

MISCELE DI GAS PERFETTI

In questo corso prenderemo in considerazione due miscele di gas perfetti.

ARIA

MISCELE DI ARIA e VAPORE D' ACQUA

L'aria infatti è già di per sé una miscela di gas perfetti, costituita da molecole biatomiche di Azoto (N_2) e Ossigeno (O_2), biatomica nel senso che è una molecola formata da due atomi uguali. Ancora più interessante è la miscela di aria e vapore acqueo, poiché la presenza dell'umidità nell'aria influenza le condizioni di confort igrometrico degli ambienti. Bisogna che ci sia un equilibrio tra caldo/freddo e secco/umido. L'aria è composta per il 78% da azoto per il 21% da ossigeno ed esiste una piccola quantità dell'1% di altre sostanze come la CO_2 (anidride carbonica derivante dalla combustione, respirazione ecc) dal vapore, da altri gas chiamati nobili (neon, argon, kripton, xenon, radon) che non interagiscono quindi inerti;

ci sono poi aromi, odori, polveri, profumi e sostanze volatili che dal punto di vista termico sono trascurabili, ma vengono intercettati dal nostro sistema olfattivo e respiratorio e possono essere anche dannosi per l'organismo, significativi quindi per il confort. Da qui l'importanza di ricambiare l'aria nelle abitazioni, sia aprendo le finestre se la qualità dell'aria lo consente, sia con impianti di ventilazione forzata nel caso sia presente smog, polveri sottili e idrocarburi poiché è meno salubre di quella interna. L'edificio ben progettato ha dunque sistemi di ricambio d'aria, senza mai dover aprire le finestre, con buoni serramenti, bocchette, sistemi di ventilazione filtrata ecc.

I ricambi d'aria orari per legge sono:

0.5 Vol/ora per l'edilizia civile

- 1 Vol/ora per uffici, negozi e terziario
- 2 Vol/ora per scuole, asili, ospedali, chiese, cinema e tutti i luoghi di pubblico spettacolo poiché il volume d'aria procapite deve essere sufficiente e quindi l'affollamento richiede un maggior ricambio.

Per semplificare i calcoli energetici, riportiamo i valori di azoto e ossigeno, rispettivamente al 79% e 21% (percentuali molari o volumetriche).

La massa molare N_2 è di 28 kg/kmol, quella del O_2 è di 32 kg/kmol; allora la massa molare media dell'aria è di 29 kg/kmol (sarebbe 28,84 kg/kmol).

REGOLA DI CALCOLO DELLE PROPRIETA' DI UNA MISCELA

Le proprietà della miscela sono la **media pesata** delle proprietà delle componenti, questo richiede di rappresentare le componenti con le frazioni massiche, per esempio la frazione massica dell'ossigeno è:

$m_{O_2} = M_{O_2} / M_{tot}$ dove per M_{O_2} è la massa dell'ossigeno e M_{tot} la massa totale.

Comunque le percentuali in massa sono diverse da quelle volumetriche perché:

1000 kmol di aria = 210 kmol di O_2 e 790 kmol di N_2 & 1000 l di aria = 210 l di O_2 e 790 l di N_2

1000 kmol di aria contengono: $210 \cdot 32$ kg di O_2 + $790 \cdot 28$ kg di N_2 = 28840 kg (M_{tot})

Le frazioni massiche dell'ossigeno e azoto sono: $m_{O_2} = 210 \cdot 32 / 28840 = 23,3 \%$
 $m_{N_2} = 790 \cdot 28 / 28840 = 76,7 \%$

per le trasformazioni termofisiche ci servono le frazioni massiche.

CALCOLO DELL' ENTALPIA (h) della MISCELA DELL' ARIA

$$h_{aria} = h_{O_2} * m_{O_2} + h_{N_2} * m_{N_2}$$

h= capacità termica specifica * temperatura
Convenzionalmente h=0 a 0 °C

$$h_{aria} = cp_{O_2} * T * m_{O_2} + cp_{N_2} * T * m_{N_2}$$

cp= capacità termica specifica del singolo gas a pressione costante
cp'= capacità termica specifica della miscela a pressione costante

L' aria ha una composizione standard per l'aria avremo un cp' che fornisce l'entalpia totale **cp' * T => cp' (aria) = 1004 J/kg K** . Tale valore è costante, perché la composizione dell'aria è fissa, mentre in generale per una miscela cp' varia in funzione delle frazioni massiche dei componenti.

