2 \cdot v_2}{v_1 + v_2}$ $t_{eq} = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$
- ENERGIA TERMICA FORNITA \Rightarrow $Q_{th} = Q \cdot \eta$ $\eta = \text{rendimento medio dell'impianto termico}$
- ENERGIA TERMICA \Rightarrow $Q = P_c \cdot V_{gas}$ $[J]$ $P_c = \text{potere calorifero} [J/m^3]$ $V_{gas} = V \cdot \text{condensato} [m^3]$
- I PRINCIPIO della TERMODINAMICA \Rightarrow $Q - L = U_2 - U_1$

FORMULARARIO PSICROMETRIA

Miscela di GAS

- LEGGE DI GIBBS - DALTON (pressione) $\Rightarrow P = \sum_{i=1}^N P_i$
- LEGGE DI GIBBS - DALTON (energia interna) $\Rightarrow U = \sum_{i=1}^N U_i$
- EQUAZIONE DI STATO DEI GAS IDEALI $\Rightarrow PV = m R^* T$ $R^* = \text{costante di elasticità dei gas}$
- EQUAZIONE DI STATO DEI GAS IDEALI (portata) $\Rightarrow \dot{P}\dot{V} = \dot{m}RT$ $\dot{V} = [m^3/s]$ $\dot{m} = [kg/s]$
- PRESSIONE TOTALE $\Rightarrow P = P_1 + P_2$ [Pa]

Psicrometria

- MASSA ARIA UMIDA $\Rightarrow m_{\text{TOT}} = m_a + m_v$ $m_a = \text{massa di aria secca}$ $m_v = \text{massa di vapore acqueo}$
- EQUAZIONE DI STATO PER L'ARIA SECCA $\Rightarrow P_a \cdot V = m_a \cdot R_a^* \cdot T$ $P_a = \text{pressione parziale a. secca}$ $R_a = \text{costante dei gas per a. secca} = 287,2 \text{ J/kgK}$
- EQUAZIONE DI STATO PER IL VAPORE ACQUEO $\Rightarrow P_v \cdot V = m_v \cdot R_v^* \cdot T$ $R_v = 461,9 \text{ J/kgK}$
- Umidità specifica $\Rightarrow x = \frac{m_v}{m_a}$ $[kg_v/kg_a]$
 $x = 0,622 \cdot \frac{P_v}{P - P_v} = 0,622 \cdot \frac{P_{vs}(t) \varphi}{P - P_{vs}(t) \varphi}$ $[kg_v/kg_a]$
- Umidità relativa $\Rightarrow \varphi = \frac{m_v}{m_{vs}}$ $[\%]$ $m_{vs} = \text{massa di vapore alla saturazione a pari temp.}$
 $\varphi = \frac{P_v}{P_{vs}(t)}$
 $\varphi = \frac{P \cdot x}{(0,622+x) P_{vs}(t)}$
- ENTALPIA SPECIFICA $\Rightarrow h = c_{pa} \cdot t + x (r_0 + c_{pv} \cdot t)$ $c_{pa} = \text{calore specifico dell'aria secca a 1013 mbar} = 1,006$
 $x = \frac{h - c_{pa} \cdot t}{r_0 + c_{pv} \cdot t}$ $c_{pv} = \text{calore specifico del vapore a 6 mbar} = 1,845$
 $r_0 = \text{calore di vaporizzazione dell'acqua} = 2501$
- TEMPERATURA $\Rightarrow P_{vs}(t) = \frac{P \cdot x}{\varphi (x + 0,622)}$
- MASSA DI VAPORE $\Rightarrow \Delta m_v = m_a (x_2 - x_1)$ $[kg]$
 $\Delta m_v \cdot (r_0 + c_{pv} \cdot t_2) = m_a (h_2 - h_1)$ $h_2 = h_1 + \frac{\Delta m_v (r_0 + c_{pv} \cdot t_2)}{m_a}$
- PORTATA DI VAPORE $\Rightarrow \dot{m}_v = \dot{m}_a (x_2 - x_1)$ $[kg/s]$
- PORTATA TERMICA $\Rightarrow \dot{Q} = \dot{m}_a (h_{T,1} - h_{T,2})$ $h_{T,1} \text{ available on the psychrometric chart, } \dot{Q} > 0$
 $h_{T,2} \text{ available on the psychrometric chart, } \dot{Q} < 0$

