Prof. L. Araneo. Prova di Fisica Tecnica Ambientale del 4 Luglio 2008. Milano

Testo e traccia della soluzione

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tempo a disposizione: | tutto | esercizi 1-8, | 3h | 33 punti |
| | Parte2 | esercizi 5-9, | 2h | 21 punti *33/21 |

Materiale: •1 testo dell'esame (tabelle disponibili)

E' consentito l'uso di: •calcolatrice, •tavole termodinamiche, •un formulario (un foglio A4 f/r).

Riconsegnare: • testo con grafico •svolgimento • 1 formulario (segnare il COGNOME su tutti).

1) Una bombola di acciaio (V=40 litri, $\rho_{acc}$ = 7850 kg/m$^3$, $\lambda_{acc}$ = 60 W/m.K, $c_P$ = 434 J/kg.K) piena di aria a 220 bar, tutto a 80°C, viene lasciata raffreddare fino alla temperatura ambiente $T_{amb}$=20°C. Determinare l'energia ceduta e la variazione totale di entropia.

Soluzione (4punti)

Il volume del gas (0.04 m$^3$) permette di calcolare, la massa di aria, ipotizzando gas perfetto (Mm=29, la pressione è alta l'errore sarà di qualche %) $m_{aria}$= P V / R / T = 22'000'000 * 0.040 / (8314/29) / 353 = 8.70 kg. Per raffreddare l'aria si asporta $Q_{aria}$= $m_{aria}$ $c_V$ $\Delta$T = 8.70 * (8314/29 * 5/2) * (20-80) = -373'938 J.

Ipotizzando la bombola vuota 20 kg di acciaio, $Q_{aria}$= $m_{acc}$ c $\Delta$T = 20 * 343 *(20-80) = -520'800 J

$\Delta S_{aria}$= $m_{aria}$ $c_V$ $\ln(T_2/T_1)$ =-1161.0 J/K

$\Delta S_{acc}$= $m_{acc}$ c $\ln(T_2/T_1)$ = -1617.0 J/K

$\Delta S_{amb}$= | $Q_{aria}$ + $Q_{acc}$ | / $T_{amb}$ = + 3053.7 J/K

$\Delta S_{tot}$ = + 275.6 J/K

2) Un aereo viaggia a 900 km/h a 5500 metri di altitudine nell'aria a 0.5 atmosfere e –10°C. Se dell'aria viene raccolta tramite una presa e convogliata all'interno rallentandola fino a velocità di 2 m/s tramite una trasformazione isoentropica, a quale pressione e temperatura giunge nell'abitacolo?

Soluzione (4punti)

Si tratta di un condotto dove l'aria perde velocità acquisendo presisone, quindi un diffusore.

$w_1$=250 m/s, $w_2$= 2m/s

1° principi per sistemi aperti q-l = $\Delta$h + $\Delta e_{cin}$ = 0 perché q=l=0, $\Delta$Z=0 si conserva cioè l'entalpia totale,

$T_2$-$T_1$ = $(w_2^2 - w_1^2)/2$ = 31.1 (K o °C)

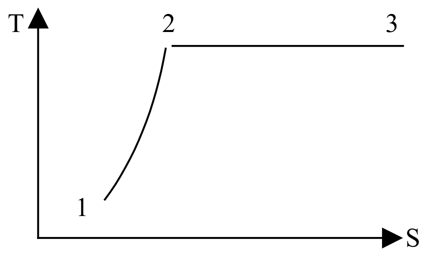
$T_1$= 263 K Da cui $T_2$=294.1 K

Essendo $P_1$=0.5Atm = 50663 Pa, si trova

$P_2/P_1 = (T_2/T_1)^{Cp/R} = (294.1/263)^{3.5}$ da cui $P_2$=74909 Pa

3) Una pentola a pressione tarata per sfiatare a 0.8 bar di pressione relativa contiene 2 kg di acqua inizialmente a 20°C, e viene scaldata fornendole 2 kW. Determinare dopo quanto tempo tutta l'acqua è evaporata. Specificare le ipotesi adottate. Disegnare qualitativamente un grafico T-s con l'andamento della trasformazione.

