

Es.0A – diagramma psicrometrico di mollier (vedi APPENDICE N°1)

Per una massa d'aria determinare il punto rappresentativo sul diagramma igrometrico, nota una coppia di grandezze igrometriche:

Urel% e Tbulbo umido → A	Trug. e Tb.u. → B	Trug. e U% → C	Tb.u. e Tb.secco → D	Tb.u. e Uassol. → E

Es.1

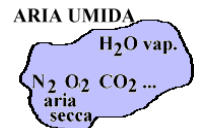
Data una massa d'aria con le seguenti caratteristiche: $T=25^{\circ}\text{C}$, $p_{\text{TOT}}=1,033 \text{ ata}$, $p_{\text{VAP}}=0,0204 \text{ ata}$, $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}}=0,031 \text{ ata}$; determinare l'umidità assoluta, a saturazione, relativa.

Soluzione: (con $p_{\text{H}_2\text{O}}=p_{\text{VAP}}$ =pressione parziale vapor d'acqua; $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}}$ = tensione di vap. acqua pura)

→ $U_A = 18 p_{\text{H}_2\text{O}} / (29,3(p - p_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,012 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$

→ $U_S = 18 p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}} / (29,3(p - p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,019 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$

→ $U_{\text{REL}} = p_{\text{H}_2\text{O}} (p - p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}}) / (p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}} (p - p_{\text{H}_2\text{O}})) \times 100 = 63,15\%$



Es.2

Data una massa d'aria con le seguenti caratteristiche: $T=20^{\circ}$; $p_{\text{TOT}}=1,033 \text{ ata}$; $U_{\text{rel}}=70\%$; determinare l'umidità assoluta, a saturazione.

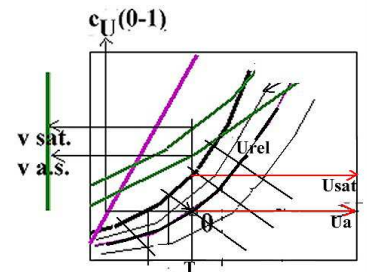
Soluzione: (con $p_{\text{H}_2\text{O}}=p_{\text{VAP}}$ =pressione parziale vapor d'acqua; $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}}$ = tensione di vap. acqua pura)

a) Dalle tab vapor saturo (vedi appendici):

→ $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}} = 0,024 \text{ ata}$;

→ $U_S = 18 p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}} / (29,3(p - p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,0147 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$; → $U_A = U_{\text{rel}} \times U_{\text{sat}} / 100 = 0,010 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$

b) dal diagr. Mollier: noto il p.to (0) → U_{sat} ; $U_{\text{assol.}}$

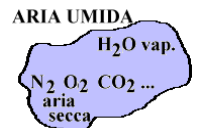


Es.3

Data una massa d'aria con le seguenti caratteristiche: $p_{\text{TOT}}=1,033 \text{ ata}$; $U_{\text{assol.}}=0,015 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$; determinare p_{VAP} =pressione parziale vapor d'acqua.

Soluzione: (con $p_{\text{H}_2\text{O}}=p_{\text{VAP}}$ =pressione parziale vapor d'acqua; $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}}$ = tensione di vap. acqua pura)

$U_A = 18 p_{\text{H}_2\text{O}} / (29,3(p - p_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,015 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$; → $p_{\text{VAP}} = U_a \times 29,3 \times 1,033 / (18 + U_a \times 29,3) = 0,0238 \text{ ata}$.



Es.4

Data una massa d'aria con le seguenti caratteristiche: $T=20^{\circ}$; $p_{\text{TOT}}=1,033 \text{ ata}$; $p_{\text{VAP}}=0,0245 \text{ ata}$; determinare $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}}$, l'umidità assoluta, a saturazione, relativa.

