

# Miscela aria-vapor d'acqua: misura del grado igrometrico

Autore: Ing. Luca Barbaresi

Insegnamento: Fisica Tecnica Ambientale

Docente: Prof. Massimo Garai

Corso di Laurea: Ingegneria Edile-Architettura

DIENCA - Università di Bologna

<http://acustica.ing.unibo.it>

## Miscela aria-vapor d'acqua: richiami teorici

### Formule principali

- Titolo della miscela ( $x$ )  
$$x = \frac{M_v}{M_a} = 0.622 \frac{\varphi p_{v,sat}(t)}{p_{tot} - \varphi p_{v,sat}(t)}$$
- Grado igrometrico o U.R. ( $\varphi$ )  
$$\varphi = \frac{p_v}{p_{v,sat}}$$
- Grado di saturazione ( $\psi$ )  
$$\psi = \frac{x}{x_{sat}} = \varphi \left[ \frac{p_{tot} - p_{v,sat}(t)}{p_{tot} - \varphi p_{v,sat}(t)} \right]$$

## Miscela aria-vapor d'acqua: richiami teorici

- Calore specifico a pressione costante dell'aria ( $c_{p,a}$ )

$$c_{p,a} \approx 1 \quad (\text{kJ/kg K})$$

- Calore specifico a pressione costante del vapor d'acqua ( $c_{p,v}$ )

$$c_{p,v} \approx 1,9 \quad (\text{kJ/kg K})$$

- Calore latente di vaporizzazione a  $0,01^\circ\text{C}$  ( $r$ )

$$r \approx 2500 \quad (\text{kJ/kg K})$$

- Entalpia specifica ( $h$  o  $J$ )

$$h = c_{p,a} t + x [ r (t = 0,01^\circ\text{C}) + c_{p,v} t ] \quad (\text{kJ/kg}_a)$$

## Miscela aria-vapor d'acqua: richiami teorici

- Calore sensibile, latente, totale

$$Q_s = m_a c_{p,a} (t_2 - t_1) \quad (\text{kJ})$$

$$Q_l = m_v r$$

$$Q_t = m_a (h_2 - h_1)$$

- Formula per il calcolo della pressione di saturazione del vapor d'acqua in corrispondenza di una determinata t:

$$p_{v,sat} (t \text{ } ^\circ\text{C}) = \exp \left[ 65,81 - \frac{7066,27}{(t + 273,15)} - 5,976 \ln(t + 273,15) \right] \quad (\text{Pa})$$

## Miscela aria-vapor d'acqua: richiami teorici

Diagramma psicrometrico (W. Carrier, 1936)