Soluzione (4punti)




L'acqua a $T_1$=20°C si scalda e in parte evapora fino a portare l'interno a $P_2$= 0.8 bar relativi = 1.8 bar assoluti, poi inizierà a bollire. Da tabelle si ha $T_2$= $T_3$=$T_{sat@1.8bar}$=116.8 °C $\Delta h_{ev}$ =2211 kJ/kg

Il riscaldamento fino a ebollizione 1-2 può essere approssimato con C costante (o calcolato da tabelle)$Q_{12}$ = m c $\Delta$T = 2 * 4.184 * (116.8-20) = 810 kJ

$Q_{23}$= m $\Delta h_{ev}$ = 2 * 2211 = 4422 kJ

$Q_{tot}$ = 5232 kJ, tempo = 5232 kJ / 2 (kJ/s) = 2616 s = 43.6 minuti

4) Un motore a ciclo Otto ideale ha rapporto di compressione volumetrico $V_1/V_2$=9.5 , l'aria (gas perfetto biatomico Mm=29) è aspirata alla temperatura iniziale $T_1$=70°C e pressione iniziale $P_1$= -0.7 bar relativi. All'aria verrà fornenito il calore q = 2000 kJ/kg. Determinare i dati (P,T) nei punti del ciclo, i rendimenti di 1° e 2° principio. Disegnare i grafici nei piani P-V e T-s.

Soluzione (4punti)

| Punto | P(bar) | T (K) | |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.31 | 343 | dai dati ($P_1 = P_{atm} + P_{rel}$) |
| 2 | 7.32 | 844 | da $P_2/P_1 = (V_1/V_2)^K$ , $T_2/T_1 = (V_1/V_2)^{K-1/K}$ |
| 3 | 31.5 | 3635 | da $\Delta T_{23} = q_{23}/c_V$ = 2790 essendo la trasformazione a volume costante |
| 4 | 1.35 | 1477 | da $P_3/P_4 = (V_4/V_3)^K = (V_1/V_2)^K = P_2/P_1$, $T_2/T_1 = T_3/T_4$ per cicli simmetrici |

$\eta_I = l_{out}/q_{in} = (q_{in} - q_{out}) / q_{in} = (\underline{c_V}\,\Delta T_{23} - \underline{c_V}\,\Delta T_{41}) / \underline{c_V}\,\Delta T_{41}$ = 59.4% (=$1-T_1/T_2$)

$\eta_{massimo}$ tra $T_{min}$ e $T_{max}$ = $\eta_{Carnot(max,min)} = 1-T_3/T_1$ = 90.6%

$\eta_{II} = \eta_I / \eta_C$ = 65.6%

5) Un condotto cilindrico ha diametro interno 10 cm e spessore 1 cm, è realizzato in PVC ($\lambda$=0.2 W/m.K), al suo interno scorre aria a 90°C (coefficiente di convezione $h_{interno}$ = 200 W/m$^2$K), all'esterno c'è aria a 20°C ($h_{esterno}$ = 15 W/m$^2$K). Determinare la quantità di calore dispersa per metro di tubo, e l'errore commesso approssimando la parete cilindrica ad una piana. Specificare le ipotesi adottate.

Soluzione (4punti)

| Superficie | Raggio m | $A = \pi D L$ [m$^2$] | h [w/m$^2$K] |
|---|---|---|---|
| int | 0.05 | 0.314 | 200 |
| med | 0.055 | 0.3454 | |
| est | 0.06 | 0.3768 | 15 |

$R_{cil} = R_{conv\_int} + R_{parete} + R_{conv\_es} = 1/h_{int} / A_{int} + \ln(r_2/r_1)/(2\pi L \lambda) + 1/h_{est} / A_{est}$ =
=0.0159 + 0.1452 + 0.1769 = 0.3380 K/W

$Q'_{cil} = \Delta T/R_{cil}$ = 70/0.3380 = 207.1 W

$R_{piana} = R_{conv\_int} + R_{parete} + R_{conv\_es} = 1/h_{int} / A_{med} + L/\lambda/A_{med} + 1/h_{est} / A_{med}$ =
0.0145 + 0.1448+ 0.1930 = 0.3522 K/W

$Q'_{piana} = \Delta T/R_{piana}$ = 70/0.3522 = 198.7 W

Err = 8.37W, Err%= 8.37/207 = 4.0%

6) Un timone di aereo, alto H=1.2 metri e avente base B=0.7 metri (rettangolare) deve essere mantenuto ad almeno 0°C per evitare la formazione di ghiaccio volando a 400 km/h in aria a 10°C sotto zero. Determinare la potenza necessaria per mantenere il timone alla temperatura richiesta. Si usino le relazioni:

lastra piana, Re < 500'000 $\quad Nu = 0.664\, Re^{1/2}\, Pr^{1/3}$

lastra piana*, Re >> 500'000 $\quad Nu = 0.037\, Re^{4/5}\, Pr^{1/3}$ $\quad (0.6<Pr<60,\ 5*10^5<Re<10^7)$

lastra piana**, Re > 500'000 $\quad Nu = (0.037\, Re^{4/5} - 871)\, Pr^{1/3}$ $\quad (0.6<Pr<60,\ 5*10^5<Re<10^7)$

