CORSO DI LAUREA S/S

DATA 13/09/2012

Es n° 1

	T °C	p KPa	h KJ/Kg	s KJ/(Kg K)	X
1	45,81	10	191,83	0,6493	0
2	≃ 45,81	15000	206,97	0,6493	<0
3	342,24	15000	1610,5	3,6848	0
4	342,24	15000	2610,5	5,3098	1
5	500	15000	3308,6	6,3443	>1
6	45,81	10	2008,02	6,3443	0,759

$v_1 = 0{,}001010$ $\quad s_{vap\,1} = 8{,}1502$

$$h_2 = \Delta p\, v_1 + h_1 = 206{,}97 \text{ KJ/Kg}$$

$$X_6 = \frac{s_6 - s_1}{s_{vap} - s_1} = 0{,}759$$

$$h_6 = X(h_v - h_l) + h_l = 0{,}759(2584{,}7 - 191{,}83) + 191{,}83 = 2008{,}02 \text{ KJ/Kg}$$

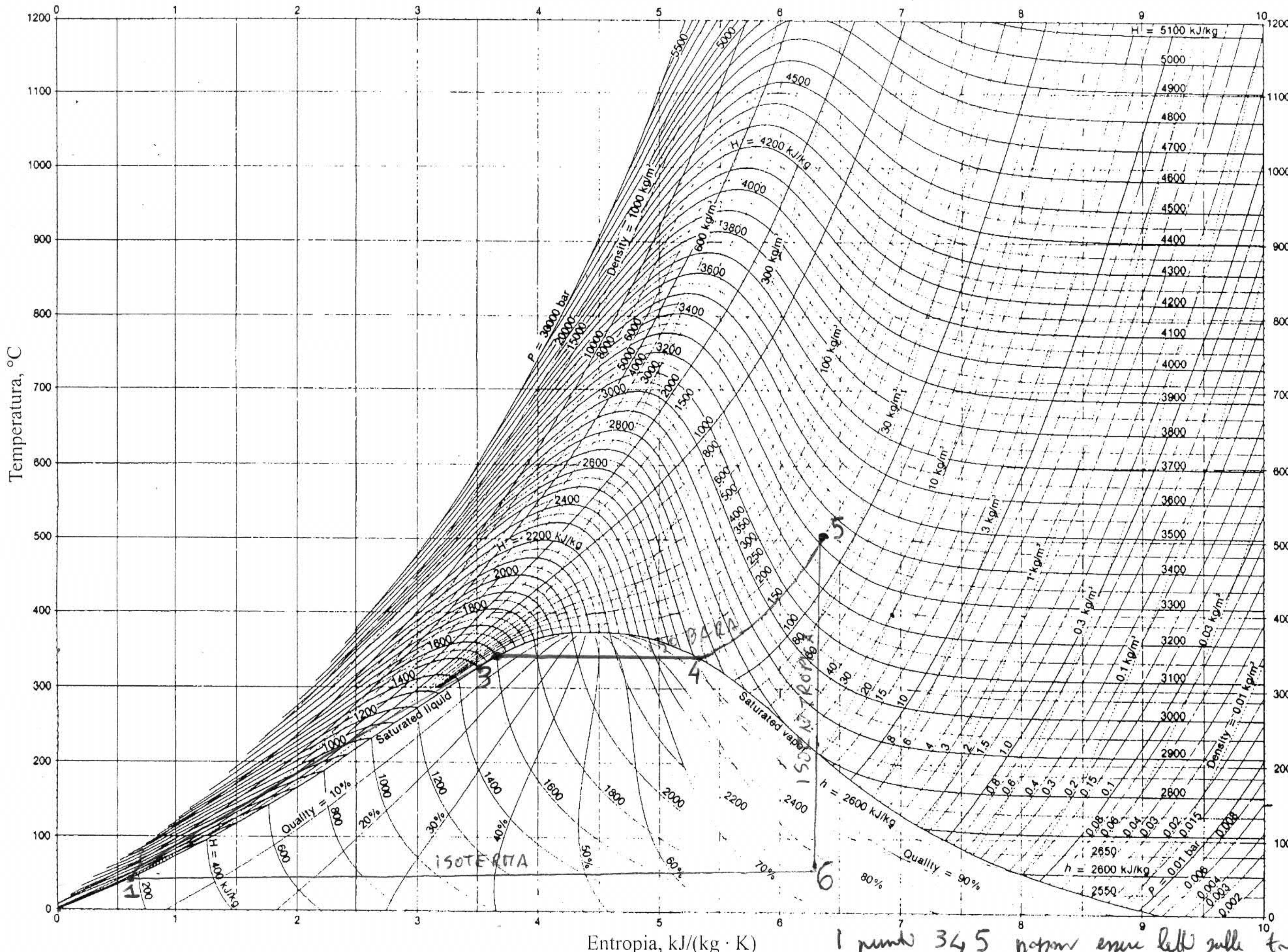
$$\eta_I = \frac{|\Delta h_{12}| - |\Delta h_{56}|}{|\Delta h_{25}|} = 0{,}41 \Rightarrow 41\%$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_1}{T_5} = 0{,}59 \Rightarrow 59\%$$

