

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI



FACOLTÁ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA



Laurea in Architettura

DICAAR

IMPIANTI PER LA SOSTENIBILITA' ENERGETICA DEGLI EDIFICI

A.A. 2018-2019

Aria umida e miscele di gas

Docente: ROBERTO RICCIU

Aria umida e miscele di gas: indice

- Generalità
- Le miscele
- Le leggi che regolano i miscugli
- I diagrammi di *Mollier* ed *ASHRAE*
- Applicazioni nel settore edile

NOTA BENE

Tutti gli argomenti trattati in questa lezione possono essere approfonditi con i testi indicati bibliografia, in particolare:

- **S. Szokolay** - *Introduzione alla progettazione sostenibile, Hoepli, 2006*

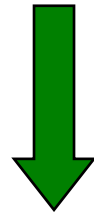
E verranno ripresi come da programma

L'Aria e la sua composizione

L'aria è una **miscela** di



AZOTO
(78%)

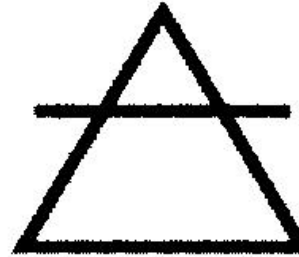


OSSIGENO
(21%)



PICCOLI QUANTITATIVI
DI ALTRI GAS

Elemento Aria



L'aria dell'atmosfera contiene anche **vapore d'acqua** o **umidità**. Il termine **vapore** indica uno **stato gassoso vicino alla regione di saturazione** ed evidenzia la possibilità di una **condensazione** a seguito di una trasformazione.

NOTA BENE

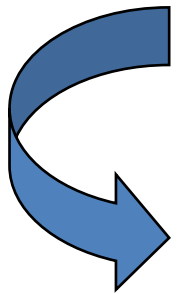
Nel caso in cui l'aria non contenga vapore, viene detta **aria secca**.

Composizione dell'aria (secca)

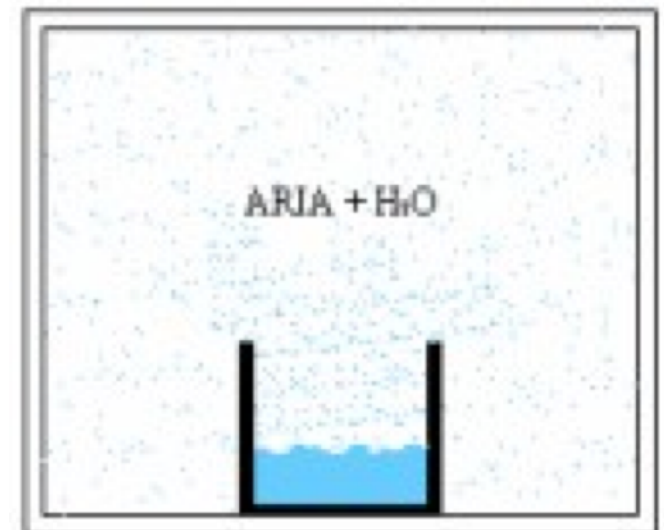
Sostanza	Peso molecolare	Frazione molare	Peso molecolare parziale	% in peso	% in volume
Ossigeno O ₂	32,000	0,2095	6,704	23,144	20,99
Azoto N ₂	28,016	0,7808	21,878	75,530	78,03
Argon Ar	39,944	0,0093	0,371	1,281	0,94
Anidride Carbonica CO ₂	44,010	0,0003	0,013	0,046	0,03
Idrogeno H ₂	2,02	0,0001	0,000	0,000	0,01
<i>TOTALE</i>	-	<i>1,0000</i>	<i>28,966</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Aria umida

•Se in un **ambiente chiuso**, contenente **aria secca**, poniamo un recipiente contenente acqua, **mantenendo la pressione (P) e la temperatura (T) costanti**, dopo un certo tempo notiamo che il **livello dell'acqua nel contenitore è calato** ed una **certa massa d'acqua è evaporata nell'aria**.



Questo fenomeno **continuerà** fino a raggiungere uno **stato di equilibrio**, oppure **finché finisce l'acqua nel contenitore**

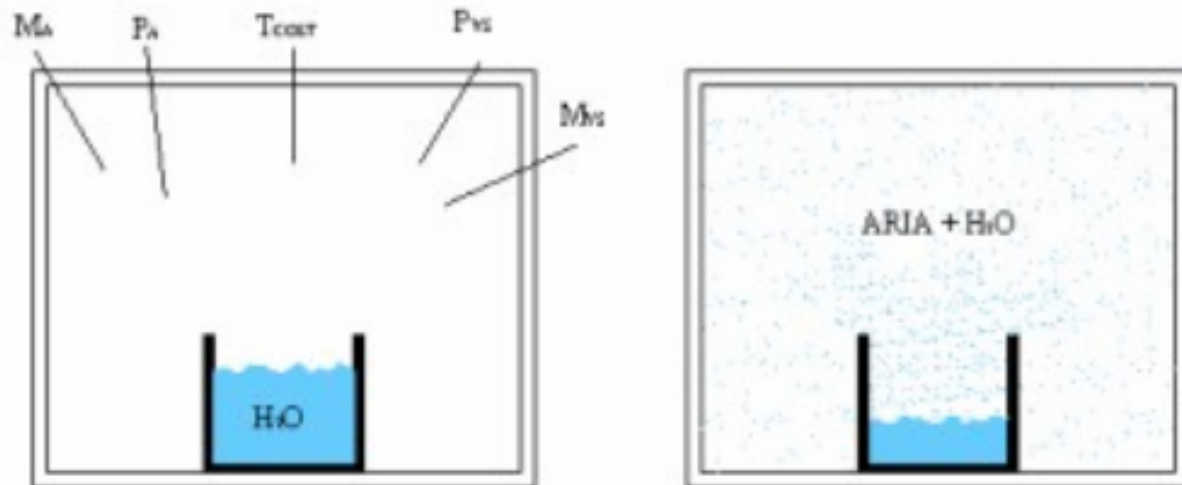


Aria umida e miscele di gas

Quanto mostrato nella slide precedente dimostra che, se si mettono a contatto, in un **ambiente in cui la temperatura e la pressione siano costanti**, **aria secca ed acqua allo stato liquido**, questa **evapora finché non si eguagliano la pressione parziale del vapore (p_v) e la pressione di saturazione dell'acqua alla temperatura a cui si opera (p_{sat})**.

La quantità di vapore acqueo che si otterrà è indipendente dalla quantità d'aria che c'è nell'ambiente. Quando l'acqua non evapora più, parliamo di **saturatione** e quindi di **pressione di saturazione (p_{sat})**: ad ogni valore di temperatura (T), corrisponde un dato valore di p_{sat} .

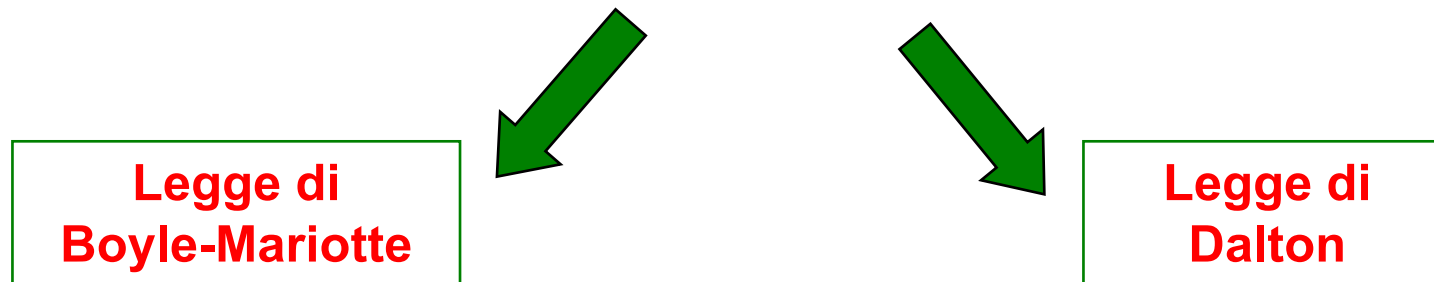
Le condizioni di saturazione legano dunque in maniera indissolubile i valori di pressione e temperatura.



Modello termodinamico: i **GAS IDEALI**

Le proprietà termodinamiche dell'aria si possono studiare con un **modello di comportamento semplificato** ma molto efficace: il “**gas ideale**” o “**gas perfetto**”: Il gas ideale è naturalmente **un'astrazione**, tuttavia tutti i gas possono essere considerati tali con buona approssimazione per particolari condizioni di pressione e temperatura.

Il gas ideale risponde a due modelli:



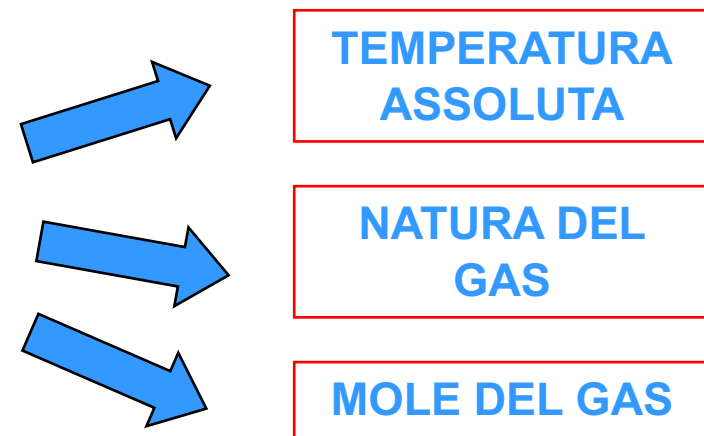
Gas perfetti - Legge di Boyle-Mariotte

Il modello del gas ideale è il seguente:

$$P V = K(T)$$

- in condizioni di **temperatura costante**, la **pressione** di un gas ideale è inversamente proporzionale al suo **volume**
- il **prodotto** della **pressione del gas** per il **volume da esso occupato** è **costante**.