Tuttavia, in alcuni casi, possiamo trovare anche miscele di aria che sono formate da una diversa proporzione di elementi, ad esempio il **NITROX** è una miscela d'aria arricchita di ossigeno, che è presente tipicamente a valori del 30% - 40%: essa è utilizzata per i respiratori dei subacquei, in quanto riducendo la percentuale di azoto occorre fare meno decompressione e quindi si riduce il tempo da attendere prima di emergere. Tuttavia l'ossigeno presente nell'aria "normale" diventa tossico (troppo ossigeno) sotto gli 80 m di profondità; usando il Nitrox, l'ossigeno diventa tossico a profondità inferiori, e dunque esistono diverse miscele di gas in base alla profondità massima. Esempio:

- Nitrox al 30% di O₂, profondità max = 43.3 m.
- Nitrox al 36% di O₂, profondità max = 34.4 m.
- Nitrox al 42% di O₂, profondità max = 28.1 m.



Nel campo sanitario, le miscele di aria arricchite di ossigeno sono fondamentali per la disintossicazione da monossido di carbonio (CO) , nei casi di incapacità respiratoria, per malattie dovute a carenza di ossigeno che possono essere anche gravi.

Nella carpenteria metallurgica vengono usate miscele di acetilene+ossigeno poiché l' elevata presenza di ossigeno fa sì che la temperatura della fiamma ossidrica salga a dismisura fondendo i pochi istanti il metallo. L'ossigeno puro è tossico per l'organismo e viene utilizzato con cautela.

Quindi in questi casi dove la composizione dell'aria viene cambiata non si possono fare calcoli semplici usando le formule note delle proprietà, ma bisogna fare riferimento alle **frazioni massiche**, e ricalcolare le proporzioni usando le equazioni dei gas perfetti.

EQUAZIONE DEI GAS PERFETTI

Può essere scritta in tre modi diversi:

$$p * v = R * T$$

$$p * V = M * R * T$$

$$p * V = n * R_0 * T$$

Dove:

p = pressione (Pa)

v = volume specifico (m³/kg)

V = volume (m³)

R = costante specifica del particolare gas considerato (J/kg K)

R₀ = costante universale dei gas perfetti (8314 J/kmol K)

T = temperatura (K)

M = massa (kg)

n = numero di moli (kmol)

Esempio:

ricaviamo la R dell' OSSIGENO $R_{O_2} = R_0 / \mu_{O_2}$ dove μ = massa molare (kg/kmol)

$$\text{allora } 8314/32 = 259,8 \text{ J/kg K}$$

per l' AZOTO $R_{N_2} = R_0 / \mu_{N_2}$ $8314/28 = 296,9 \text{ J/kg K}$

$$R_{\text{aria}} = R_{O_2} * m_{O_2} + R_{N_2} * m_{N_2} = 259,8 * 0,233 + 296,9 * 0,767 = 288,2 \text{ J/kg K}$$

Comunque da laboratorio per convenzione si usa **287 J/kg K**

DEFINIZIONI di GRANDEZZE per MISCELE di ARIA-VAPORE

Nelle miscele di aria vapore la frazione di vapore è sempre molto piccola, contenuta nel 1% del volume, tuttavia quando il vapore d' acqua cambia di fase produce una grande variazione di **ENTALPIA**, per un kg di vapore si parla di circa $2,5 * 10^6$ di Joule.

Per quantificare la presenza d'acqua ci sono due descrittori:

UMIDITA' RELATIVA "UR" (0...100 %) o GRADO IGROMETRICO ϕ (0...1)

E' il rapporto tra la pressione parziale del vapore e la pressione di **SATURAZIONE** che ci viene data dalle tabelle in base alla **TEMPERATURA**.

$$\phi = p_{\text{vap}} / p_{\text{sat}} (T)$$

Esempio:

Se $p_{\text{vap}} = 3000 \text{ Pa}$ mentre la $p_{\text{sat}} = 5000 \text{ Pa}$ allora $\phi = 3/5 = 0,6 \Rightarrow \text{UR} = 60\%$

L' umidità relativa cambia se si immette o toglie H₂O (varia la pressione del vapore p_{vap}) oppure se aumenta o diminuisce la temperatura (varia la pressione di saturazione p_{sat}). Fornendo calore alla miscela, la p_{sat} cresce,

mentre la quantità di vapore nella miscela rimane costante. Ma a noi appare che l'aria risulti più secca, in quanto il rapporto ϕ si riduce, ed il corpo umano "sente" l'umidità relativa.