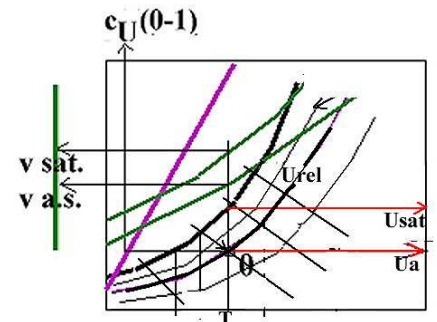
Soluzione: (con $p_{\text{H}_2\text{O}}=p_{\text{VAP}}$ =pressione parziale vapor d'acqua; $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}}$ = tensione di vap. acqua pura)

Dalle tab vapor saturo: $p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}} = 0,025 \text{ ata}$;

→ $U_A = 18 p_{\text{H}_2\text{O}} / (29,3(p - p_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,0149 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$;

→ $U_S = 18 p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}} / (29,3(p - p^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,0152 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg}_{\text{a.s.}}$

→ $U_{\text{REL}} = U_a \times 100 / U_{\text{sat}} = 98\%$



Es.5

Data una massa d'aria con le seguenti caratteristiche: $T=35^{\circ}$; $p_{\text{TOT}}=1,033 \text{ ata}$; $U_{\text{rel}}=30\%$; determinare volume umido.

Soluzione: (con $V_{\text{a.s.}}$ =volume specif. Aria secca, V_{sat} =volume specif. aria a saturazione)

vol. specifico umido → $V_U = V_{\text{a.s.}} + (V_{\text{sat}} - V_{\text{a.s.}}) \times U_{\text{rel}} \text{ (m}^3/\text{Kg a.s.)}$

a) dal diagr: p.to(0) → $V_{\text{a.s.}}=0,87$; $V_{\text{sat}}=0,93 \text{ m}^3/\text{Kg a.s.}$; → $V_U = 0,888 \text{ m}^3/\text{Kg a.s.}$;

$U_{\text{assol.}}=0,011 \text{ Kg/Kg}$

b) → $V_U = V_{\text{A.S.}} + V_{\text{VAP}} = 22,4 (1+T/273) (1/29,3 + U_A/18) = 0,888 \text{ m}^3/\text{Kg a.s.}$

Es.6

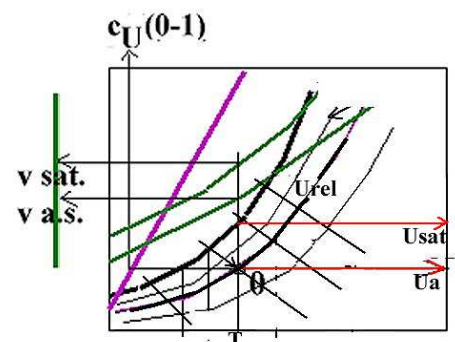
Data una massa d'aria con le seguenti caratteristiche: $T=28^{\circ}$; $p_{\text{TOT}}=1,033 \text{ ata}$; $U_{\text{assol.}}=0,01 \text{ Kg/Kg}$ determinare volume umido.

Soluzione: (con $V_{\text{a.s.}}$ =volume specif. Aria secca, V_{sat} =volume specif. aria a saturazione)

vol. specifico umido → $V_U = V_{\text{a.s.}} + (V_{\text{sat}} - V_{\text{a.s.}}) \times U_{\text{rel}} \text{ (m}^3/\text{Kg a.s.)}$

a) dal diagr: p.to(0) → $U_{\text{rel}}=40\%$; → $V_{\text{a.s.}}=0,85$; $V_{\text{sat}}=0,88 \text{ m}^3/\text{Kg a.s.}$; → $V_U = 0,86 \text{ m}^3/\text{Kg a.s.}$;

b) → $V_U = V_{\text{A.S.}} + V_{\text{VAP}} = 22,4 (1+T/273) (1/29,3 + U_A/18) = 0,86 \text{ m}^3/\text{Kg a.s.}$



Es.7

Data una massa d'aria umida con le seguenti caratteristiche: $T=60^{\circ}$; $p_{TOT}=1,033$ ata; $U_{rel}=60\%$; determinare l'entalpia dell'aria.

Soluzione: (noto $C_{p_{as}} = 0,238$ Kcal/Kg as. $^{\circ}$ C; $C_{p_{vap}} = 0,48$ Kcal/Kg vap. $^{\circ}$ C)

dalle tab vapor saturo $\lambda_{EVAP} = H_{evap} = 597,6$ Kcal/Kg a 0° C; dal diagr. $\rightarrow U_{assol} = 0,09$ Kg/Kg

$\rightarrow H_U = H_{A.S.} + H_{VAP}$ $U_A = C_{pA.S.} T + (\lambda_{EVAP} + C_{pVAP} T) U_A = 70,7$ Kcal/Kg

Es.8

Data una massa d'aria umida con le seguenti caratteristiche: $T=27^{\circ}$; $p_{TOT}=1,033$ ata; $U_{rel}=50\%$; determinare le grandezze igrometriche.

