ARIA UMIDA

Si studia la composizione dell'aria umida perché influenta il benessere delle persone e lo scambio termico di un edificio:

ARIA UMIDA { - ARIA SECCA
- VAPORE D'ACQUA

Per studiare questa miscela si approssima alla teoria dei gas perfetti. Questo è possibile alle temperature 40-50°C e l'atmosfera esterna è studiata grazie ai diagrammi T-S di aria e acqua.

↳ $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$

$P = P_a + P_v$

Definiamo quindi L'UMIDITÀ ASSOLUTA:

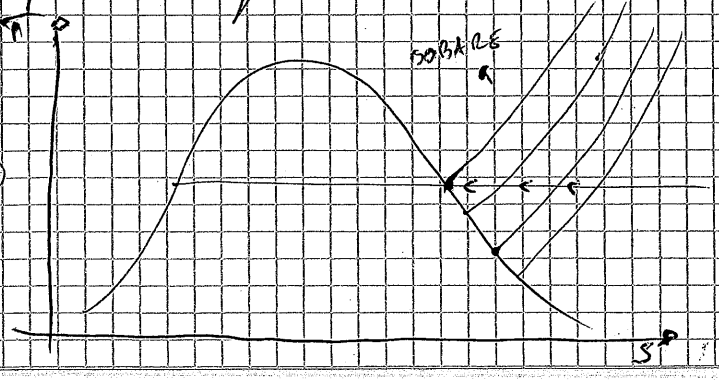
$$X = \frac{m_v}{m_a}$$

Dalla teoria dei gas perfetti: $\begin{cases} p_a \cdot V = m_a \cdot R_a \cdot T \\ p_v \cdot V = m_v \cdot R_v \cdot T \end{cases}$

$$\Rightarrow X = 0{,}622 \cdot \frac{P_v}{P_a} = 0{,}622 \cdot \frac{P_v}{P - P_v}$$

↳ 1 atm

Osservando il diagramma T-S si osserva che a T costante se si aumenta la pressione del vapore (parziale) ci si avvicina alla zona del centro di fase. C'è quindi un aumento di pressione che determina un aumento dell'umidità assoluta a una data T.



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

È possibile quindi definire una PRESSIONE DI SATURAZIONE

$$P_{SAT,v} = f(T) \quad \left(\Rightarrow X_{SAT} = f(T)\right)$$

$$\boxed{P_{SAT} = 610{,}5 \; e^{\left(\frac{17{,}269\,T}{237{,}3+T}\right)}} \quad [Pa]$$

→ in gradi Celsius

Per avere un'idea della quantità di umidità consideriamo l'UMIDITÀ RELATIVA:

$$\boxed{\varphi = \frac{p}{p_{SAT}(T)}}$$

- Analizziamo il bilancio energetico:

$$H = \dot{m}_a \cdot h_a + \dot{m}_v \cdot h_v \Rightarrow h = \frac{H}{\dot{m}_a} = h_a + x \cdot h_v$$

Per l'intervallo di temperatura considerato, $T \geq 0$ si fanno le seguenti approssimazioni

$$c_{p,aria} = 1{,}005 \text{ kJ/kg K} \simeq 1 \text{ kJ/kg K}$$

$$h_v = R + c_v T$$ (perché a parte T ciò è l'energia richiesta per la vaporizzazione)

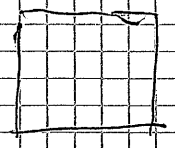
Dove $R = 2501$ kJ/kg

$c_{p,vap} = 1{,}82$ kJ/kg K → si trascurano il fine delle volte perché al massimo aumenta di 50 rispetto a 2500 di R.

$$\Rightarrow \boxed{h = c_{p,aria} \cdot T + x \cdot R} + x\left(R + c_{p,vap} \cdot T\right)$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

ESERCIZIO ; **DATI**: $V = 5 \cdot 5 \cdot 3 = 75\ cm^3$ **DETERMINARE**: x, p_v, ρ



$T = 25°C$

$\varphi = 75\%$

$$p_{v_{SAT}} = 610{,}5 \cdot e^{\left(\frac{17{,}269 \cdot T}{237{,}3 + T}\right)} = 3165\ Pa$$

$$\rightarrow p_v = p_{v_{SAT}} \cdot \varphi = 2374\ Pa$$

$$\rightarrow x = 0{,}622 \cdot \frac{2374}{10^5 - 2374} = 0{,}015 \left[\frac{kg}{kg}\right]$$