$t$  = temperatura

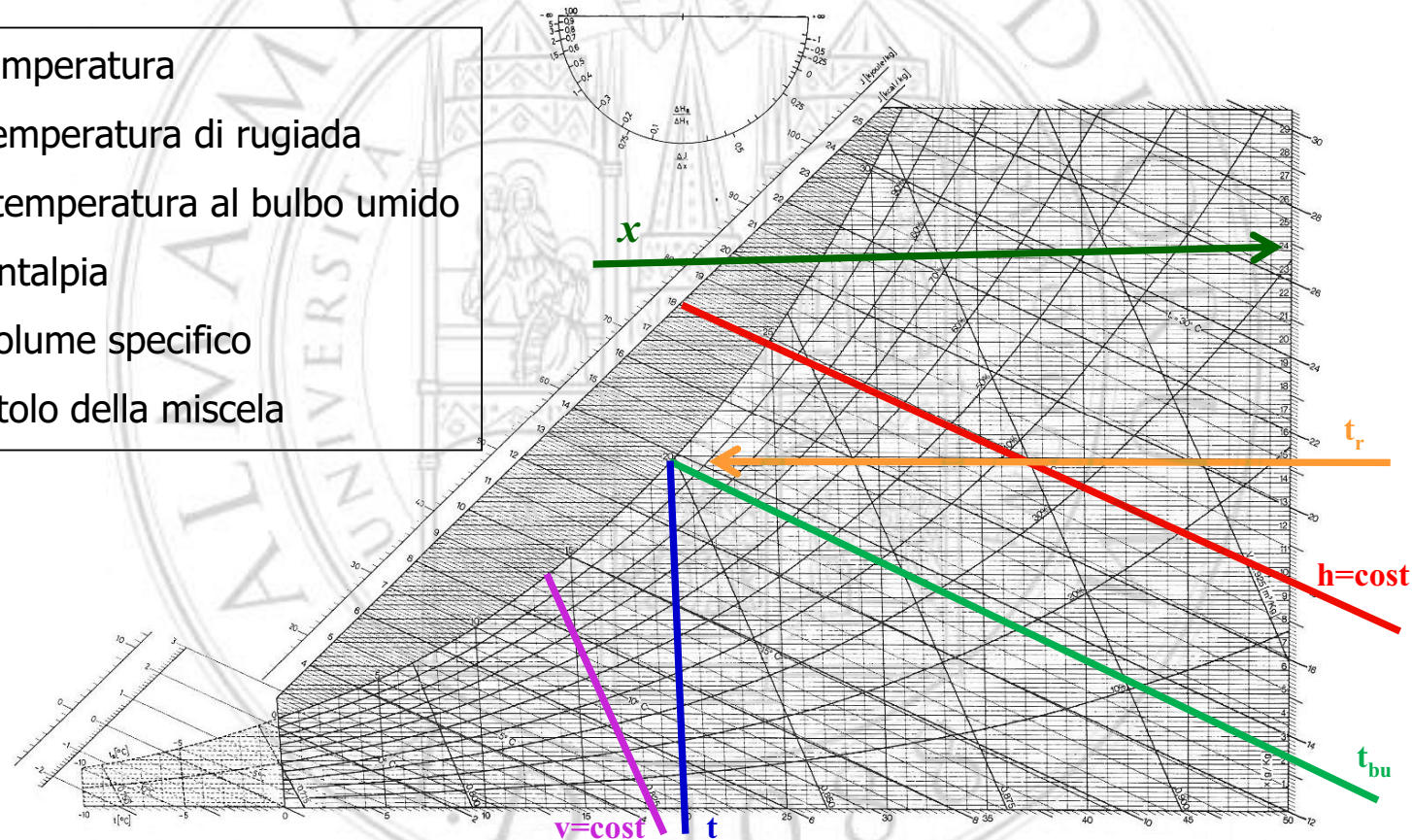
$t_r$  = temperatura di rugiada

$t_{bu}$  = temperatura al bulbo umido

$h$  = entalpia

$v$  = volume specifico

$x$  = titolo della miscela



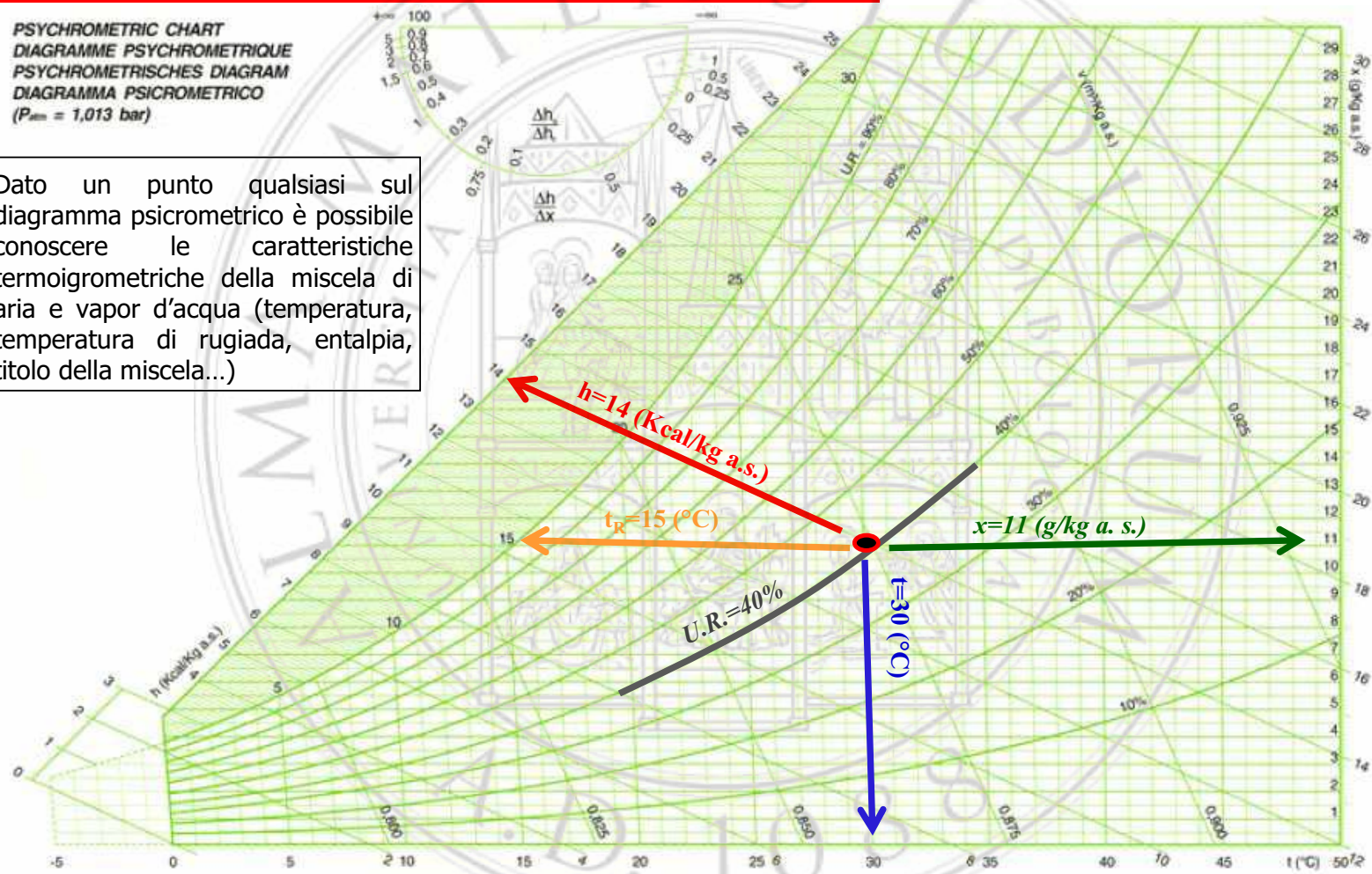
**NB:** Le linee delle temperature a bulbo umido e dell'entalpia costante sono pressochè parallele