$$\eta_{II} = \frac{\eta_I}{\eta_{II}} = 0{,}69 \Rightarrow 69\%$$

$$\eta_I = \frac{l_{out}}{q_{in}}$$

si ha un idea del funzionamento della macchina termodinamica con rapporto tra il calore fornito e il lavoro in uscita dalla macchina.

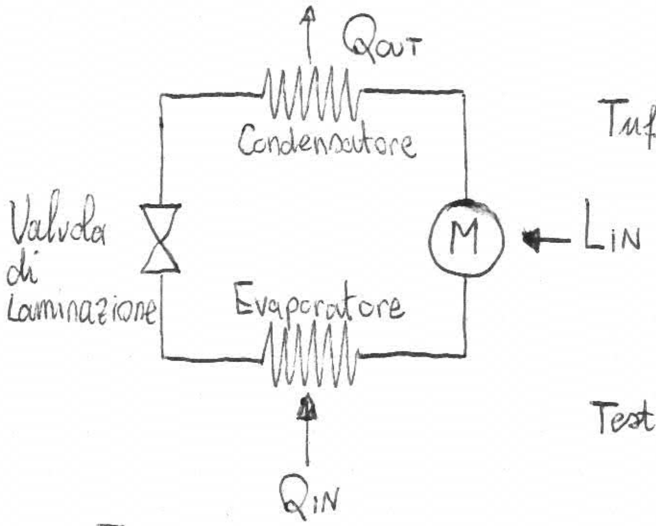


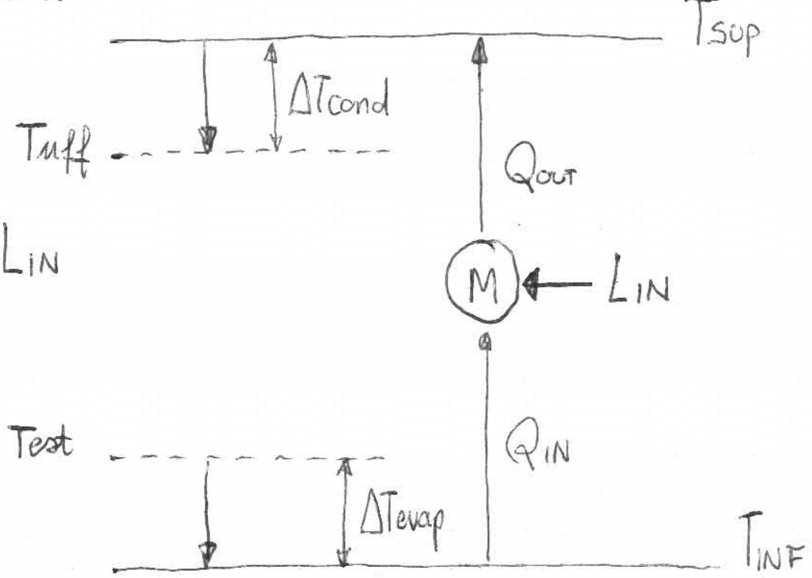
I punti 3 4 5 possono essere letti sulle tabelle per quanto riguarda T, P, h, s ~~[illegible]~~)

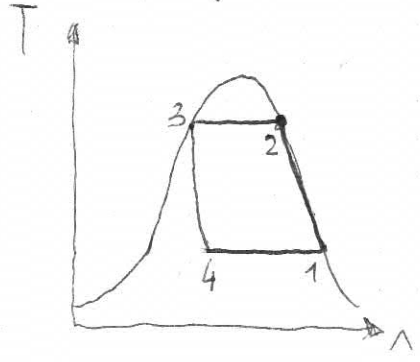
2) $T_{uff} = 21°\,C$ $\quad \Delta T_{cond} = 12°\,C$