- Tale costante è funzione della



Pressione Parziale

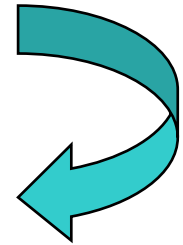
La pressione totale di una miscela di gas è data dalla somma delle pressioni parziali di ciascuna delle sue componenti.

La pressione parziale è la pressione che ogni componente di una miscela eserciterebbe se, alla medesima temperatura, occupasse l'intero volume della miscela.

Gas perfetti - Legge di Dalton

La **pressione totale** esercitata da una miscela di gas ideali è uguale alla **somma delle pressioni** che sarebbero esercitate dai **gas** se **fossero presenti da soli** in eguale volume.

ogni gas, in una miscela di **gas ideali**, **agisce come se l'altro gas non fosse presente** e pertanto le pressioni di ciascun gas possono essere semplicemente **sommate** l'uno con l'altro.



$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i$$

Aria umida e miscele di gas

In particolare, si può dire che la **P** (pressione totale) è data dalla **somma** della

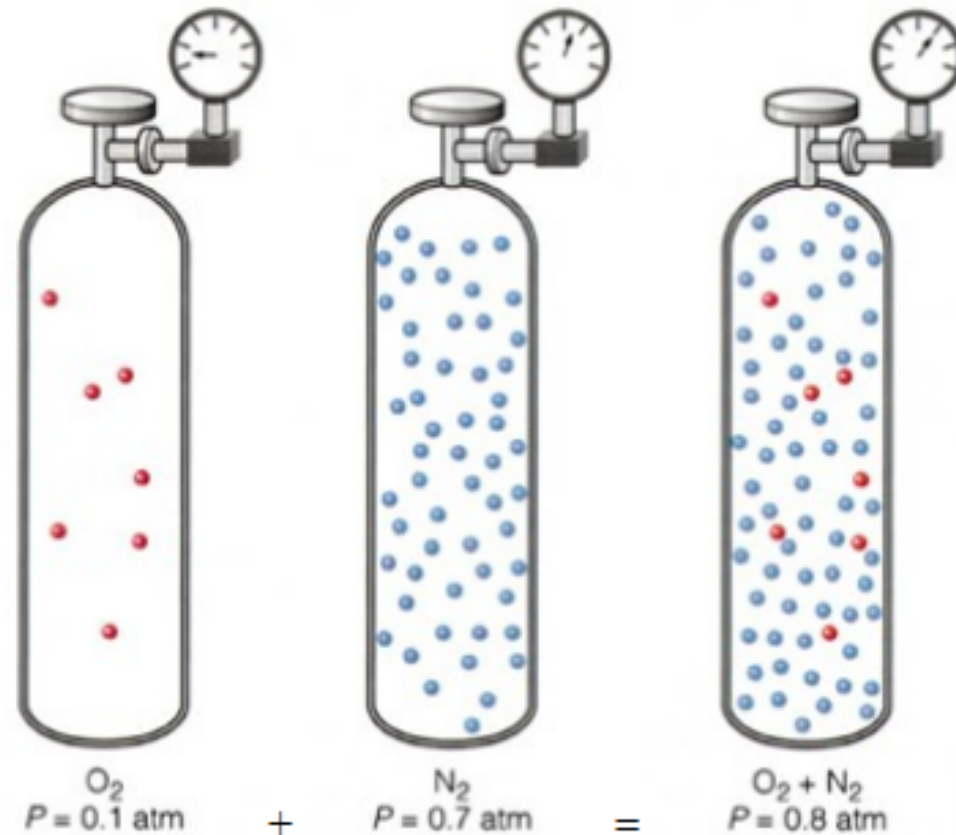
$$P_{\text{tot.}} = P_{\text{secca}} + P_{\text{vapore}}$$

Legge di Dalton

La pressione totale di una miscela gassosa è eguale alla somma delle pressioni parziali esercitate dai singoli gas

$$P_{\text{tot}} = p_{\text{N}_2} + p_{\text{O}_2}$$

$$p_{\text{N}_2} = P_{\text{tot}} X_{\text{N}_2}$$



Aria umida e miscele di gas

In particolare, si può dire che la **P** (**pressione totale**) è data dalla **somma** della

$$P_{\text{tot.}} = P_{\text{secca}} + P_{\text{vapore}}$$

Equazione di stato dei gas perfetti

Equazione di stati dei gas ideali:

$$P V = (R/M)T$$

DOVE:

- ▶ **P** = pressione del gas [Pa]
- ▶ **V** = volume occupato dal gas [m³]
- ▶ **M** = massa molare della specie chimica considerata
- ▶ **T** = temperatura del gas [K]
- ▶ **R** = costante universale del gas [J/kmol*K]

Aria umida e miscele di gas

Posto che il **vapor d'acqua** sia considerato un **gas perfetto**, possiamo esprimere:

Per il vapor d'acqua

$$P_v V = n_v RT$$

Per il vapor saturo

$$P_{\text{sat}} V = n_{\text{sat}} RT$$

Con n_v ed n_{sat} numero di moli del vapor e in condizione di saturazione

Aria umida e miscele di gas

Posto che il **vapor d'acqua** sia considerato un **gas perfetto**, possiamo esprimere:

$$P_v V = (m_v/M)RT$$

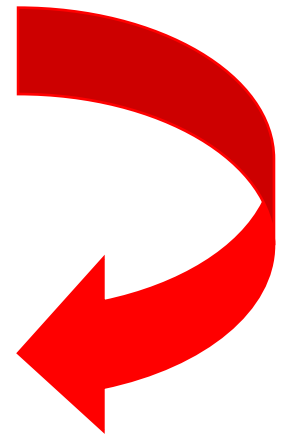
Per il **vapor saturo**

$$P_{\text{sat}} V = (m_{\text{sat}}/M)RT$$

Che, **rapportate**, danno: $P_v/P_{\text{sat}} = m_v/m_{\text{sat}} = UR$

dove

M = massa molare della specie chimica considerata



$$P_v/P_{\text{sat}} = m_v/m_{\text{sat}} = f \text{ (UR)}$$

Per cui, **l'umidità relativa** può essere anche definita come:

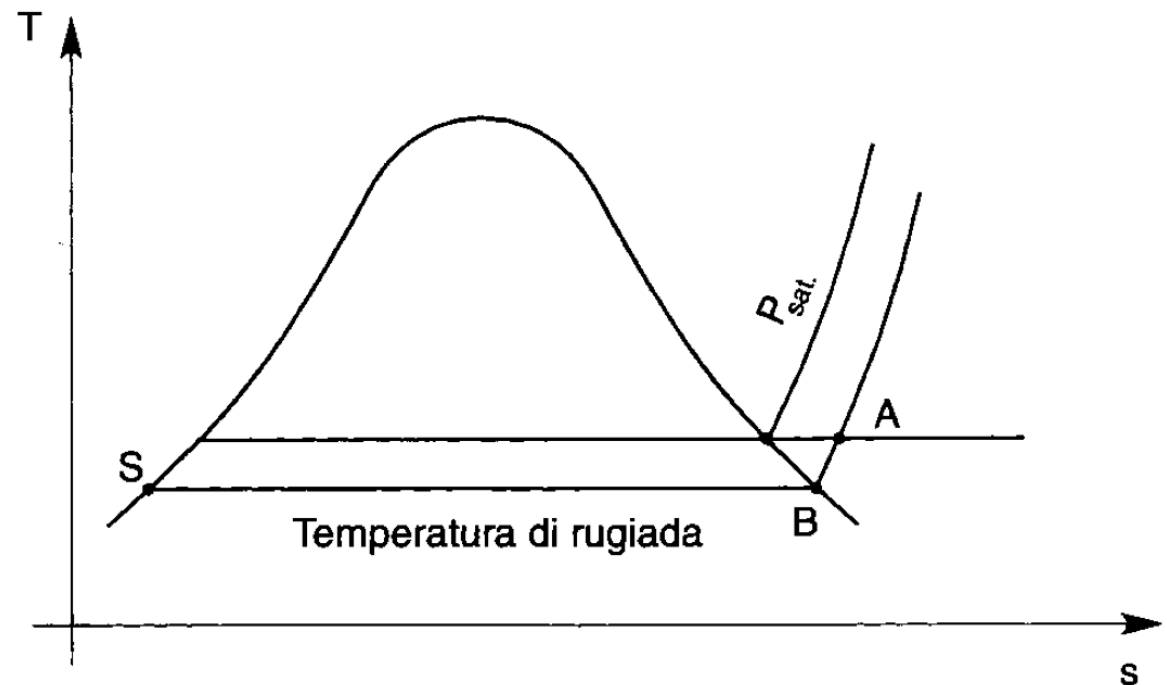
il rapporto tra la pressione parziale del vapore e la pressione di saturazione alla stessa temperatura.

Aria umida e miscele di gas

Se avviene che il **vapor d'acqua si trova allo stato surriscaldato**, la sua **tensione di vapore** risulta **inferiore** rispetto alla **tensione di vapor saturo** corrispondente a quella temperatura.

NOTA BENE

Nella figura a lato, il punto **A** è rappresentativo dello stato del **vapore surriscaldato**.