Soluzione (4punti)

w = 111 m/s

La temperatura di film è –5°C = 268K, anche approssimando ad una T sufficientemente prossima da tabelle si ottiene : $\rho$= 1.342 kg/m$^3$, $\nu$= 0.0000127, Pr=0.720, $\lambda$=0.0234, $Re_B$ 6'124'234,

$Nu = 0.037\, Re^{4/5}\, Pr^{1/3}$ = 8919, da cui h =298 W/m$^2$K,

Q' su 2 lati = h A $\Delta T$ = 298 * 2* 1.3*0.7 * 10 = 5009 W

7) Un pezzo di rame di forma cubica (m = 4 kg, $\rho_{Cu}$ = 8933 kg/m$^3$, $\lambda_{Cu}$ = 401 W/mK, $c_P$ = 385 J/kgK) alla temperatura iniziale di $T_0$=20°C viene messo in un forno (T = 300 °C, coefficiente convettivo h = 50 W/m$^2$ K). Determinare dopo quanto tempo il cubo ha raggiunto i 150°C. pecificare le ipotesi usate. Disegnare l'andamento della temperatura nel tempo.

Soluzione (4punti)

$V = m / \rho = 4/8933 = 0.000448\ m^3$  $L = V^{1/3} = 0.0765\ m$  $L_{car} = V/A = L^3/6L^2 = L/6 = 0.0128\ m$

$Bi = h\ L/\lambda = 50 * 0.0128 / 401 = 0.0016 << 1$ OK parametri concentrati

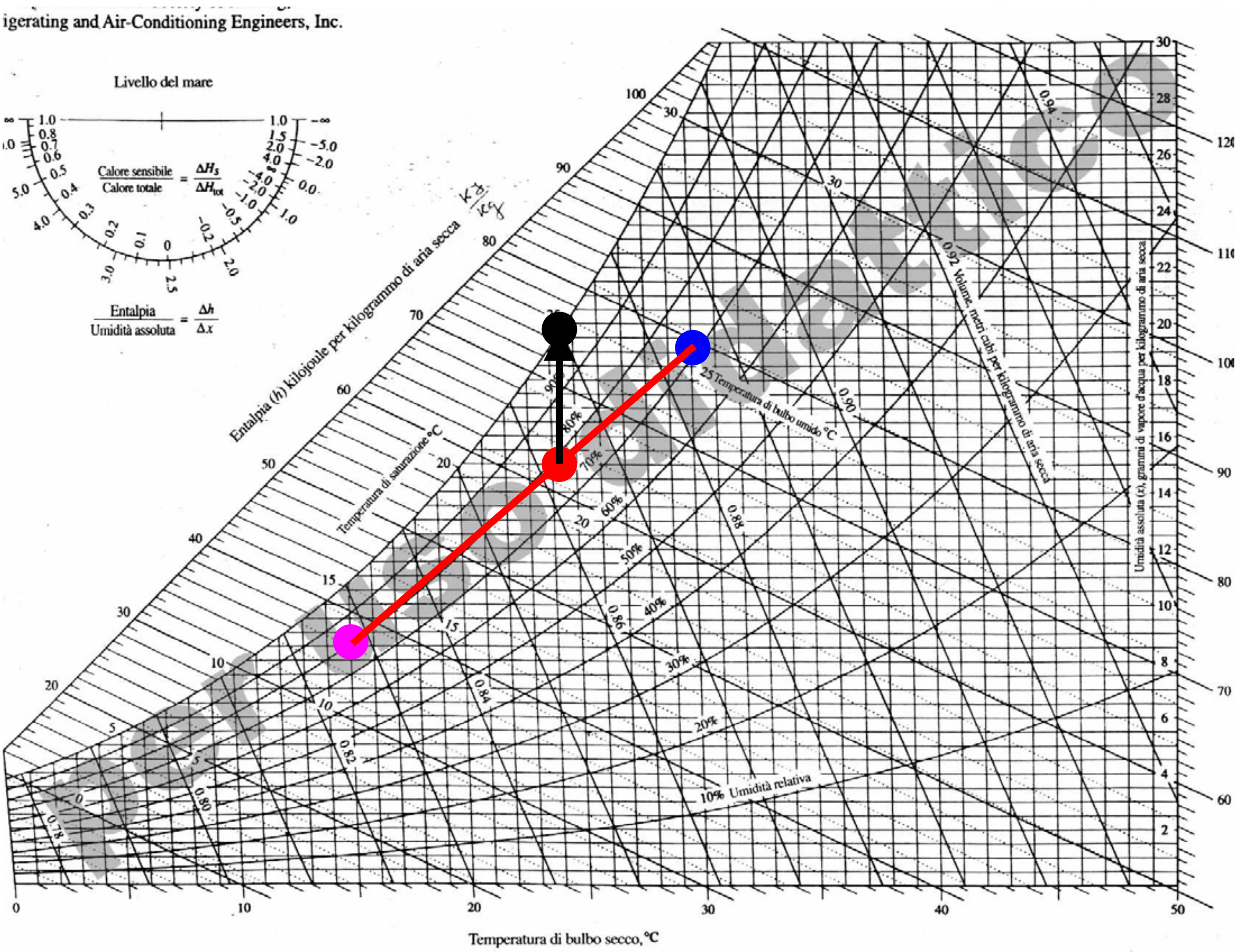
$\tau = m\ c_P / h\ A = 4 * 385 / (50 * 6 * L3) = 877$ secondi (parametro $b = 1/\tau$)