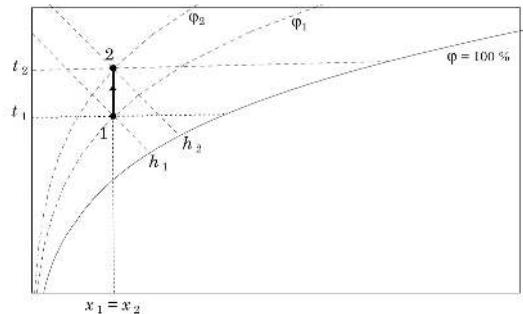
- PORTATA TERMICA D'ACQUA $\Rightarrow \dot{Q} = \dot{m}_{H_2O} \cdot C_{PH_2O} (t_{H_2O_1} - t_{H_2O_2})$ [kW] $C_{PH_2O} = 4,186 \text{ kJ}$
- UMIDITÀ SPECIFICA DELLA MISCELA $\Rightarrow x_m = \frac{\dot{m}_i x_i + \dot{m}_e x_e}{\dot{m}_i + \dot{m}_e}$ [kgv/kg]
- ENTRALIA SPECIFICA DELLA MISCELA $\Rightarrow \bar{h}_m = \frac{\dot{m}_i \bar{h}_i + \dot{m}_e \bar{h}_e}{\dot{m}_i + \dot{m}_e}$
- TEMPERATURA DELLA MISCELA $\Rightarrow t_m = \frac{\bar{h}_m - v_0 \cdot x_m}{C_{Pa} + C_{Pv} \cdot x_m}$ [°C]
- UMIDITÀ RELATIVA DELLA MISCELA $\Rightarrow \varphi_m = \frac{x_m \cdot P}{(0,622 + x_m) P_{vs}(t_m)}$ [%]
- PORTATA TERMICA TOTALE $\Rightarrow \dot{Q}_{TOT} = \dot{Q}_{RISC} + \dot{Q}_{POST-R} = \dot{m}_a (\bar{h}_1 - \bar{h}_m) + \dot{m}_a (\bar{h}_m - \bar{h}_2)$

Trasformazioni dell'aria umida

- RISCALDAMENTO a umidità specifica costante

- t aumenta
- x resta costante
- \bar{h} aumenta
- φ diminuisce

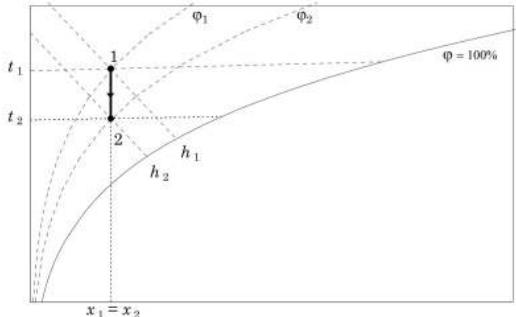
$$h_2 = h_1 + \frac{\dot{Q}_{1,2}}{\dot{m}_a} \quad t_2 = t_1 + \frac{\dot{Q}_{1,2}}{\dot{m}_a (C_{Pa} + x C_{Pv})}$$



- RAFFREDDAMENTO a umidità specifica costante

- t diminuisce
- x resta costante
- \bar{h} diminuisce
- φ aumenta (< 100%)

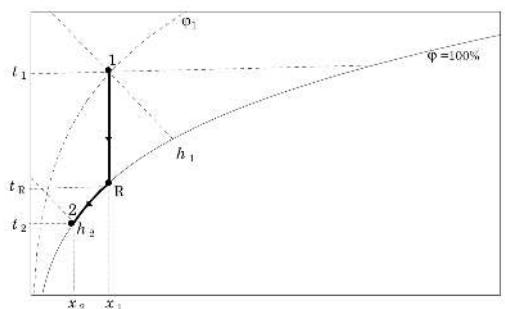
$$h_2 = h_1 - \frac{|\dot{Q}_{1,2}|}{\dot{m}_a} \quad t_2 = t_1 - \frac{|\dot{Q}_{1,2}|}{\dot{m}_a (C_{Pa} + x C_{Pv})}$$