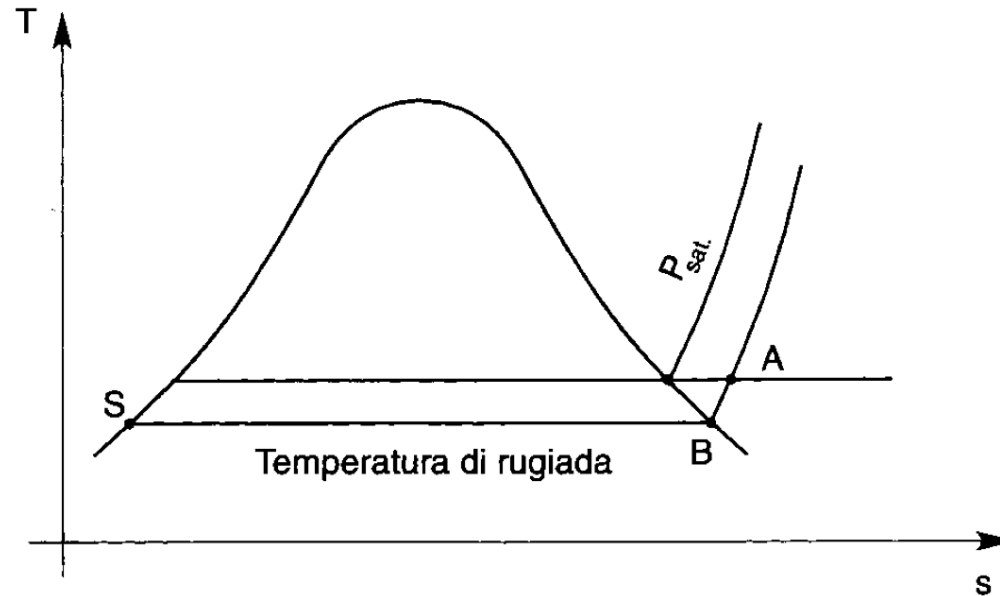
Curva del vapor saturo nel diagramma entropico

Entropia

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

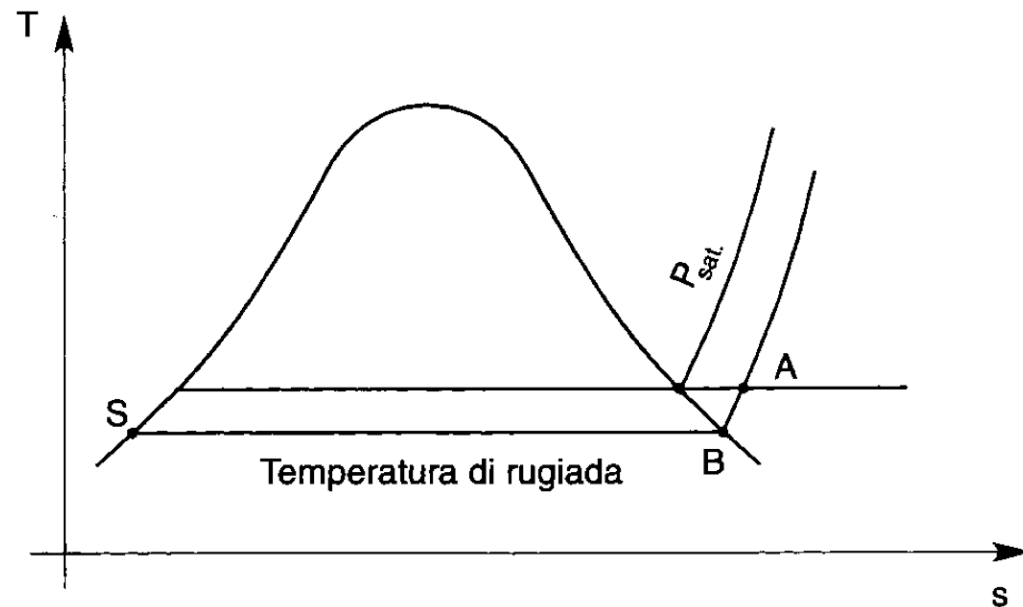
Entalpia

$$H = U + pV$$



Aria umida e miscele di gas

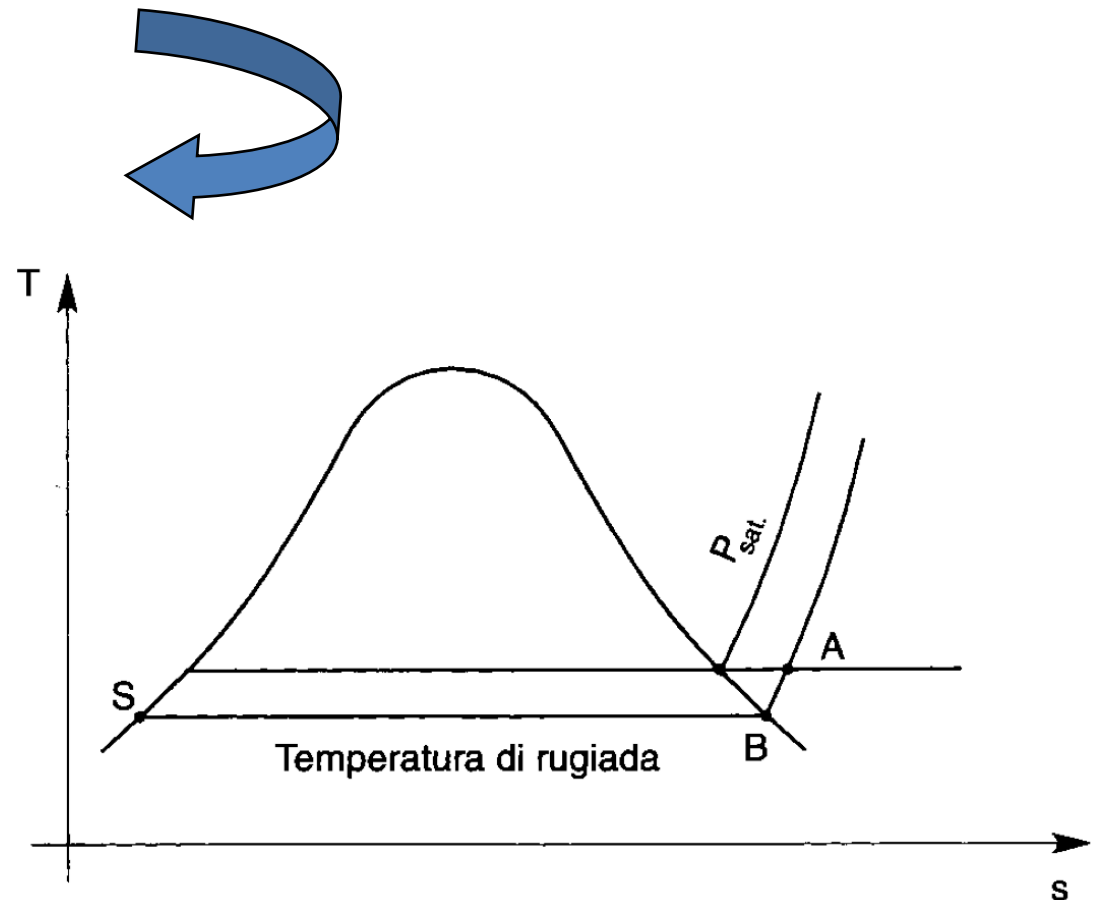
Se si fa **variare la temperatura** dell'aria umida, fornendo o sottraendo calore, in condizioni di **pressione totale costante** e senza variare il contenuto in peso del vapor d'acqua, **la pressione parziale** di quest'ultimo rimane invariata.



Aria umida e miscele di gas

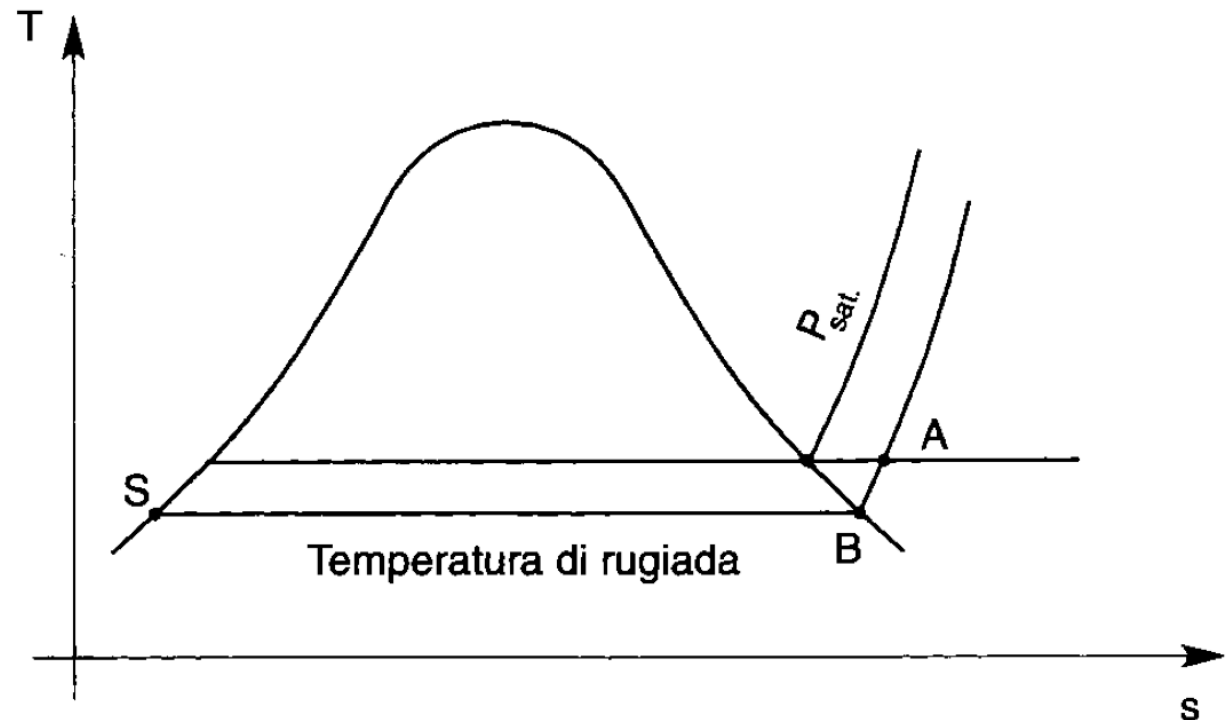
Varia invece, come sappiamo, la tensione di vapor saturo, che è funzione della temperatura (il punto A si sposta sull'isobara).

In definitiva quindi il rapporto P_v/P_{sat} varia da 0 a 1 (o se si preferisce dallo 0% al 100%) a seconda che la temperatura cresca o diminuisca.