$t_{150} = -\tau * \ln[(150-300)/(20-300)] = 547.4\ s = 9.12\ min$

Accettabil el'ipotesi $A = 5L^2$ (una faccia di appoggio non conduce). Dire Lc=L vuol dire 5 facce isolate: da giustificare.

8) Una quantità di aria $m_1$=30 $kg_{as}$ temperatura $T_1$=30 °C e umidità relativa $UR_1$=70% si mescola a pressione atmosferica con una massa di aria umida $m_2$=20 $kg_{as}$ a temperatura $T_2$=15 °C e umidità relativa $UR_2$=80%. Calcolare la temperatura $T_m$, l'umidità relativa $UR_m$ e assoluta ($x_m$, $g_{H20}/kg_{as}$) e di questa miscela. Si vuole poi portare la miscela, mantenuta a temperatura costante, fino a condizioni di saturazione ($UR_3$=100%): occorre aggiungere dell'acqua mancante, o separare (condensare) quella in eccesso? (Specificare). Calcolare la quantità da aggiungere/togliere. Riportare i punti (1,2,m,3) sul diagramma psicrometrico allegato

Soluzione (5punti)




| Punto | kg | T °C | UR | $P_{sat}$ Pa | $P_{vap}$ Pa | x $kg_{vap}/kg_{as}$ | entalpia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 30 | 70% | 4246 | 2972 | 0.0188 | 78.19 |
| 2 | 20 | 15 | 80% | 1705 | 1364 | 0.0085 | 36.54 |
| mix | 50 | 24.07 | 77% | 3000 | 2315 | 0.0147 | 61.53 |
| 3 | 50 | 24.07 | 100% | 3000 | 3000 | 0.0190 | |

Nel grafico vale la regola della bilancia: preso mix come perno, braccio * massa = costante : $braccio_{1-Mix}*m_1 = braccio_{2-Mix}*m_2$. Ciò fa si che Mix sia più vicino alla massa preponderante.
Per passare da mix a 3 occorre aggiungere acqua: $m_{tot}(0.0190-0.0147) = 0.2152$ kg di acqua

9) Un vaso cilindrico (senza coperchio con fondo, D=10 cm, h=10 cm, pareti di spessore trascurabile, T=30°C, emissività $\varepsilon_{Int}$=0.8 alle pareti interne, $\varepsilon_{Est}$=1 all'esterno) è messo in un forno cubico (L=600 cm, $T_{pareti}$=200°C, emissività $\varepsilon_P$=0.9). Calcolare il calore trasmesso per irraggiamento.

Soluzione (4punti)
$A_{Est} = A_{Int} = 0.03925\ m^2$, $A_{Forno} = 216\ m^2$,
$F_{E-F} = 1$, $F_{I-F} = F_{I-Coperchio} = A_{Cop} / A_{Int} = 0.0785/0.03925 = 0.2$
$Q'_{Est\rightarrow forno} = 5.67 * (3.03^4 - 4.93^4) / [(1-1)/A_{Est} + 1/A_{Est} + (1-0.9)/(216*0.9)] = -112.7\ W$
$Q'_{Int\rightarrow forno} = 5.67 * (3.03^4 - 4.93^4) / [(1-0.8)/A_{Int} + 1/(A_{Int}*0.2) + (1-0.9)/(216*0.9)] = -21.5\ W$
Il cilindro riceve 112.7+21.5 = 134 W

Voti dei rimandati

| | |
|---|---|
| 657165 | 12 |
| 663152 | 13 |
| 676656 | 9 |
| 677695 | 8 |
| 678657 | 7 |
| 679539 | 7 |
| 700151 | 11 |
| 700317 | 13 |
| 700530 | 15 |
| 700835 | 8.5 |
| 701076 | 13 |
| 701444 | 16 |
| 702442 | 16 |
| 703744 | 13 |
| 705920 | 9 |
| 706197 | 15.5 |