- RAFFREDDAMENTO e DEUMIDIFICAZIONE

- t diminuisce
- x diminuisce
- \bar{h} diminuisce
- φ aumenta fino al 100%

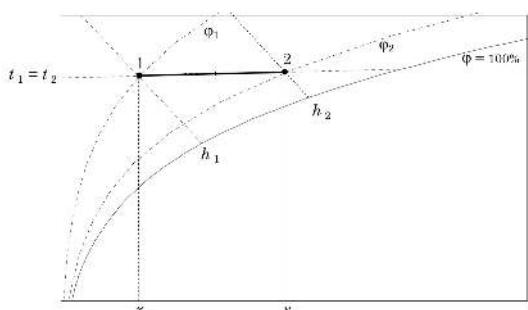
$$|\dot{m}_v| = \dot{m}_a (x_1 - x_2) \quad |\dot{Q}_{1,2}| = \dot{m}_a (\bar{h}_1 - \bar{h}_2)$$



- UMIDIFICAZIONE per INIEZIONE DI VAPORE

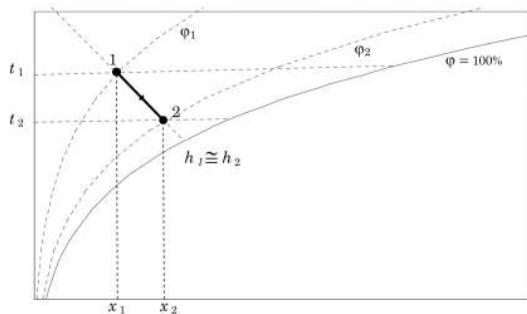
- umidificazione isoterma
- t resta costante
- x aumenta
- \bar{h} aumenta
- φ aumenta

$$\dot{m}_v = \dot{m}_a (x_1 - x_2) \quad \dot{m}_v \bar{h}_v = \dot{m}_a (\bar{h}_2 - \bar{h}_1)$$



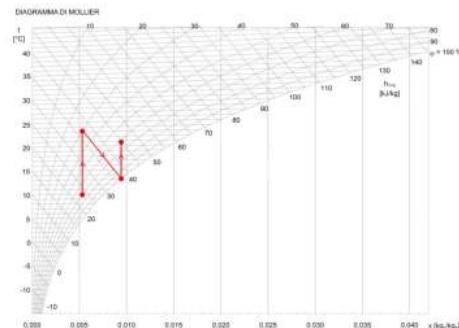
- UMIDIFICAZIONE PER INIEZIONE D'ACQUA

- umidificazione isabatica ($\dot{m}_a \geq 0$)
 - t diminuisce
 - x aumenta
 - h resta costante
 - φ aumenta



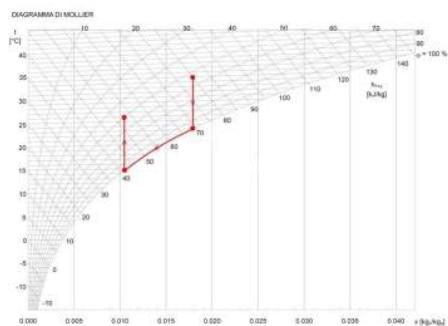
- Condizionamento invernale

- RISCALDAMENTO, UMIDIFICAZIONE, POST-RISCALDAMENTO



- Condizionamento estivo

- RAFFREDDAMENTO e DEUMIDIFICAZIONE, POST-RISCALDAMENTO



Note

- da kg/h a kg/s $\Rightarrow \dot{m}_a = [\text{kg/h}] \cdot \frac{1}{3600}$

- PORTATA MASSICA D'ACQUA $\Rightarrow \dot{m}_{H_2O} = \dot{V}_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} = n \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \rho$

- saturazione adiabatica $\Rightarrow \varphi = 100\%$

Tipi di temperature

- Temperatura di ruggiada \Rightarrow il vapore acqueo di una massa raggiunge una condizione di saturazione adiabatica (t_{ra})
- Temperatura di saturazione adiabatica \Rightarrow temperatura per cui l'acqua, evaporando adiabaticamente, porta una massa di aria umida a saturazione (t_{sa})
- Temperatura di bulbo umido \Rightarrow temperatura cui si porta l'acqua in condizioni di equilibrio di scambio termico convettivo e di massa con aria in moto forzatamente turbolento
- Temperatura di sat. isotermica \Rightarrow temperatura dell'aria satura al medesimo valore di entalpia (t_{si})