3/3 $T_{est} = 5°\,C$ $\quad \Delta T_{ev} = 4°\,C$

$eff = 60\,\%$ $\quad L_{IN} = 500\,W$







$$COP_{id} = \frac{T_{sup}}{\Delta T} = \frac{306}{306-274} = 9,56$$

$T_{sup} = T_{uff} + \Delta T_{cond} = 21 + 12 = 33°C = 306\ K$

$T_{inf} = T_{est} - \Delta T_{evap} = 5 - 4 = 1°C = 274\ K$

$COP_{re} = COP_{id} \cdot eff = 9,56 \cdot 0,6 = 5,74$

$Q_{sup} = Q_{OUT} = COP_{re} * L_{IN} = 2870\ W$

$Q_{INF} = Q_{IN} = Q_{SUP} - L_{IN} = 2370\ W$

Funzionamento: il liquido refrigerante è tenuto a una $T < T_{est}$; la T_{est} scalda il liquido (Q_{IN}) che viene poi fatto condensare nel condensatore nel quale cede calore (Q_{OUT}) all'ambiente da scaldare.

3) 5/5

$T_A = 12°C$	$T_P = 25°C$	$T_m = 18,18\ °C$
$UR_A = 60\%$	$UR_{P\%} = 70\%$	$UR_m = 73\%$
$P_{sat\,A} = 1418,6\ Pa$	$P_{sat\,P} = 3169\ Pa$	$P_{sat\,m} = 1540,1\ Pa$
$P_{vap\,A} = 851,16\ Pa$	$P_{vap\,P} = 2218,3\ Pa$	$P_{vap\,m} = 2108,26\ Pa$
$X_A = 0,0053$	$X_P = 0,014$	$X_m = 0,0096$
$h_A = 25,32\ KJ/Kg$	$h_P = 59,89\ KJ/Kg$	$h_m = 42,605\ KJ/Kg$

Tabella in Temperatura

$T_A = 12°C \rightarrow$ interpolazione $\quad P_{sat\,A} = \left(\frac{12-10}{15-10}\right) \cdot (1705,1 - 1227,6) + 1227,6$

$= 1418,6\ Pa$

$T_P = 25°C \quad P_{sat\,P} = 3169\ Pa$

$P_{vap} = P_{sat} \cdot UR_{\%} \quad P_{vap\,A} = 1418,6 \cdot 0,6 = 851,16\ Pa$

$P_{vap\,P} = 3169 \cdot 0,7 = 2218,3\ Pa$

$$X_A = 0,622 \cdot \frac{P_{vap\,A}}{101325 - P_{vap\,A}} = 0,622 \cdot \frac{851,16}{101325 - 851,16} = 0,0053$$

$$X_P = 0,622 \cdot \frac{P_{vap\,P}}{101325 - P_{vap\,P}} = 0,622\ \frac{2218,3}{101325 - 2218,3} = 0,0139$$

Siccome $m_A = m_P \Rightarrow X_m = \frac{X_A + X_P}{2} = \frac{0{,}0053 + 0{,}0139}{2} = 0{,}0096$

$h_A = 1{,}005 \cdot 12 + 0{,}0053 \left(2501{,}3 + 1{,}82 \cdot 0{,}0053\right) = 25{,}32 \quad KJ/Kg$

$h_P = 1{,}005 \cdot 25 + 0{,}0139 \left(2501{,}3 + 1{,}82 \cdot 0{,}0139\right) = 59{,}89 \quad KJ/Kg$

$h_m = \frac{h_A + h_P}{2} = \frac{25{,}32 + 59{,}89}{2} = 42{,}605 \quad KJ/Kg$

siccome $m_A = m_P$

$T_m = \frac{h_m - 2501{,}3 \cdot X_m}{1{,}005 + 1{,}82\, X_m} = \frac{42{,}605 - 0{,}0096 \cdot 2501{,}3}{1{,}005 + 1{,}82 \cdot 0{,}0096} = 18{,}18\ °C$

$P_{vap\,m} = \frac{101325 \cdot X_m}{0{,}622 + X_m} = \frac{101325 \cdot 0{,}0096}{0{,}622 + 0{,}0096} = 1540{,}1 \ Pa$

$P_{sat\,m} = \left(\frac{18{,}18 - 15}{20 - 15}\right) \cdot (2339 - 1705{,}1) + 1705{,}1 = 2108{,}26 \ Pa$

$UR_m = \frac{P_{vap\,m}}{P_{sat\,m}} = \frac{1540{,}1}{2108{,}26} = 0{,}73 \qquad UR_m\% = 73\%$