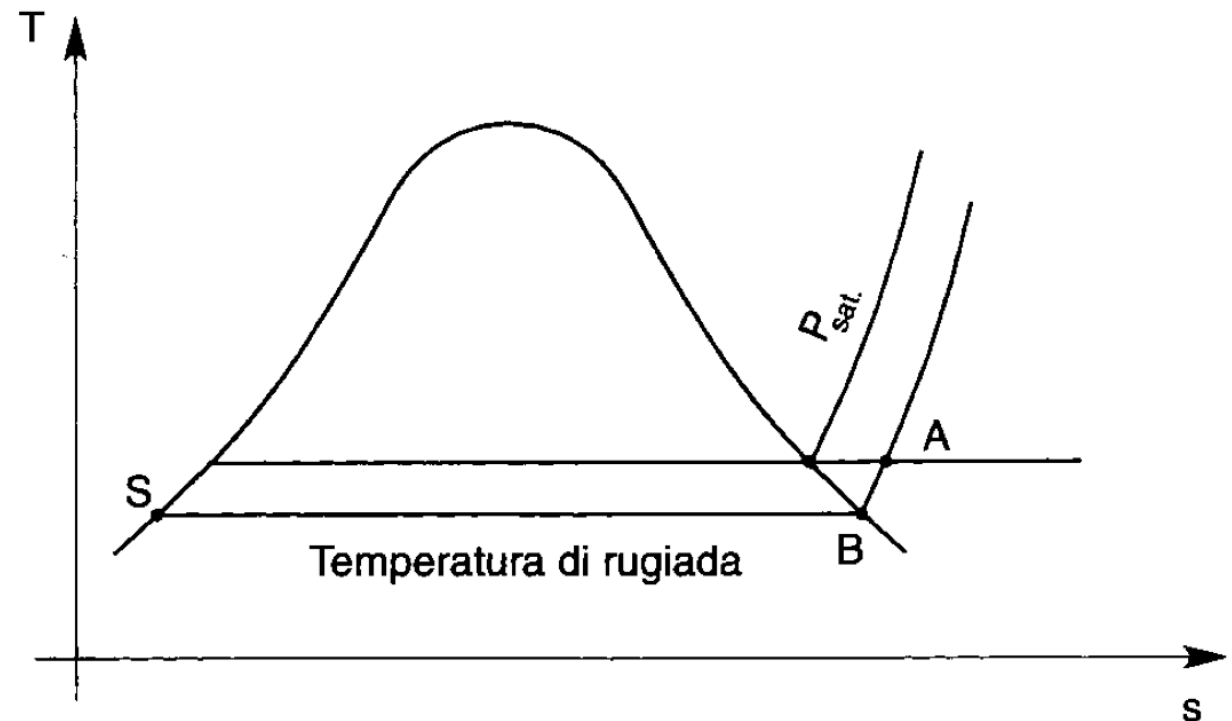
Aria umida e miscele di gas

Dalla figura si vede per esempio che, **se si raffredda isobaricamente il vapor d'acqua da A a B**, cioè fino alla temperatura cui corrisponde una tensione di vapor saturo numericamente uguale alla pressione che ha il vapore contenuto nell'aria umida, l'umidità relativa assume il valore **$UR = 1$** .



Aria umida e miscele di gas

Tale **temperatura** viene detta **di rugiada**, per significare che, se si continua a raffreddare oltre tale limite, una parte del vapore contenuto nel miscuglio deve necessariamente condensare



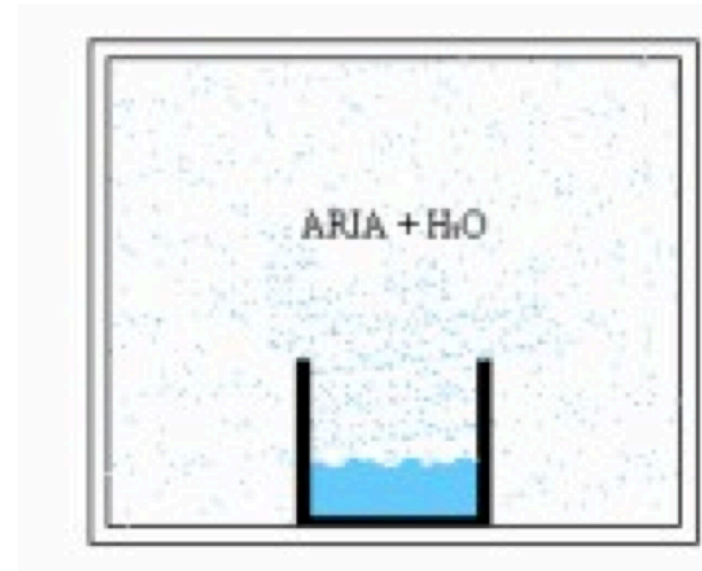
RICAPITOLIAMO

- **L'Aria e la sua composizione (è una miscela di...?...)**
- **Aria Umida vs. Aria Secca**
- **Il modello termodinamico & i GAS IDEALI**
- **A quali modelli di comportamento risponde un gas ideale? (Legge di Boyle-Mariotte e Legge di Dalton)
risponde a due modelli**
- **L'equazione di Stato dei Gas Perfetti**
- **Come può anche essere definita l'umidità relativa?**
- **Curva del vapor saturo nel diagramma entropico**

Umidità relativa

L'umidità relativa è il rapporto (espresso in percentuale) fra la massa di vapor d'acqua presente nell'aria e la massa d'acqua che porta l'aria in condizioni di saturazione.

$$UR = \frac{m_v}{m_{sat}} 100$$



Umidità relativa

Una definizione di umidità relativa equivalente alla precedente:

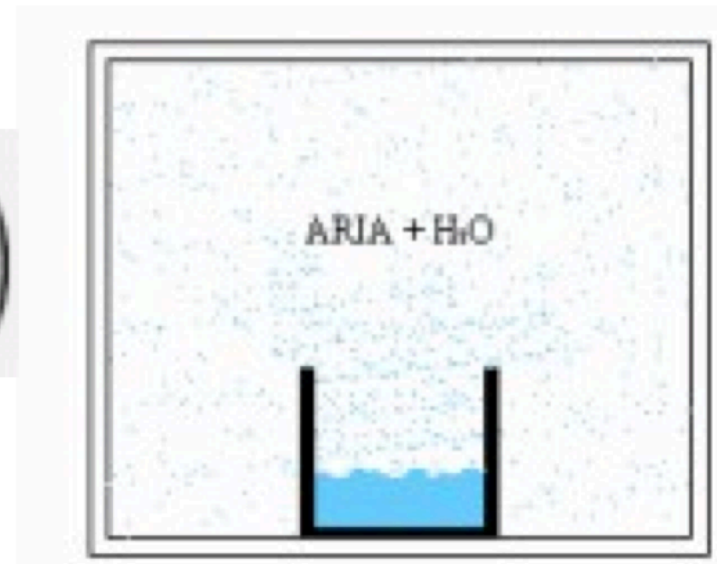
l'umidità relativa è data dal rapporto tra la pressione parziale di vapore nell'aria e la pressione di saturazione del vapore alla stessa temperatura.

$$UR = \frac{m_v}{m_{sat}} 100 = \frac{p_v}{p_{sat}} 100 \quad (\%)$$

Umidità specifica o titolo

L'umidità specifica (o titolo della miscela) è il rapporto tra la massa di vapor d'acqua e la massa di aria secca contenute nello stesso volume di aria umida.

$$x = \frac{m_v}{m_a} \left(\frac{kg_{H_2O}}{kg_{aria\ secca}} \right)$$



Umidità specifica o titolo

Tra l'umidità associata e l'umidità relativa, può essere stabilita **una relazione** partendo dalla considerazione che per i due componenti può essere scritta l'equazione dei gas perfetti:

$$p_v V = (m_v / n_v) RT$$

e

$$p_a V = (m_a / n_a) RT$$

Effettuando il rapporto tra le due:

Umidità specifica o titolo

$$p_v/p_a = (m_v n_a / m_a n_v)$$

Ricordando che la massa molare dell'aria vale $n_a = 28,9$ kg/mole e la massa del vapore 18 kg/mole:

$$p_v/p_a = (m_v/m_a) 1,605$$

Ricordando che il rapporto $m_v/m_a = x$

$$x = 0,623(p_v/p_a)$$

Aria umida e miscele di gas

Umidità specifica o titolo

Dalle slide 15 e 22: $m_v/m_{sat} = \phi$ (UR)

$$x = 0,623(\phi p_{sat}/p_a)$$

Anche

$$x = 0,623(\phi p_{sat}/(p_t - \phi p_{sat}))$$

Lo stato di una miscela di aria e vapor d'acqua è individuato, nel rispetto della **regola delle fasi di Gibbs**, da **tre variabili di stato** che nel nostro caso possono essere individuate nella **pressione p** , nella **temperatura t** e nell'**umidità associata x** .

Saturazione

- all'**equilibrio** l'aria è **satura** di vapore;
- la **pressione parziale del vapore acqueo** nelle condizioni di saturazione è una proprietà dell'aria e **dipende dalla temperatura**;
- se si aggiunge vapor d'acqua all'aria, l'umidità assoluta aumenterà di conseguenza, tuttavia quando la pressione parziale del vapore eguaglia la pressione di **saturazione** corrispondente alla temperatura dell'aria, ogni ulteriore **somministrazione** dà luogo alla formazione di gocce d'acqua: la **condensa**.