4

## Miscela aria-vapor d'acqua: richiami teorici

PSYCHROMETRIC CHART  
DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE  
PSYCHROMETRISCHES DIAGRAMM  
DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
( $P_m = 1,013 \text{ bar}$ )

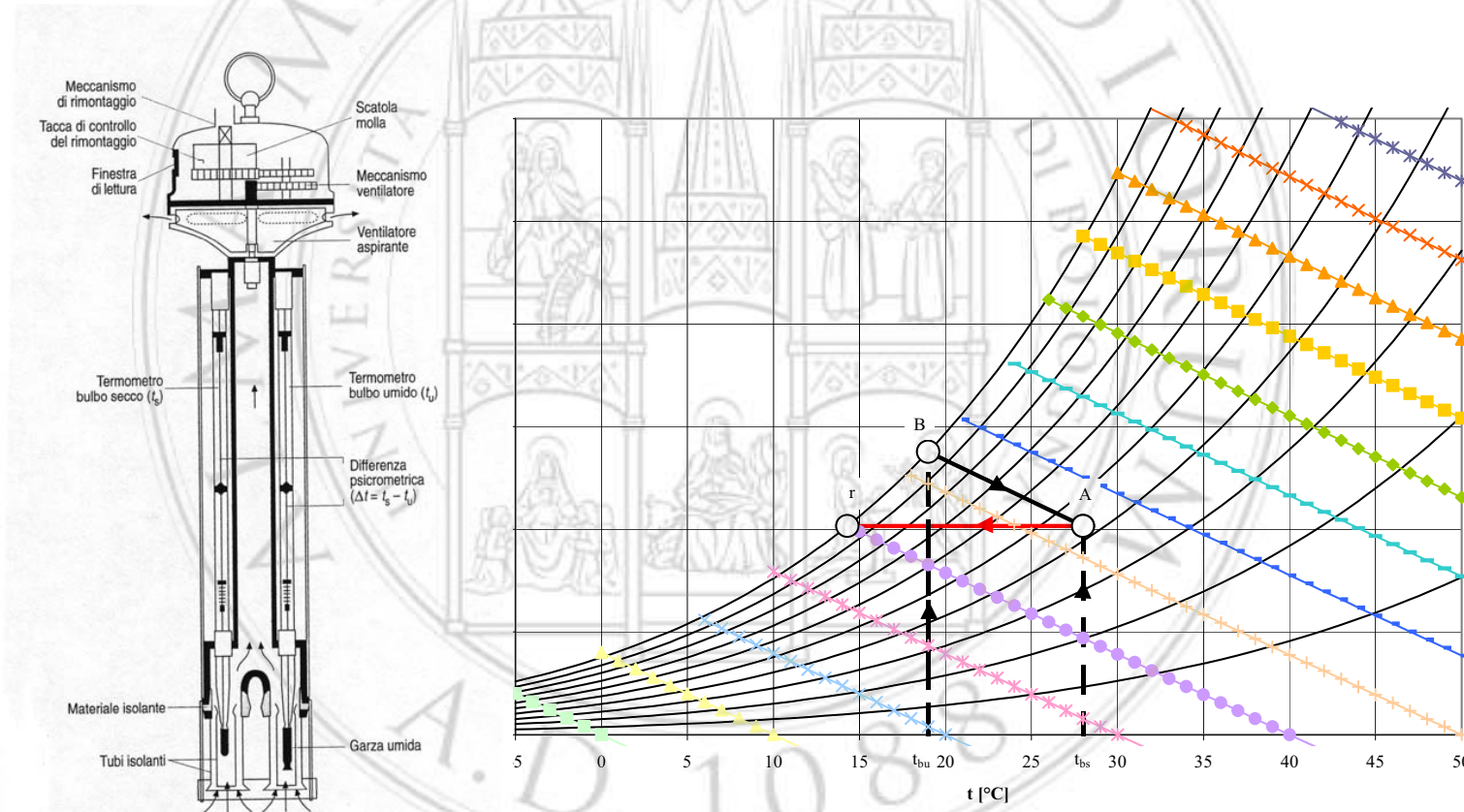
Dato un punto qualsiasi sul diagramma psicrometrico è possibile conoscere le caratteristiche termoigrometriche della miscela di aria e vapor d'acqua (temperatura, temperatura di rugiada, entalpia, titolo della miscela...)