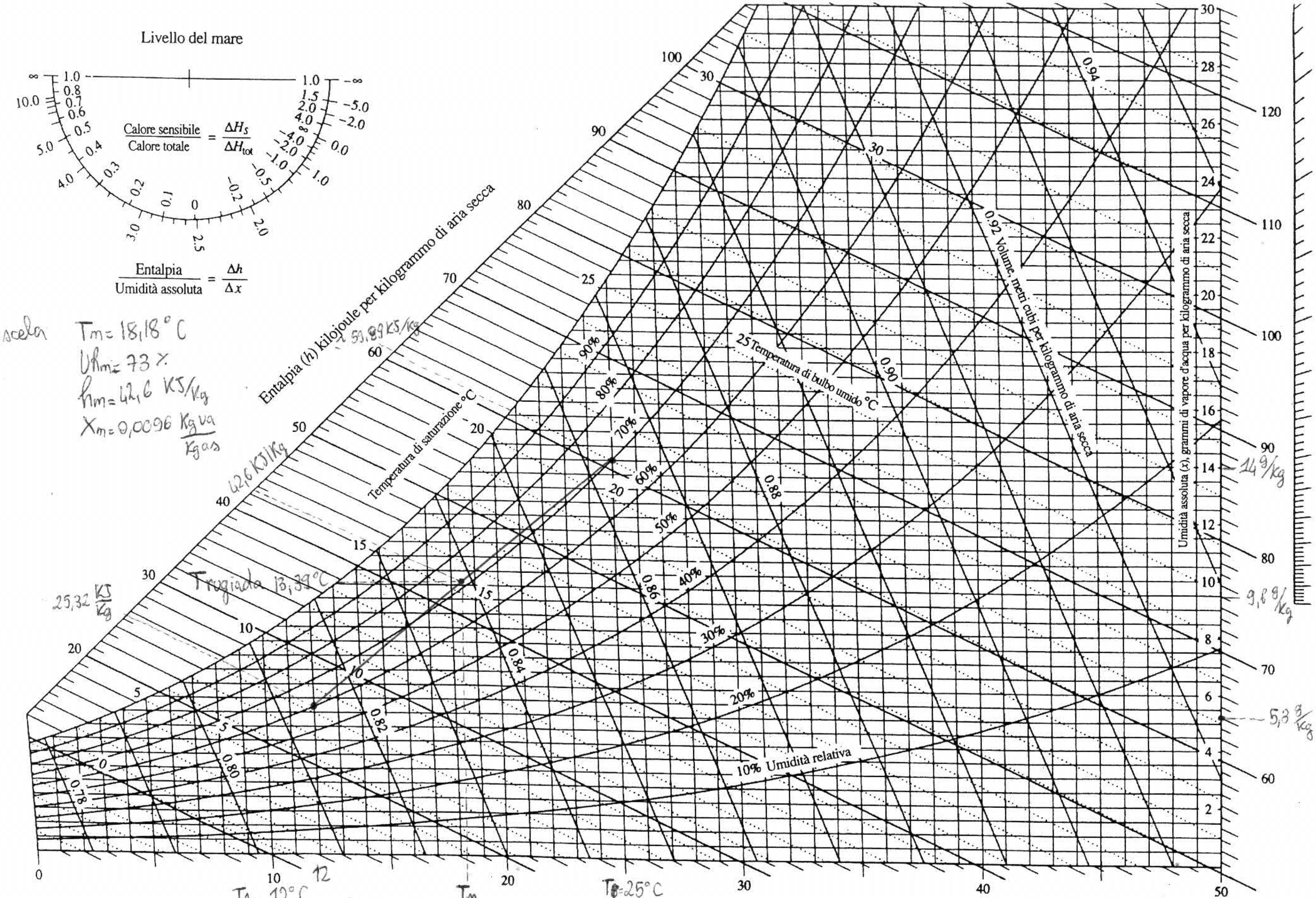
Trugiada : Tab Pressione

P [Pa]	T [°C]
1500	13,03
1540,1	
2000	17,5

$T_{rugiada} = \left(\frac{1540{,}1 - 1500}{2000 - 1500}\right) \cdot (17{,}5 - 13{,}03) + 13{,}03 = 13{,}39 \ °C$

Non vi sarà formazione di nuvole perchè $T_{miscela} > T_{rugiada}$

Per $T < T_{rugiada}$ vi sarà formazione di nuvole



Miscela $T_m = 18{,}18\,°C$

$Ur_m = 73\,\%$

$h_m = 42{,}6$ KJ/Kg

$X_m = 0{,}0096 \frac{Kg\,va}{Kg\,as}$

$T_A = 12\,°C$

$X_A = 0{,}0053 \frac{Kg\ vap\ acqua}{Kg\ aria\ secca}$

$h_A = 25{,}32$ KJ/Kg

$X_P = 0{,}014 \frac{Kg\,va}{Kg\,as}$

$h_P = 59{,}89$ KJ/Kg

CORSO DI LAUREA | DATA

4) $V_1 = 10$ litri N_2 (Gas perfetto $M_m = 28{,}01$ Kg/Kmol)