Pressione di saturazione

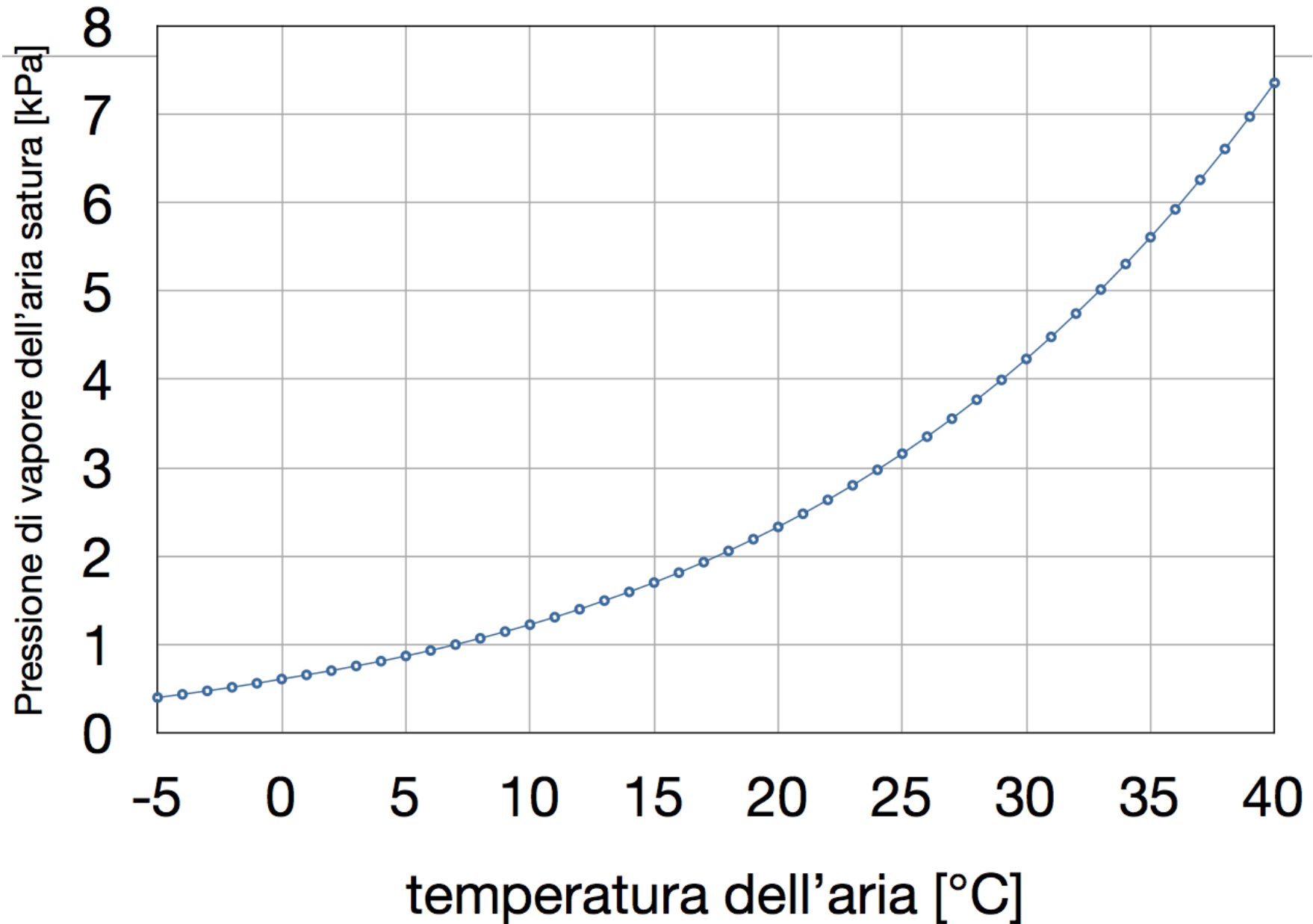
- la pressione di saturazione dipende dalla temperatura;
- i valori di pressione di saturazione si osservano sperimentalmente:
 - si possono ricavare da tabelle o grafici
 - si possono calcolare con una formula di interpolazione dei dati

$$p_{sat} = \exp \left[65.81 - \frac{7066.27}{T + 273.15} - 5.976 \ln(T + 273.15) \right]$$

Aria umida e miscele di gas

Temperatura dell'aria T	Pressione di vapore dell'aria satura p_{sat}	Titolo di saturazione x_{sat}
$^{\circ}C$	kPa	g/kg
-5	0,400	2,49
-4	0,436	2,69
-3	0,475	2,94
-2	0,516	3,19
-1	0,561	3,47
0	0,609	3,78
1	0,656	4,07
2	0,704	4,37
3	0,757	4,70

Aria umida e miscele di gas



Aria umida e miscele di gas

Noi consideriamo: trasformazioni termodinamiche **isobare**,



lo stato del sistema può essere individuato da **tre variabili di stato**: **Pressione, Temperatura, Umidità**.



E' conveniente introdurre quale grandezza di stato, in luogo della temperatura, ***l'entalpia associata h*** , in quanto **a pressione costante variazioni di entalpia corrispondono a quantità di calore cedute o acquistate dall'unità di massa del miscuglio.**

Aria umida e miscele di gas

“L'entalpia associata rappresenta l'entalpia del miscuglio *associata* ad 1 kg di aria secca contenente x grammi di vapor d'acqua”

per **una data pressione**, lo stato del miscuglio può essere individuato da **due grandezze (entalpia e umidità associata)** ed è possibile individuare un diagramma di stato bidimensionale del sistema, che consente il tracciamento delle varie trasformazioni.

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Attualmente viene utilizzato, soprattutto negli Stati Uniti e nella pratica professionale, il cosiddetto **diagramma ASHRAE** (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) che riporta **in ordinate l'umidità associata e in ascisse l'entalpia associata.**

Noi vedremo brevemente la costruzione del **diagramma di Mollier.**

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Ricordiamo innanzitutto l'equazione di stato che lega l'**entalpia** ($U+PdV$) associata all'umidità.

L'entalpia associata del miscuglio, ad una certa temperatura T , sarà data, per la proprietà additiva, dalla somma delle entalpie dell'aria e del vapore:

$$h = h_v + h_{\text{Secca}}$$

l'entalpia è una grandezza di stato e quindi essa è definita a meno di una costante e pertanto occorre stabilire lo stato di riferimento.

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

$$h = h_v + h_{\text{Secca}}$$

Convenzionalmente si assume quale stato di riferimento l'entalpia alla temperatura di 0°C ponendola pari a 0; si prende quale stato di riferimento per il vapore lo stato dell'acqua nelle condizioni di saturazione alla temperatura di 0°C (punto S del diagramma Ts sotto).

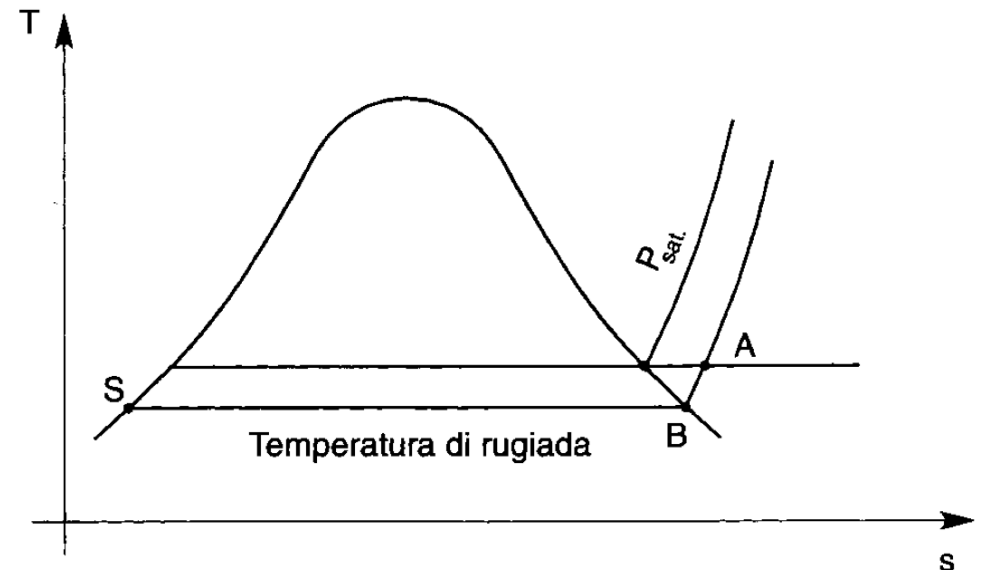


DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Ricordando che a pressione costante, quantità di calore scambiate dal miscuglio corrispondono a variazioni di entalpia, l'entalpia di 1 kg di aria secca alla temperatura T sarà pari al calore necessario a portare 1 kg di aria secca da 0° C alla temperatura $T^\circ \text{ C}$:

$$h_s = c_{ps} T$$

dove c_{ps} è il calore specifico a pressione costante dell'aria secca

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

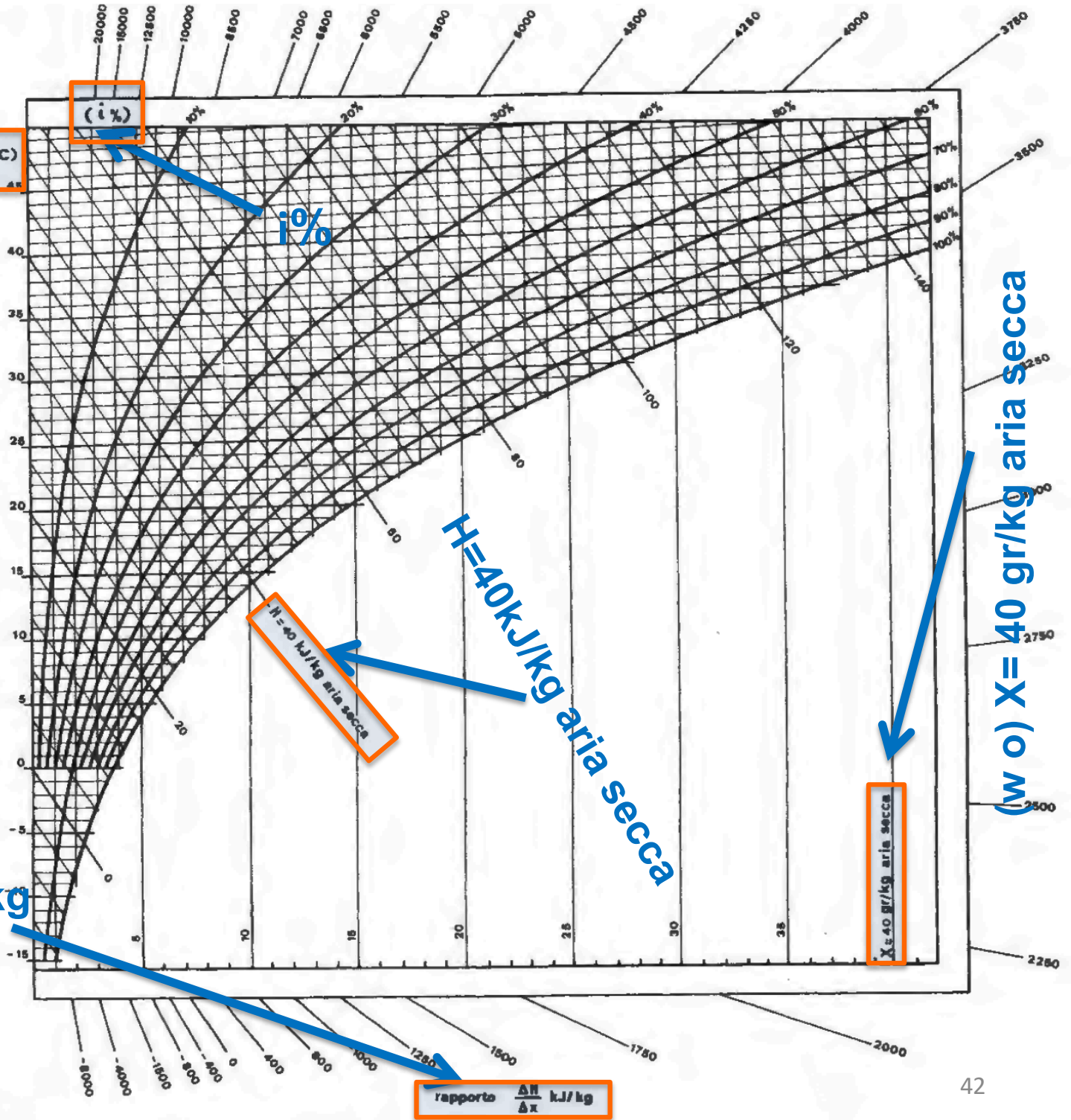
L'entalpia del vapore sarà la somma del calore necessario a vaporizzare x kg di acqua alla temperatura di 0° C e del calore necessario a portare tale vapore alla temperatura T

DIAGRAMMA PS

DIAGRAMMA di MOLLIER

(°C)

rapporto $\frac{\Delta H}{\Delta x}$ kJ/kg



Riepiloghiamo:

- Cos'è la **temperatura di rugiada**?
- Come possiamo definire **l'umidità relativa**?
- E **l'umidità specifica**?
- In cosa consiste il fenomeno della **condensa**?
- Come possiamo ricavare i valori della **pressione di saturazione**?
- Quali sono le **due grandezze** che definiscono **una trasformazione termodinamica isobara**?
- Come possiamo rappresentarla?
 - **diagramma ASHRAE**
 - **diagramma di Mollier**

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

L'entalpia del vapore sarà quindi data da:

$$h_v = xr + xc_{pv}T$$

dove

c_{pv} è il calore specifico a pressione costante del vapore (kJ/kgK)

r è il calore di trasformazione dell'acqua alla temperatura di 0° C che vale 2501 kJ/kg.

In definitiva si ha che l'entalpia del miscuglio vale:

$$h = c_{pa}T + x(r + c_{pv}T) \text{ (kJ/kg)}$$

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

$$\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)_t = 2501 + 1,93t$$

$$\left(\frac{\partial h}{\partial t}\right)_x = 1 + 1,93x$$

Entalpia specifica h (da: aria umida tutti i casi con esercizi)

Poiché l'entalpia è una grandezza **estensiva**, per la miscela aria umida può scriversi:

$$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v$$

e cioè l'entalpia totale dell'aria umida è la somma dell'entalpie dei due componenti.

L'entalpia specifica, per quanto già detto per il volume specifico, **va riferita all'unità di massa di aria secca** e pertanto:

$$h = \frac{H}{m_a} = \frac{m_a h_a + m_v h_v}{m_a} = h_a + \omega h_v$$

Entalpia specifica h

Per il calcolo dell'entalpia specifica dell'aria secca h_a e del vapore d'acqua h_v si ricordi che per entrambi i componenti dell'aria umida si è ipotizzato un comportamento di **gas ideale**, pertanto l'entalpia risulta funzione della sola temperatura. Per quanto riguarda l'aria secca, fissando a $T_0 = 0^\circ \text{ C}$ lo stato di riferimento con $h_{a0} = 0 \text{ kJ/kgK}$, si ha:

$$h_a - h_{a0} = c_{pa} \cdot (T - T_0)$$

$$h_a = c_{pa} \cdot T$$

Entalpia specifica h

Il **calore specifico** a pressione costante dell'aria secca letto dalla tab. iniziale sull'aria è di 1,01 kJ/kgK. Un valore più accurato, valido per il campo di temperature in esame è $c_{pa} = 1,005$ kJ/kgK.

Per l'entalpia del vapor d'acqua occorre tenere presente che **lo stato di riferimento è posto a 0° C**, quando l'acqua è in condizioni di **liquido saturo**, come si constata dalla diagramma di mollier: $h(0^\circ \text{ C}) = 0$ kJ/kgK.

Entalpia specifica h

Per valutare l'entalpia dell'acqua in fase aeriforme, ricordando che essa dipende dalla sola temperatura, è necessario considerare l'entalpia di passaggio di fase a 0° C, ossia la variazione di entalpia per passare dalla condizione di liquido saturo a vapore saturo secco:

$$\Delta h_{vs}(0^{\circ}\text{C}) = h_{vs}(0^{\circ}\text{C}) - h_l(0^{\circ}\text{C}) = h_{vs}(0^{\circ}\text{C})$$

Entalpia specifica h

$$h_v = \Delta h_{vs}(0^\circ\text{C}) + c_{pv} \cdot (T - T_0)$$

ossia, esprimendo T in ° C:

$$h_v = \Delta h_{vs}(0^\circ\text{C}) + c_{pv} \cdot T$$

Il valore di c_{pv} , è opportuno sapere che rispetto al campo di temperature considerate vale = 1,805 kJ/kgK; il valore di $h_{vs}(0^\circ\text{C})$ è pari a 2500,5 kJ/kg.

Entalpia specifica h

Dalle precedenti si ottiene:

$$h = h_a + \omega h_v = c_{pa} \cdot T + \omega \cdot (\Delta h_{vs} + c_{pv} \cdot T),$$

Con T espressa il ° C

e

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \quad \text{in (gr/kg)}$$

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

- ***h*** varia molto con l'umidità associata e assai meno con la temperatura; perciò **le isoterme sono** pressoché **parallele**.

Per questioni di praticità di impiego e di lettura del diagramma, si preferisce ruotare l'asse delle x in modo tale che l'isoterma a 0° C risulti ortogonale all'asse delle h .

Di conseguenza tutte le altre **isoterme** (che sono sostanzialmente parallele) si dispongono anch'esse quasi ortogonalmente al suddetto asse.

Ancora per praticità di uso, in corrispondenza dell'intersezione delle isoterme con l'asse delle entalpie, viene indicato il valore della corrispondente temperatura.

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Naturalmente anche le **isoentalpiche** ruotano dello stesso angolo di cui è ruotato l'asse x ; esse vengono assunte parallele a tale asse ed i valori delle entalpie vengono indicati su ciascuna **isoentalpica**.

In definitiva, quindi, l'asse delle ordinate rimane sempre un asse delle entalpie, ma su di esso sono indicati i valori delle isoterme in corrispondenza dell'intersezione di tali rette con il suddetto asse. Per quanto concerne **le curve ad umidità associata costante**, queste sono ovviamente parallele all'asse delle entalpie.

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Per comodità di utilizzo del diagramma, la scala delle umidità associate (che si trova sull'asse ruotato) viene proiettata su una retta ortogonale all'asse delle entalpie in modo da ripristinare una sorta di diagramma ortogonale.

Per quanto riguarda le **curve ad umidità relativa** costante, queste possono essere tracciate, ricavato il valore della pressione di saturazione in funzione della temperatura dalle tabelle del vapor d'acqua, utilizzando la relazione che fornisce il legame tra x e c_p ;
la curva $c_p = 100\%$, viene detta curva di saturazione.

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

A destra di tale curva si entra nel campo bifase (**campo delle nebbie**) che però non riveste interesse pratico per utilizzi impiantistici.

Va solo notato che in tale campo le isoterme hanno un andamento sostanzialmente parallelo alle isoentalpiche.

Sulla cornice del diagramma vengono infine riportati dei segmenti che rappresentano le pendenze di rette generiche ($\Delta h/\Delta x$) tracciate sul diagramma.