(x può essere anche espresso in $[g/kg]$ $\rightarrow x = 15$)

$$\rightarrow h = c_{p,a} \cdot T + x \cdot R$$

$$= 1 \cdot 25 + 0{,}015 \cdot 2501 = 62{,}5\ kJ/kg$$

(oss: $v = \frac{V}{m_a} = \frac{R_a \cdot T}{p_a} = \frac{R_a \cdot T}{p - p_v} = \frac{R_a \cdot T}{0{,}622\, p}\,(0{,}622 + x)$

$$\rho = \frac{m_a + m_v}{V} = \ldots = 0{,}622\, p \left(\frac{1 + x}{0{,}622 + x}\right)\Big)$$

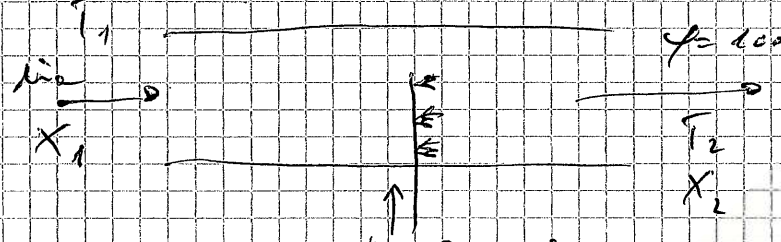
↳ non utilizzabile in quanto conosco, la seconda e la densità dell'aria umida, a sulla base del funzionamento della (cosa errata).

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

TEMPERATURA DI RUGIADA: Temperatura massima a cui una determinata miscela di aria umida inizia la condensazione.

$T_{rug} = f(X)$

TEMPERATURA DI SATURAZIONE ADIABATICA: Per poter definirla partiamo da un esempio: → "Temperatura a cui si porta un flusso d'aria che passa per un saturatore."



È possibile calcolare la umidità X_1 iniziale a partire dalla temperatura T_2 finale. (Fino a quando era più facile misurare l'umidità era difficilmente misurabile, ora è più facile grazie a componenti di elettronica).

Facciamo i BILANCI DI MASSA e ENERGIA:

$$\dot{m}_a \cdot X_1 + \dot{m}_{H_2O} = \dot{m}_a X_2$$

$$\dot{m}_a \cdot h_1 + \dot{m}_{H_2O} \cdot h_{H_2O} = \dot{m}_a \cdot h_2$$

$$\begin{cases} h_1 = c_{p_a} \cdot T_1 + X_1 \cdot R \\ h_2 = c_{p_a} T_2 + X_2 \cdot R \\ X_2 = X_1 + \dfrac{\dot{m}_{H_2O}}{\dot{m}_a} \end{cases}$$

Si può approssimare $h_1 \simeq h_2$ perché $\dot{m}_{H_2O} \cdot h_{H_2O} \simeq 0$ e quindi l'unica incognita risulta essere X_1.

(è trascurabile rispetto agli altri ordini di grandezza).

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

A partire da una misurazione della Bulbo di Mercurio:

- Temperatura di bulbo umido
- Temperatura di bulbo secco

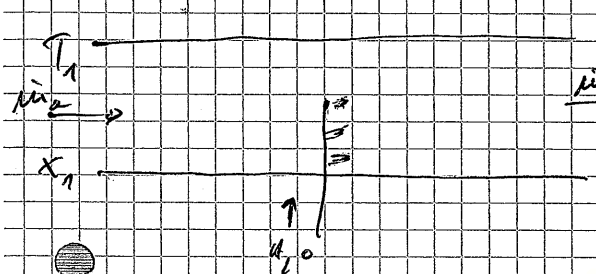
che è possibile calcolare l'umidità dell'aria nell'ambiente.

OSS: questa Tabella come quella di sat. adiabatica non è sempre misurata di quella "umida"

ESERCIZIO:

DATI: $T_1 = 25°C$

$T_2 = 15°C$



una → $\phi = 100\%$

T_2

x_2

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$\dot{m}_{H_2O} = \dot{m}_a (x_2 - x_1)$$

$$x_2 = x_{SAT}(T_2) = 0,011$$

$$x_{SAT} = 0,622 \cdot \frac{P_{v_2 SAT}}{P - P_{v_2 SAT}} = 0,011 \left[\frac{kg}{kg}\right]$$

$$P_{v_2,SAT} = f(T_2) = 1700 \; Pa$$

$$h_2 = \underbrace{c \cdot T_2}_{1,005} + x_2 \cdot R^{\to 2501} = 42,5 \; kJ/kg$$

$$h_1 = h_2 = c \cdot T_1 + x_1 \cdot R \Rightarrow x_1 = \frac{h_1 - c T_1}{R} = 7 \cdot 10^{-3} \left[\frac{kg}{kg}\right]$$