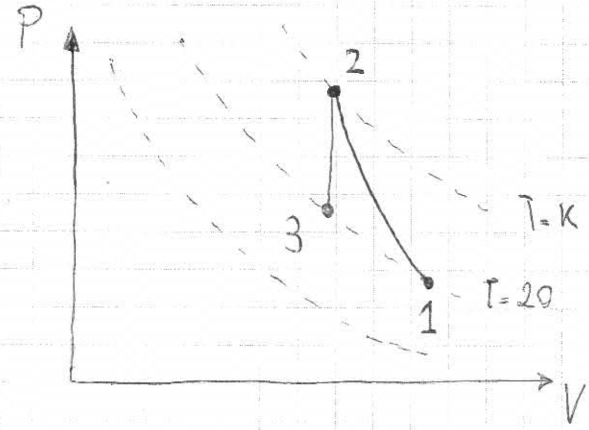
3/4 $P_1 = 5$ bar

$T_1 =$ ambiente $= 20\,°C$

$V_2 = \frac{V_1}{2} = 5$ litri

$V_3 = V_2 = 5$ litri

$T_3 =$ ambiente $= 20\,°C$



$PV = mRT$ $R = \frac{8314}{28{,}01} = 296{,}82$ J/Kg

$$\frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{P_2 V_2}{RT_2} = \frac{P_3 V_3}{RT_3}$$

$P_1 V_1 = P_3 V_3$

$5 \cdot 10^5 \cdot 0{,}01 = P_3\, 0{,}005$

$P_3 = 5 \cdot 10^5 \cdot \frac{0{,}01}{0{,}005} = 10 \cdot 10^5$ Pa

Compressione reversibile : $\Delta S = 0$

$$\Delta S = m\left(C_p \ln\left(T_2/T_1\right) - R \ln\left(V_2/V_1\right)\right)$$

$$C_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

è più veloce usare le relazioni dell'isoentropica

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}$$

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{R}{C_p} \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -0{,}277$$

$$T_2 = T_1 \cdot e^{-(-0{,}277)} = 386\ K$$

(?)

$$\Delta S_{23} = m\, C_V \ln \frac{T_3}{T_2} = \underbrace{0{,}0575}_{[\cancel{Kg}]} \cdot \cancel{\tfrac{7}{2}}\,\tfrac{5}{2} \underbrace{296{,}82}_{\left[\frac{J}{\cancel{Kg}\,K}\right]} \cdot \ln \frac{293}{386} = \cancel{-16{,}5 \frac{J}{Kg\,K}}$$

$$= -11.8\ [J/K]$$

$PV = mRT$

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 0{,}01}{296{,}82 \cdot 293} = 0{,}0575\ Kg$$

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{mR} = 293\ K$$

$$\Delta U_{23} = Q_{23} \qquad L_{23} = 0$$

$$Q_{23} = m\, C_V\, \Delta T = 0{,}0575 \cdot \cancel{\tfrac{7}{2}}\,\tfrac{5}{2} \cdot 296{,}82 \cdot (293 - 386) = -3994$$

Notare $T_3 = T_1 \rightarrow U_3 = U_1$

$$Q_{in} - L_{out} = \Delta U$$

$$Q_{13} - L_{13} = \Delta U_{1-3}$$

$$(\underbrace{\cancel{Q_{12}}}_{=0} + Q_{23}) - (L_{12} + \underbrace{\cancel{L_{23}}}_{=0}) = \Delta U_{1-3}$$

$$Q_{23} - L_{12} = 0$$

$$Q_{23} = L_{12}$$

$$L_{12\,OUT} = -3994 \Rightarrow L_{12\,in} = 3994$$

$$\Delta S_{AMB} = \frac{Q_{iN-AMB}}{T_{AMB}} = \frac{3994}{293} = 13.63$$

$$\Delta S_{TOT} = \Delta S_{gas} + \Delta S_{Amb} = 13.63 - 11.8 = 1.80\ J/K$$

CORSO DI LAUREA | DATA

Es n° 5 5/4 Ipotizzo Area del vetro 1 · 1 m^2

Vetro

$\lambda_v = 1{,}4\ W/mK$

$S_v = 4\ mm$

Aria

$\lambda_a = 0{,}0253\ W/mK$

$S_a = 16\ mm$

Interno

$T_{int} = 20°C$

$h_{int} = 8\ W/m^2K$

Esterno

$T_{est} = -8°C$

$h_{est} = 17\ W/m^2K$

$$R_{vetro} = \frac{L}{\lambda A} = 0{,}002857\ K/W \quad \frac{m}{W/K \cdot m}$$