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Nel diagramma **ASHRAE**, i valori $(\Delta h/\Delta x)$ sono riportati su un semicerchio a lato del diagramma; sono altresì riportati i valori del rapporto tra calore sensibile e calore totale.

calore sensibile $q = c \Delta T$ (J/mole) (con c calore specifico)

Questo calore viene ceduto mentre non è in atto una transizione di fase (per esempio areiforme-liquido)

calore latente $q = \lambda m$ (J/mole) (con λ calore latente e m quantità di sostanza)

è il calore q fornito o sottratto al sistema non influisce sulla temperatura, ma è proporzionale alla quantità di sostanza m che ha cambiato fase (associato a una transizione di fase)

DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Diagramma Psicrometrico

Unità SI

Temperatura da 0°C a +50°C

Pressione 101,325 kPa

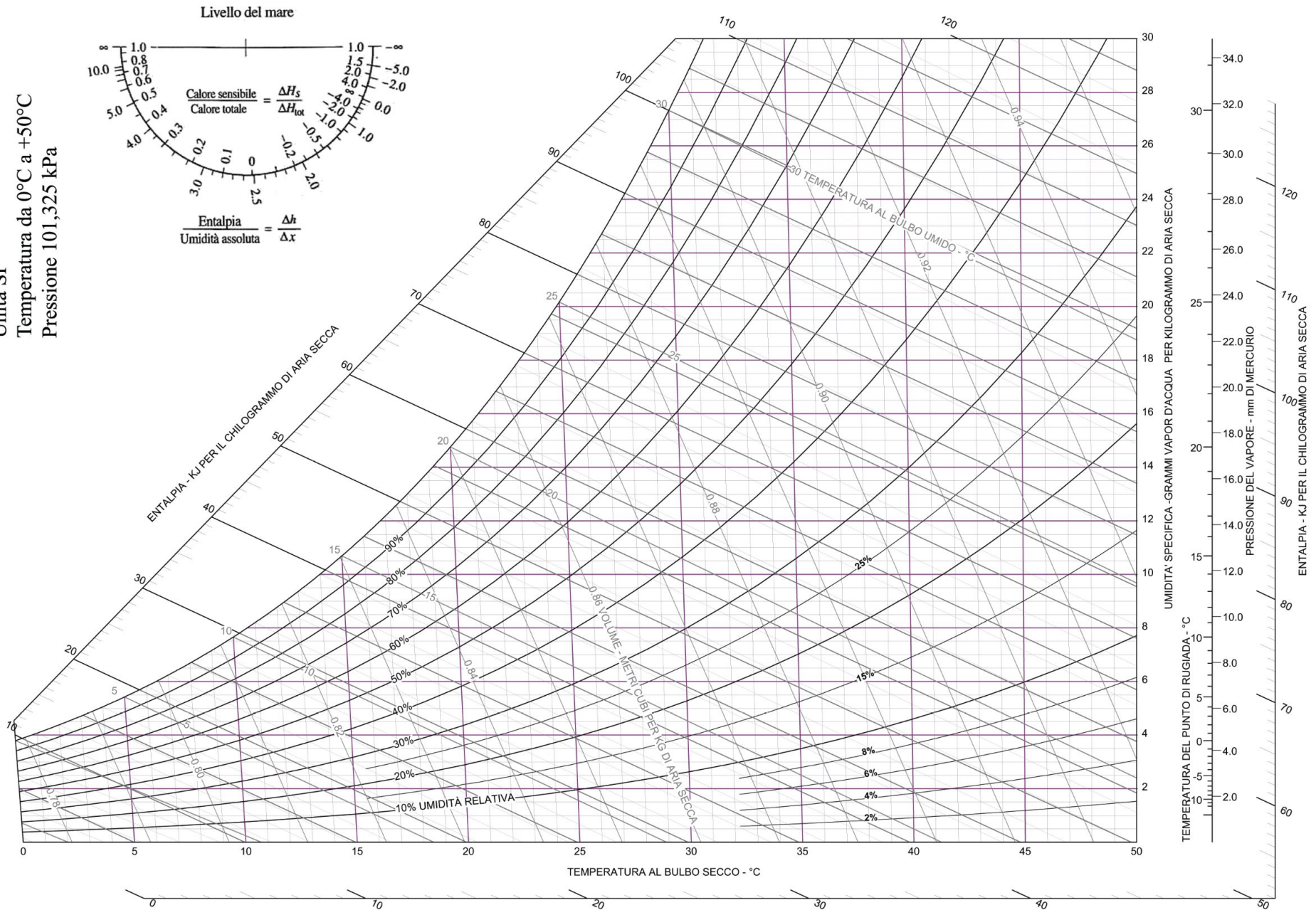


DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Come utilizziamo i diagrammi?

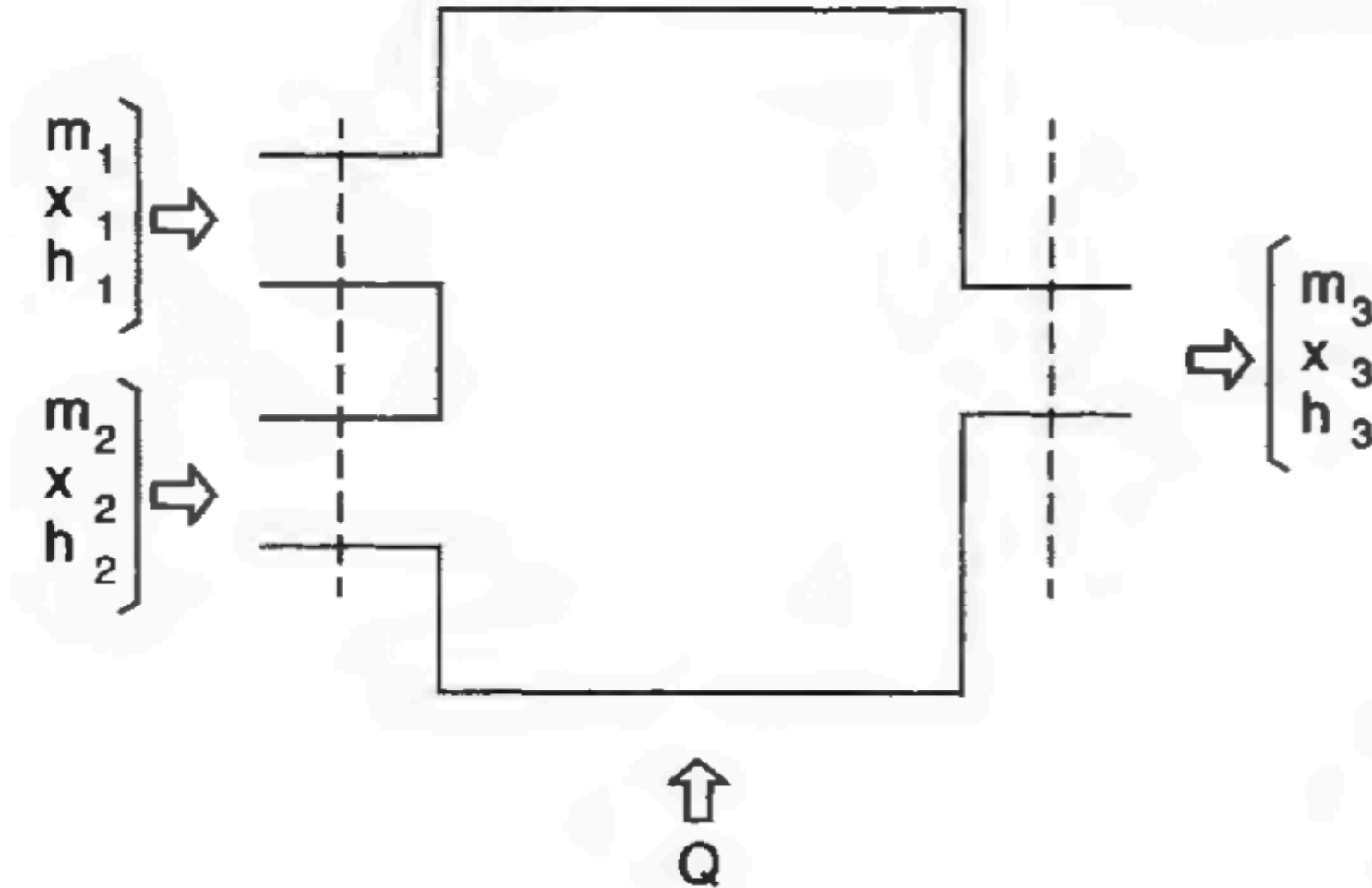


DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Come utilizziamo i diagrammi?