Soluzione:

dal diagramma si ottiene: $\rightarrow U_{ass} = 0,011$ Kg/Kg; $T_{bu} = 20^{\circ}$ C; $T_{rug} = 15^{\circ}$ C; $c_U = 0,242$ Kcal /Kg a.s..

Es.9

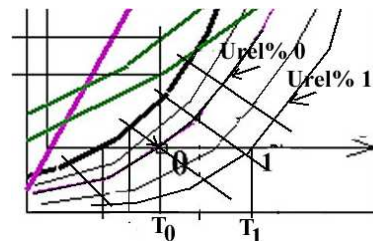
Data una massa d'aria umida con le seguenti caratteristiche:

p.to(0): $T=26^{\circ}$; $p_{TOT}=1,033$ ata; $U_{rel}=80\%$; con un phon si manda aria fino a p.to (1): $T=60^{\circ}$ C

determinare l'umidità relativa finale.

Soluzione:

dal diagramma si ottiene: $\rightarrow U_{rel}$ finale (1) = 12%; $U_{ass} = 0,017$ Kg/Kg



Es.10

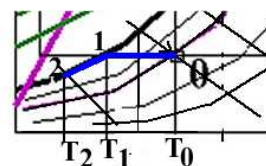
Data una massa d'aria umida con le seguenti caratteristiche:

p.to(0): $T=28^{\circ}$; $p_{TOT}=1,033$ ata; $U_{ass} = 0,02$ Kg/Kg; ad una parete fredda (finestra) si ha una temperatura

$T=12^{\circ}$ C p.to (2); determinare se si ha condensa.

Soluzione:

dal diagramma si ottiene: \rightarrow (1) $T_{rug} = 25^{\circ}$ C. quindi a $T=12^{\circ}$ si ha condensa.



Es.10

Data una massa d'aria umida con le seguenti caratteristiche:

portata di Aria Secca $G_{a.s.} = 10000$ Kg/h al p.to(0): $T=30^{\circ}$; $p_{TOT}=1,033$ ata; $U_{rel}=60\%$;

si raffredda l'aria fino a p.to (1): $T=20^{\circ}$ C; $U_{rel}=90\%$;

determinare la quantità di acqua e di calore asportata (raffreddamento adiabatico).

Soluzione:

dal diagramma si ottiene: $\rightarrow U_0 = 0,017$ Kg/Kg; $U_1 = 0,013$ Kg/Kg;

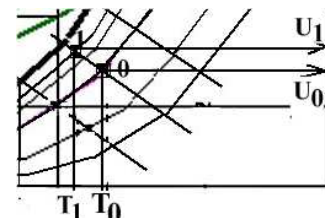
acqua asportata $G_{H_2O} = G_{a.s.} \times (U_0 - U_1) = 40$ Kg/h;

calore asportato $En(0-1) = G_{a.s.} \times (H_0 - H_1)$;

$H_0 = C_{pA.S.} T + (\lambda_{EVAP} + C_{pVAP} T) U_A = 17,54$ Kcal/Kg; $H_1 = C_{pA.S.} T + (\lambda_{EVAP} + C_{pVAP} T) U_A = 12,65$ Kcal/Kg;

($C_{p_{as}} = 0,238$ Kcal/Kg as. $^{\circ}$ C; $C_{p_{vap}} = 0,48$ Kcal/Kg vap. $^{\circ}$ C; $\lambda_{EVAP} = H_{evap} = 597,6$ Kcal/Kg a 0° C)

$\rightarrow En(0-1) = 48900$ Kcal/h



Es.11

Data una massa d'aria umida in un ambiente chiuso con le seguenti caratteristiche:

p.to (0): $U_{rel}=60\%$; $T=19^{\circ}$ C; $p_{TOT}=1,033$ ata; determinare la pressione parziale del vap.acqua p_{VAP} e le grand.igrom. H_a .umida e c_{UM} .