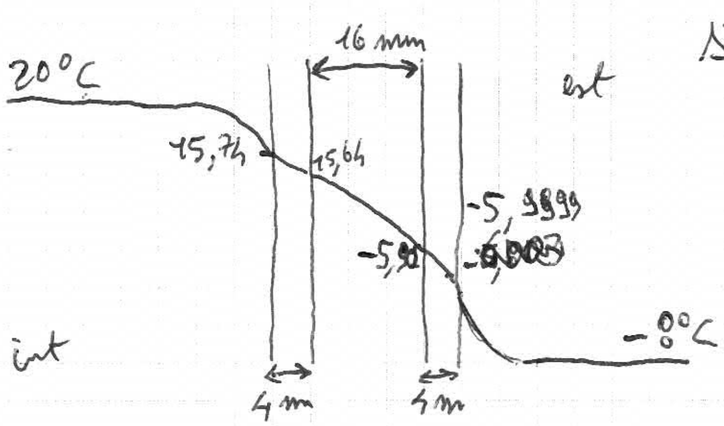
$$R_{aria} = \frac{L}{\lambda A} = 0{,}6324\ K/W$$

$$R_{int} = \frac{1}{hA} = 0{,}125\ K/W$$

$$R_{est} = \frac{1}{hA} = 0{,}0588\ K/W$$

$R_{TOT} = 2R_v + R_A + R_i + R_{est} = 0{,}8219$

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R_{TOT}} = \frac{28}{R_{TOT}} = 34{,}07\ W$$



$\Delta T_h = \Delta T_1 = 4{,}25875$

$\Delta T_2 = 0{,}09734$

$\Delta T_3 = 21{,}5459$

$\Delta T_5 = 2{,}0001$

5) $T_i = 20°C = 293 \text{ K}$ 4.5/5

$h = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\rho = 648 \text{ Kg/m}^3$ $\alpha = 1{,}43 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

$C_p = 4184 \text{ J/mK}$

$\lambda = 0{,}599 \text{ W/mK}$

$$\theta_{(x=0)} = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \frac{0-(-15)}{20-(-15)} = 0{,}428$$

$$\xi = \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \Rightarrow x = \xi = 0$$

$$1 - \theta(x=0) = 0{,}572$$

$$\begin{cases} 1-\theta = 0{,}572 \\ \xi = 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{h\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \cong 0{,}95$$

$$\alpha t = \left(\frac{0{,}95\,\lambda}{h}\right)^2$$

$$t = \left(\frac{0{,}95\,\lambda}{h}\right)^2 \cdot \frac{1}{\alpha}$$

$$= \left(\frac{0{,}95 \cdot 0{,}599}{4}\right)^2 \cdot \frac{1}{1{,}43 \cdot 10^{-7}} = 141529 \text{ s}$$

$$\xi = \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} = \frac{0{,}01}{2\sqrt{1{,}43 \cdot 10^{-7} \cdot 141529}} = 0{,}035$$

$$\frac{h\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \cong 0{,}95$$

$1 - \theta \cong \cancel{0{,}3}$ 0.53 $\theta = \cancel{0{,}7}$ 0.47 $T = \theta(T_0 - T_\infty) + T_\infty = 1.5$

$= \cancel{0{,}7}(20-(-15)) + (-15) = \cancel{9{,}5}\,°C$

$$\frac{T(x,t)-T_i}{T_s-T_i}=\operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \tag{11.24}$$

$$\frac{T(x,t)-T_i}{T_\infty-T_i}=\operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)-\exp\left(\frac{hx}{\lambda}+\frac{h^2\alpha t}{\lambda^2}\right)\left[\operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}+\frac{h\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\right)\right] \tag{11.22}$$