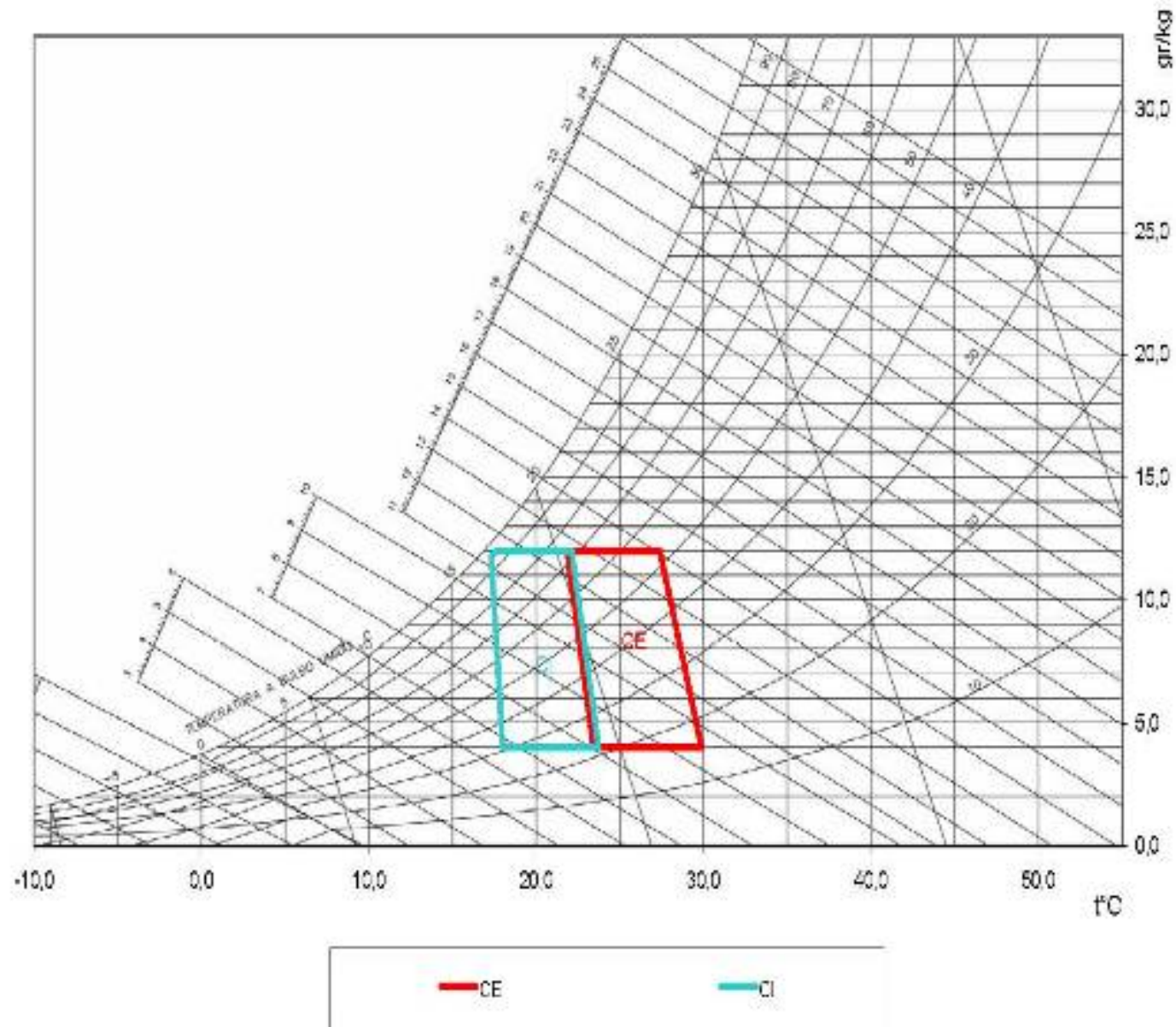
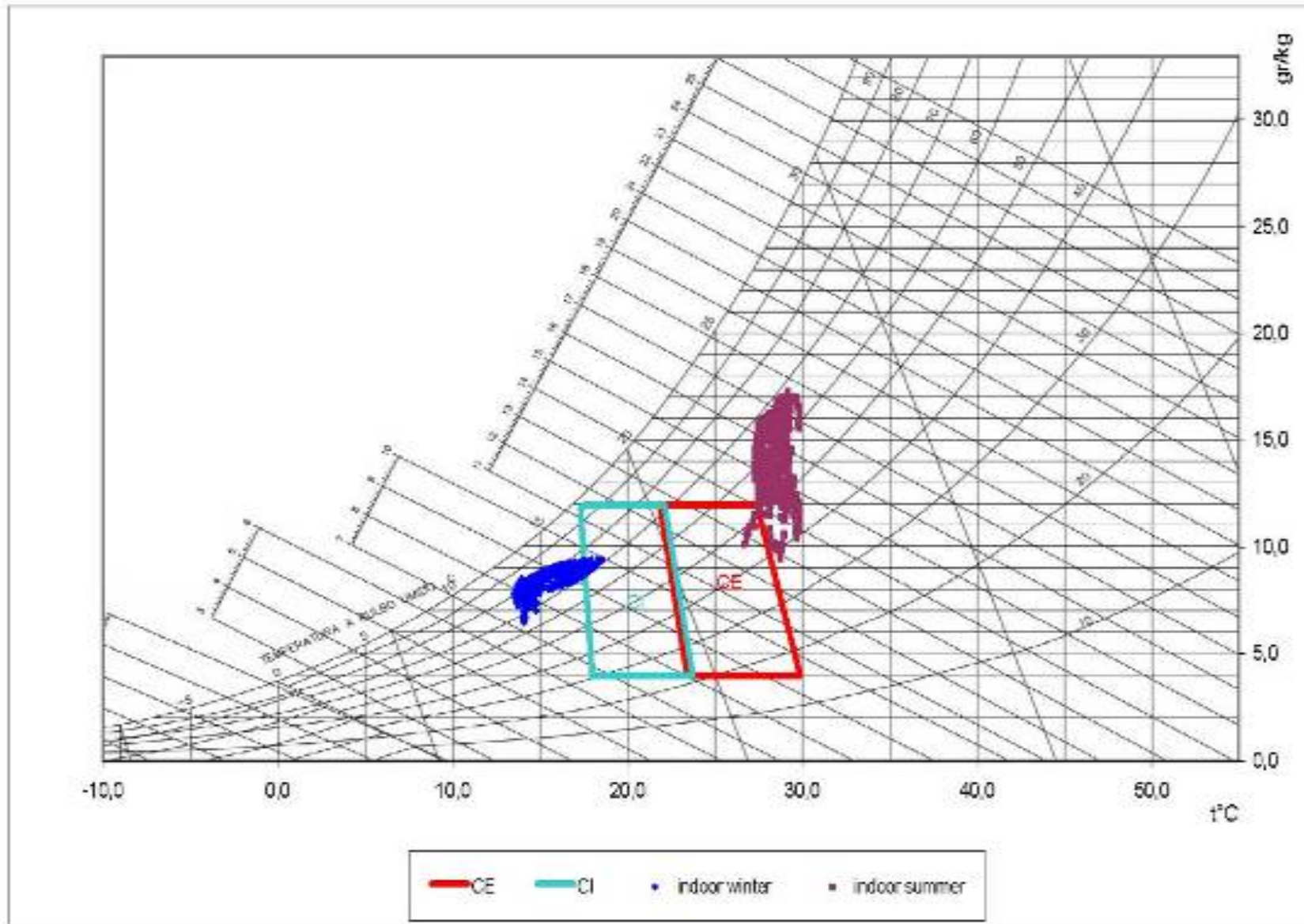


DIAGRAMMA PSICROMETRICO - MOLLIER E ASHRAE

Come utilizziamo i diagrammi?



Riepiloghiamo:

- Nella formula dell'entalpia di vapore:

$$h_v = x r + x c_{pv} T$$

Cosa rappresenta r e cosa rappresenta c_{pv} ? (slide 43)

- Quali dati possiamo individuare all'interno del diagramma psicometrico (slide 57 e successiva)? ?

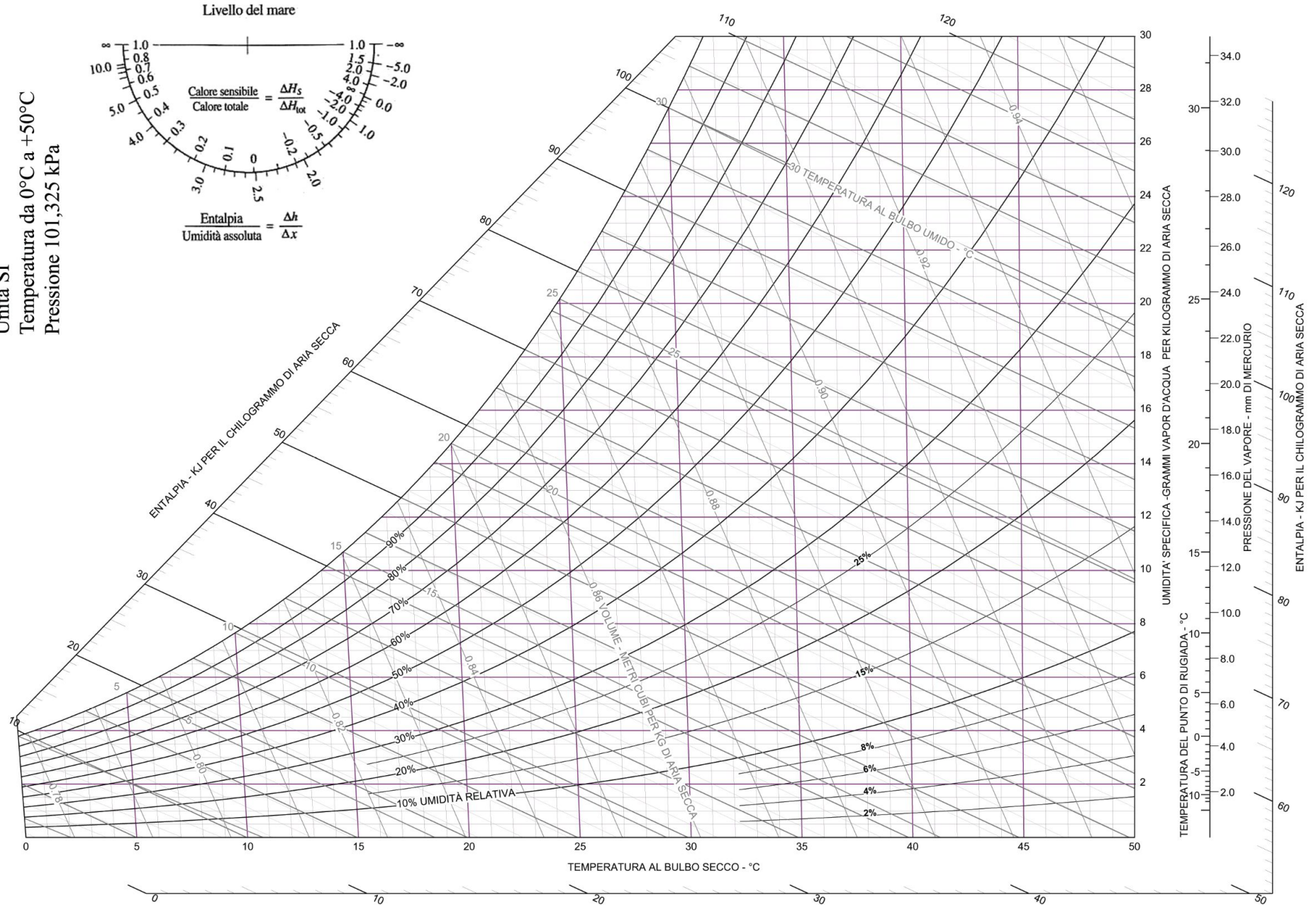
- Temperatura a bulbo secco;
- Umidità specifica;
- Umidità relativa;
- Temperatura a bulbo umido;
- Temperatura di rugiada.
- Entalpia;
- Volume specifico;

Diagramma Psicrometrico

Unità SI

Temperatura da 0°C a +50°C

Pressione 101,325 kPa



FINE