5

## Miscela aria-vapor d'acqua: misura del grado igrometrico

### Psicrometro di Assmann



6

## Miscela aria-vapor d'acqua: misura del grado igrometrico

### *Esercizio - Psicrometro di Assmann*

In una stanza viene effettuata una misura della temperatura di bulbo secco e della temperatura di bulbo umido mediante uno psicrometro; i valori trovati sono i seguenti:

$$t_{bs} = 28^\circ\text{C} \text{ e } t_{bu} = 19^\circ\text{C}$$

Calcolare l'entalpia specifica dell'aria umida della stanza, il titolo, il grado igrometrico e la temperatura di rugiada ( $p_{tot} = 101350 \text{ Pa}$ ).

Il titolo dell'aria in condizioni di saturazione alla temperatura del bulbo umido (stato B):

$$x_B = 0,622 \frac{p_{v,sat}(t_{bu})}{p_{tot} - p_{v,sat}(t_{bu})} = 0,0138 \left( \frac{\text{kg}_v}{\text{kg}_a} \right)$$



## Miscela aria-vapor d'acqua: misura del grado igrometrico

con  $p_{v,sat}(t_{bu} = 19^\circ C) = 2,196 \text{ (kPa)}$

L'entalpia dell'aria umida alla temperatura di bulbo umido e in condizione di saturazione:

$$h_B = h_A = t_{bu} + x_B(1,9t_{bu} + 2500) = 53,94 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_a} \right)$$

Il titolo dell'aria contenuta nella stanza vale:

$$x_A = \frac{h_A - t_{bs}}{2500 + 1,9t_{bs}} = 0,0102 \left( \frac{\text{kg}_v}{\text{kg}_a} \right)$$

## Miscela aria-vapor d'acqua: misura del grado igrometrico

Il grado igrometrico si ricava da:

$$\varphi_A = \frac{x_A p_{tot}}{p_{v,sat}(t_{bs})(x_A + 0,622)} = 0,43$$

La temperatura di rugiada associata all'aria della stanza si calcola considerando una trasformazione a  $x=\text{cost}$  da A alla curva di saturazione (linea Ar); la  $p_{v,sat}$  in funzione della  $t_r$ :

$$p_{v,sat}(t_r) = \frac{x_A p_{tot}}{x_A + 0,622} = 1,629 \quad (\text{kPa})$$

Da  $p_{v,sat}$  si ricava la corrispondente  $t_r$ :

$$t_r = \frac{4030,183}{16,6536 - \ln(p_{v,sat})} - 235 = 14,3 \quad (^\circ\text{C})$$

## Miscela aria-vapor d'acqua: misura del grado igrometrico