TABELLA 11.3

Il complemento della funzione degli errori

ξ	erfc (ξ)	ξ	erfc (ξ)	ξ	erfc (ξ)	ξ	erfc (ξ)	ξ	erfc (ξ)	ξ	erfc (ξ)
0.00	1.00000	0.38	0.5910	0.76	0.2825	1.14	0.1069	1.52	0.03159	1.90	0.00721
0.02	0.9774	0.40	0.5716	0.78	0.2700	1.16	0.10090	1.54	0.02941	1.92	0.00662
0.04	0.9549	0.42	0.5525	0.80	0.2579	1.18	0.09516	1.56	0.02737	1.94	0.00608
0.06	0.9324	0.44	0.5338	0.82	0.2462	1.20	0.08969	1.58	0.02545	1.96	0.00557
0.08	0.9099	0.46	0.5153	0.84	0.2349	1.22	0.08447	1.60	0.02365	1.98	0.00511
0.10	0.8875	0.48	0.4973	0.86	0.2239	1.24	0.07950	1.62	0.02196	2.00	0.00468
0.12	0.8652	0.50	0.4795	0.88	0.2133	1.26	0.07476	1.64	0.02038	2.10	0.00298
0.14	0.8431	0.52	0.4621	0.90	0,2031	1.28	0.07027	1.66	0.01890	2.20	0.00186
0.16	0.8210	0.54	0.4451	0.92	0.1932	1.30	0.06599	1.68	0.01751	2.30	0.00114
0,18	0.7991	0.56	0.4284	0.94	0.1837	1.32	0.06194	1.70	0.01612	2.40	0.00069
0.20	0.7773	0.58	0.4121	0.96	0.1746	1.34	0.05809	1.72	0.01500	2.50	0.00041
0.22	0.7557	0.60	0.3961	0.98	0.1658	1.36	0.05444	1.74	0.01387	2.60	0.00024
0.24	0.7343	0.62	0.3806	1.00	0.1573	1.38	0.05098	1.76	0.01281	2.70	0.00013
0.26	0.7131	0.64	0.3654	1.02	0.1492	1.40	0.04772	1.78	0.01183	2.80	0.00008
0.28	0.6921	0.66	0.3506	1.04	0.1413	1.42	0.04462	1.80	0.01091	2.90	0.00004
0.30	0.6714	0.68	0.3362	1.06	0.1339	1.44	0.04170	1.82	0.01006	3.00	0.00002
0.32	0.6509	0.70	0.3222	1.08	0.1267	1.46	0.03895	1.84	0.00926	3.20	0.00001
0.34	0.6306	0.72	0.3086	1.10	0.1198	1.48	0.03635	1.86	0.00853	3.40	0.00000
0.36	0.6107	0.74	0.2953	1.12	0.1132	1.50	0.03390	1.88	0.00784	3.60	0.00000