Negli ambienti per un giusto confort, bisogna che ci sia un'umidità relativa al 60-80%: il grado igrometrico è rilevante per il benessere del corpo umano.

TITOLO DELLA MISCELA (x, oppure y)

$x = y = M_{\text{vap}} / M_{\text{aria secca}}$ è un rapporto MASSICO tra le due masse (quella del vapore di H₂O e quella dell'aria secca)

Il titolo della miscela varia solo aggiungendo o togliendo l' H₂O, mentre la variazione di temperatura non cambia il valore del titolo.

Si misura in GRAMMI di vapore su KILOGRAMMI di aria secca $x = g_{\text{vap}} / kg_{\text{aria secca}}$

Solitamente in un metro cubo d' aria sono presenti dai 4 ai 20 grammi di vapore. Per trovare il titolo della miscela è di aiuto il **DIAGRAMMA PSICROMETRICO** dove vengono incrociati i dati di Temperatura, Titolo e Grado Igrometrico.

Esempio:

Una miscela d' aria vapore con T = 5 °C e umidità relativa al 90% che viene portata ad una temperatura di 20°C avrà un titolo che rimane costante, pari ad $x = 5 g_{\text{vap}} / kg_{\text{aria secca}}$, ma l'umidità relativa scenderà al 35%.



Diagramma Psicrometrico
Unità SI
Temperatura da 0°C a +50°C
Pressione 101,325 kPa

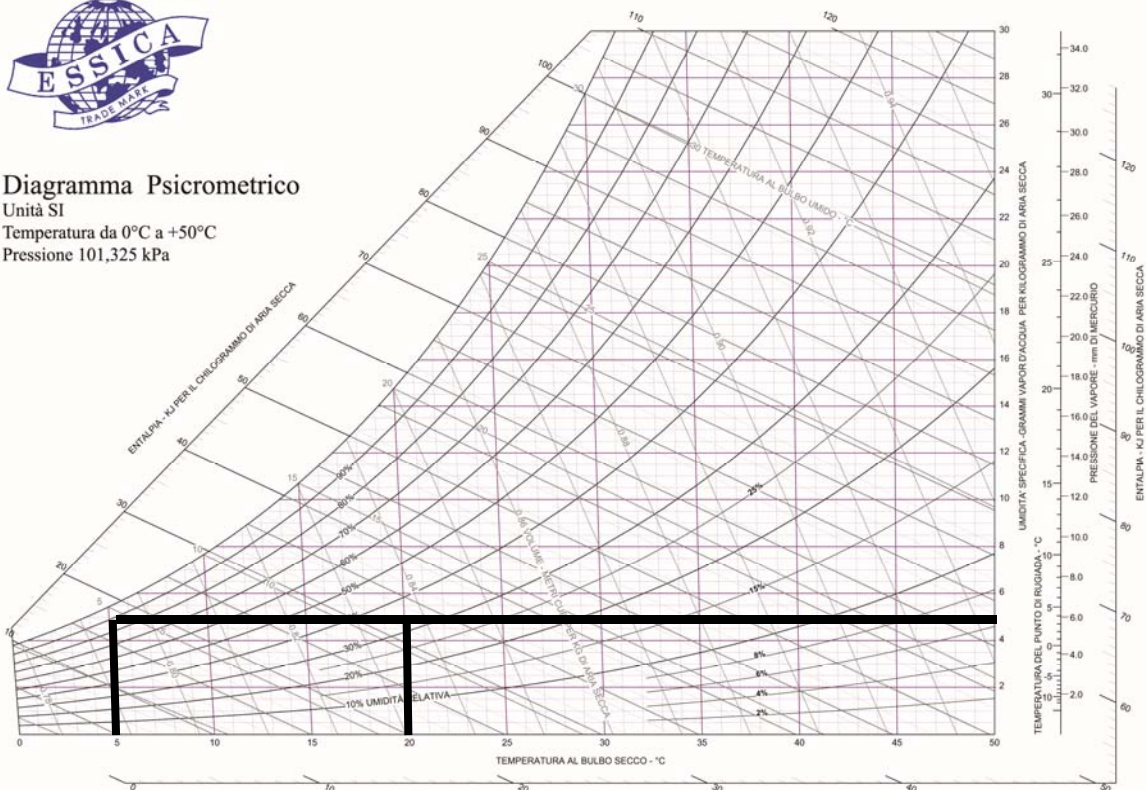




Diagramma Psicrometrico

Unità SI
Temperatura da 0°C a +50°C
Pressione 101,325 kPa

