Prova scritta di Fisica Tecnica - 13.02.2001

(Ing. Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali, Elettronica, Civile, Edile ed Ambientale)

………………………..	………………………..	……………………..……
NOME e COGNOME	**CORSO di LAUREA**	**Voto**

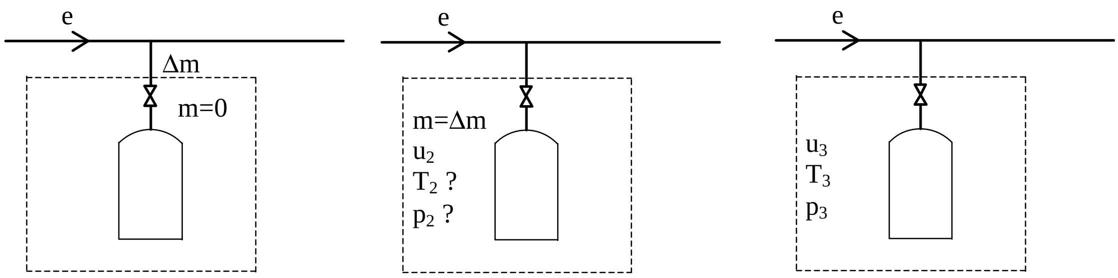
Esercizio 1

Una bombola, inizialmente vuota e di volume V = 0.1 m^3, viene collegata ad una linea di distribuzione dell'aria (R = 0.287 kJ/kg, k = 1.4) nella quale le condizioni termodinamiche restano costanti e pari a p_e = 0.8 MPa e T_e = 293 K.

Il processo di riempimento, che ha luogo adiabaticamente e con variazioni trascurabili di energia cinetica e potenziale, termina quando la pressione all'interno della bombola raggiunge il valore p_2. Dopo il riempimento il gas nella bombola viene fatto raffreddare fino alla temperatura T_3 = 293 K. A questo punto la pressione interna vale p_3 = 0.4 MPa.

Si calcolino nell'ordine:

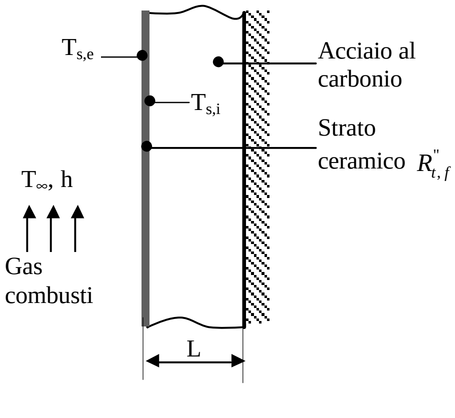
1. La temperatura T_2 [K];
2. La massa di gas m [kg] contenuta nella bombola;
3. La pressione p_2 [MPa].



Esercizio 2

La parete di un forno è costituita da una lastra di acciaio al carbonio (k = 60 W/(m K), r = 7850 kg/m3, c = 430 J/(kg K)) di spessore L = 10 mm. Per proteggerla dagli effetti corrosivi dei gas di combustione, la superficie interna della lastra è rivestita da uno strato sottile di materiale ceramico con una resistenza termica, per unità di superficie, pari a $R''_{t,f}$ = 0.01 m^{2}K/W. La superficie opposta può considerarsi perfettamente isolata (adiabatica).

All'avviamento del forno la parete si trova ad una temperatura T_i = 300 K, ed i gas combusti, con $T_{¥}$ = 1300 K, lambiscono la parete con h = 30 W/(m^2 K).



Trascurando la capacità termica dello strato ceramico determinare:

a). Il tempo necessario affinché la temperatura all'interfaccia acciaio-strato ceramico, $T_{s,i}$, raggiunga 1200 K;

b). La temperatura della superficie esposta ai gas, $T_{s,e}$, in tale istante.

Soluzioni

Esercizio 1

Se risolto come sistema aperto:

$$U_2 - U_1 = \hat{Q}_{if} - \hat{L}_{if} + \Delta m_e \left(h_e + \frac{w_e^2}{2} + g z_e \right) - \Delta m_u \left(h_u + \frac{w_u^2}{2} + g z_u \right)$$

essendo $U_1 = \hat{Q}_{if} = \hat{L}_{if} = \frac{w_e^2}{2} = g z_e = \Delta m_u = 0$, e $\Delta m_e = m$, risulta $U_2 (= m u_2) = m\, h_e$

Quindi: $u_2 = h_e = u_e + p_e\, v_e \Rightarrow u_2 - u_e = R T_e$

Se risolto come sistema chiuso:

$$U_2 - U_1 = \hat{Q}_{if} - \hat{L}_{if}$$

essendo $\hat{Q}_{if} = 0$, risulta $U_2 - U_1 = m(u_2 - u_1) = -\hat{L}_{if} = m(p_e v_e)$

Quindi: $u_2 - u_1 = p_e v_e = R T_e$

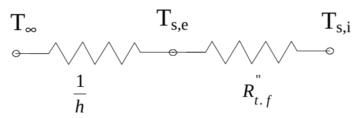
In entrambi i casi, si prosegue: $c_v (T_2 - T_e) = \frac{1}{k-1} R (T_2 - T_e) = R T_e \quad \Rightarrow \quad T_2 = 410.2\, K$

$$m = \frac{p_3 V}{R T_3} = 0.476\, kg$$

$$p_2 = \frac{m R T_2}{V} = 0.56\, MPa$$

Esercizio 2

La presenza dello strato ceramico altera la resistenza termica esterna della parete, che può essere schematizzata come segue:



Pertanto il coefficiente globale di scambio termico (trasmittanza) è:

$$U = \frac{1}{R_{tot}\ A} = \frac{1}{R''_{tot}} = \left(\sum_i R''_i \right)^{-1} = \left(\frac{1}{h} + R''_{t,f} \right)^{-1} = 23.08\, W/(m^2 K)$$

Il numero di Biot:

$$Bi = \frac{U\ L}{k} = \frac{23.08 \cdot 0.01}{60} = 3.85 \times 10^{-3} << 0.1$$

Quindi è lecito utilizzare il metodo dei parametri concentrati.

a). Con riferimento all'unità di superficie:

$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp(-t / t_t) = \exp(-t / RC) = \exp(-t\, U / r c L)$$

da cui:

$$t = -\frac{r L c}{U} \ln \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = 3367\, s \ (\approx 0.94\, h)$$

b). La temperatura $T_{s,e}$ può si può ottenere attraverso un bilancio sulla superficie esterna:

$$q''_{conv} = q''_{cond} \Rightarrow h(T_\infty - T_{s,e}) = \frac{T_{s,e} - T_{s,i}}{R''_{t,f}}$$ da cui:

$$T_{s,e} = \frac{T_{s,i} + h R''_{t,f}\ T_\infty}{1 + h R''_{t,f}} = 1223\, K$$