er

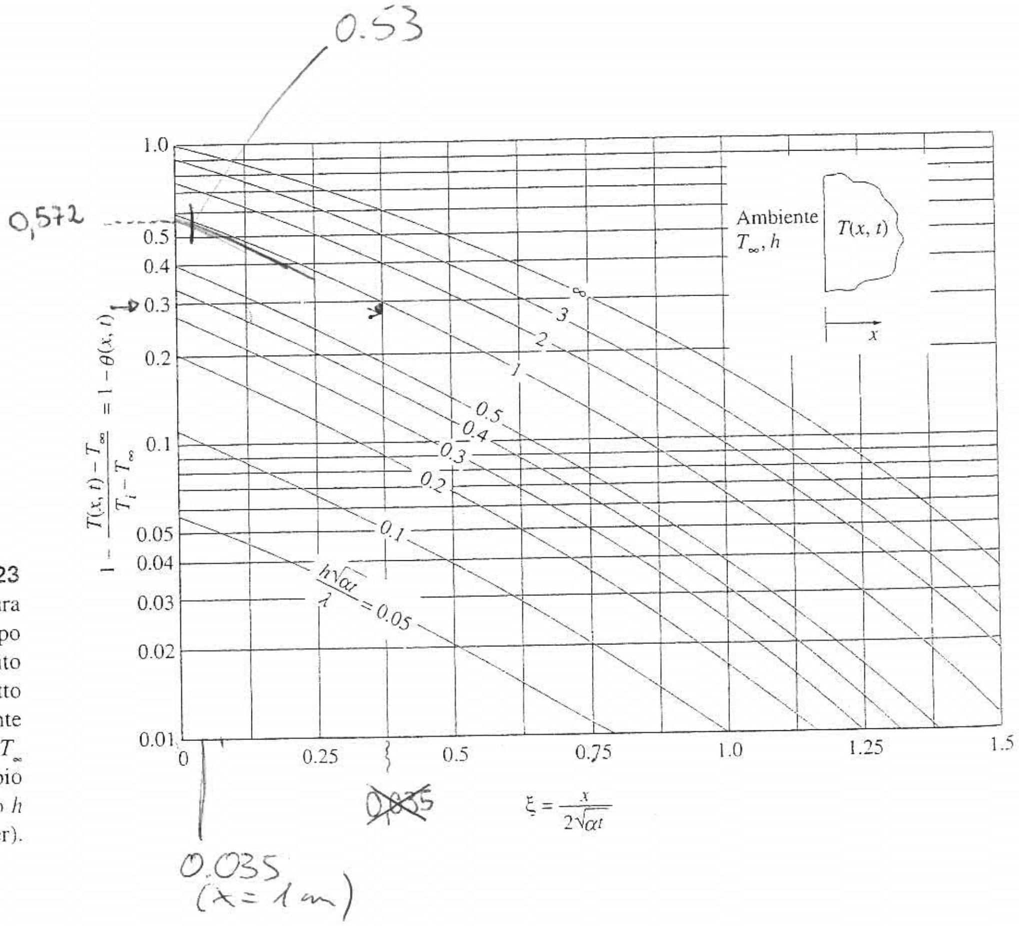


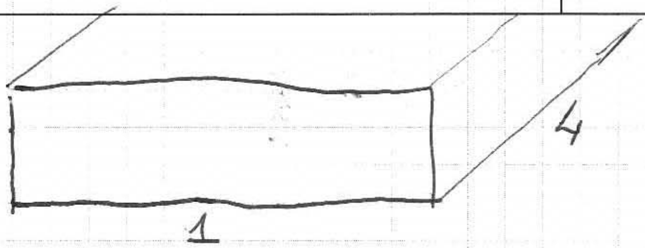
FIGURA 11.23
Variazione di temperatura con la posizione e con il tempo in un solido semi-infinito inizialmente a T_i soggetto a convezione verso un ambiente a temperatura T_∞ con un coefficiente di scambio termico convettivo h (da P.J. Schneider).

CORSO DI LAUREA | DATA

Es n°7 1/11

$T_{ag} = 90°C$

$T_{air} = 30°C$



$L_c = \frac{V}{A}$

$\dot{Q} = 500 W/m^2$ $\quad h = \frac{Q}{A \Delta T} = 8,33 \; W/m^2K$

$\dot{Q} = 2040 \; W$

$V = 0,032 \; m^3$

$A = 4 \cdot 1 + 1 \cdot 0,008 \cdot 2 + 4 \cdot 0,008 \cdot 2 = 4,08 \; m^2$

$L_c = 0,00784$

$Biot = \frac{L_c \, h}{K} = 0,00109 < 0,1$

Parametri concentrati

$\tau = mc_p / hA = 3139,6$

$m = 250,56 \; kg$

$\frac{50 - 30}{90 - 30} = e^{-t/\tau}$ $\quad t = 3515 \; sec = 58,58 \; min \simeq 1 \; ora$

Alla lastra vengono ~~dati~~ forniti 500 W/m² di potenza finchè il sole è presente. Si ipotizza che il sole venga oscurato all'istante. Quindi per tornare alle condizioni ~~iniziali~~ finali T = 30 °C dai 90 °C l'aria dovrà asportare la stessa quantità di calore data dal sole.

8) $T_{amb} = 20°C$: h_p

3/3 Fattore di vista piastra - forno = 1 = F_{PF}

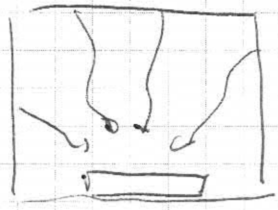
Calcolo $\dot{Q}_{PF}$ ⇝ la potenza scambiata sarà $-\dot{Q}_{PF}$ perché è il forno che cede calore alla piastra

$$\dot{Q}_{PF} = \frac{5{,}67 \cdot 10^{-8} \left(293^4 - 473^4\right)}{\frac{1-0{,}8}{0{,}1256 \cdot 0{,}8} + \frac{1}{1 \cdot 0{,}1256} + \frac{1-0{,}9}{1{,}8 \cdot 0{,}9}} = -241{,}7 \text{ W}$$

$A_{PIASTRA} = \pi r^2 = \pi \cdot \left(\frac{0{,}4}{2}\right)^2 = 0{,}1256$

$A_{FORNO} = (0{,}6 \cdot 0{,}6) \cdot 5 = 1{,}8$

ipotesi 1 sola faccia?



$\dot{Q}_{FP} = -\dot{Q}_{PF} = 241{,}7$ W

Con il passare del tempo la $\dot{Q}$ scambiata diminuisce perché il forno tende a raffreddarsi, la piastra si scalda ma la diff. delle T^4 diminuisce.