Soluzione:

dalle Tabelle aria/vapore a 19° : $p^{\circ}_{H_2O} = 0,022$ ata;

$\rightarrow U_{sat} = 18 p^{\circ}_{H_2O} / (29,3(p - p^{\circ}_{H_2O})) = 0,0134$ Kg H_2O /Kg $a.s.$;

$\rightarrow U_A = U_{rel} \times U_{sat} / 100 = 0,008$ Kg H_2O /Kg $a.s.$; $\rightarrow p_{VAP} = U_A \times 29,3 \times 1,033 / (18 + U_A \times 29,3) = 0,0133$ ata;

(N.B. $\lambda_{EVAP} = H_{evap} = 597,6$ Kcal/Kg a 0° C) $\rightarrow H_{au} = C_{pA.S.} T + (\lambda_{EVAP} + C_{pVAP} T) U_A = 9,37$ Kcal/Kg

$\rightarrow c_{pU} = C_{pA.S.} + C_{pVAP}$ $U_A = 0,242$ Kcal /Kg a.s.

Es.0B – diagramma psicrometrico di ASHRAE / CARRIER

per il punto A sono determinate le grandezze igrometriche:

T bulbo secco

T bulbo umido

T rugiada

U assoluta

U relativa

U saturazione

vol. umido

entalpia H

Es.12

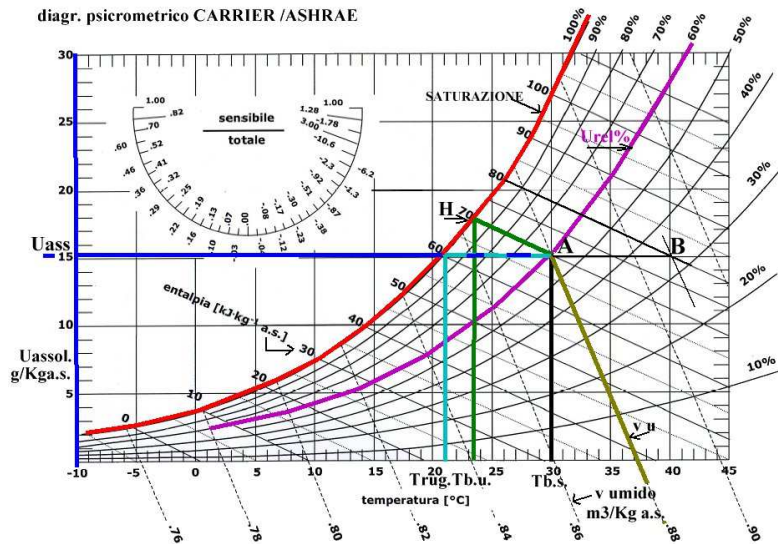
Calcolare la quantità di calore ceduto da 1000Kg/h a.s., da

$T=30^{\circ}$ a $T=40^{\circ}$ C;

Soluzione:

$H = A.S. \times (H_B - H_A) = 1000 (80-70) = 10000$ KJ/h

diagr. psicrometrico CARRIER /ASHRAE



1) TABELLA AQUA/VAPORE A SATURAZIONE

Temp. T °C	Press. sat. p_{sat} kPa	Volume specifico m ³ /kg		Entalpia kJ/kg		
		Liquido sat. v_l	Vapore sat. v_v	Liquido sat. h_l	Evap. h_{lv}	Vapore sat. h_v
0.01	0.6113	0.001000	206.14	0.01	2501.3	2501.4
5	0.8721	0.001000	147.12	20.98	2489.6	2510.6
10	1.2276	0.001000	106.38	42.01	2477.7	2519.8
15	1.7051	0.001001	77.93	62.99	2465.9	2528.9
20	2.339	0.001002	57.79	83.96	2454.1	2538.1
25	3.169	0.001003	43.36	104.89	2442.3	2547.2
30	4.246	0.001004	32.89	125.79	2430.5	2556.3
35	5.628	0.001006	25.22	146.68	2418.6	2565.3
40	7.384	0.001008	19.52	167.57	2406.7	2574.3
45	9.593	0.001010	15.26	188.45	2394.8	2583.2
50	12.349	0.001012	12.03	209.33	2382.7	2592.1
55	15.758	0.001015	9.568	230.23	2370.7	2600.9
60	19.940	0.001017	7.671	251.13	2358.5	2609.6
65	25.03	0.001020	6.197	272.06	2346.2	2618.3
70	31.19	0.001023	5.042	292.98	2333.8	2626.8
75	38.58	0.001026	4.131	313.93	2321.4	2635.3
80	47.39	0.001029	3.407	334.91	2308.8	2643.7
85	57.83	0.001033	2.828	355.90	2296.0	2651.9
90	70.14	0.001036	2.361	376.92	2283.2	2660.1
95	84.55	0.001040	1.982	397.96	2270.2	2668.1