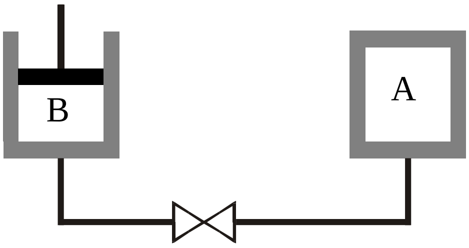
Prova scritta di Fisica Tecnica - 04.06.2001

(Ing. Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali, Elettronica)

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

Esercizio 1

Come schematizzato in figura il serbatoio termicamente isolato A ha un volume V_A = 0.15 m^3 e contiene aria che, inizialmente, si trova alla pressione p_{Ai} = 3 MPa ed alla temperatura T_{Ai} = 400 K. Il serbatoio B, anch'esso termicamente isolato, contiene aria, ed ha un volume iniziale V_{Bi} = 0.1 m^3 con pressione p_{Bi} = 0.2 MPa (necessaria a bilanciare la pressione atmosferica esterna ed il peso del pistone mobile senza attrito) ed alla temperatura iniziale T_{Bi} = 300 K.



A questo punto la valvola di collegamento viene aperta in modo da consentire a parte dell'aria di andare da A a B, fino a che la pressione in A scende al valore $p_{Af} = p_{Bi}$ = 0.2 MPa.

Nelle ipotesi che:

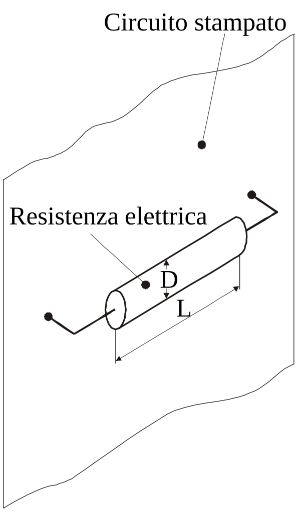
- Le variazioni di energia cinetica e potenziale, nel corso della trasformazione, siano trascurabili;
- L'aria si comporti da gas ideale, con R = 0.287 kJ/(kg K)e $k = c_p/c_v$ = 1.4;
- L'espansione in A sia isoentropica e la trasformazione in B sia isobara.

Calcolare:

1. Le masse d'aria finali m_{Af} ed m_{Bf} nei due serbatoi;
2. La temperatura finale T_{Bf} dell'aria in B.

Esercizio 2

Una resistenza elettrica, che dissipa una potenza pari a 0.075 W, è montata su un circuito stampato disposto verticalmente. La resistenza può essere approssimata come un cilindro di lunghezza L = 1 cm e diametro D = 0.25 cm.



Trascurando la trasmissione di calore per irraggiamento, quella attraverso le superfici laterali, e la perdita di calore per conduzione attraverso i terminali di collegamento, determinare la temperatura superficiale della resistenza nell'ipotesi che l'aria circostante si trovi ad una temperatura T_∞ = 30 °C.

Nota:

Per il calcolo del coefficiente di scambio termico convettivo, si utilizzi la seguente espressione, valida per la convezione naturale in aria di un cilindro orizzontale:

$$h = 1.32\left(\frac{\Delta T}{D}\right)^{1/4} \quad \text{con } \Delta T \text{ [K] e } D \text{ [m]}$$

Soluzioni

Esercizio 1

Calcolo delle masse iniziali:

$$m_{Ai} = \frac{p_{Ai}\, V_A}{R T_{Ai}} = 3.9199\ \text{kg} \qquad\qquad m_{Bi} = \frac{p_{Bi}\, V_B}{R T_{Bi}} = 0.2323\ \text{kg}$$

L'espansione in A è isoentropica, quindi:

$$T_{Af} = T_{Ai}\left(\frac{p_{Ai}}{p_{Af}}\right)^{\frac{1-k}{k}} = 400\left(\frac{3\cdot 10^6}{0.2\cdot 10^6}\right)^{\frac{1-1.4}{1.4}} = 184.52\,\text{K}$$

e perciò la massa d'aria in A alla fine dell'espansione vale:

$$m_{Af} = \frac{p_{Af}\, V_A}{R T_{Af}} = 0.567\ \text{kg}$$

La massa contenuta in B, alla fine dell'espansione, si ottiene dal bilancio di massa:

$$m_{Ai} + m_{Bi} = m_{Af} + m_{Bf} \qquad\qquad m_{Bf} = m_{Bi} + \left(m_{Ai} - m_{Af}\right) = 3.5852\ \text{kg}$$

Le variazioni di energia cinetica e potenziale sono trascurabili:

$$\hat{U}_f - \hat{U}_i = \hat{Q}_{if} - \hat{L}_{if} = -\hat{L}_{if}$$

e la trasformazione in B è isobara:

$$\hat{L}_{if} = \int_{V_{Bi}}^{V_{Bf}} p_B\, dV = p_B\left(V_{Bf} - V_{Bi}\right) = p_B\, m_{Bf}\, v_{Bf} - p_B\, m_{Bi}\, v_{Bi}$$

quindi, dalla precedente:

$$\hat{U}_f - \hat{U}_i = p_B\, m_{Bf}\, v_{Bf} - p_B\, m_{Bi}\, v_{Bi} \qquad (1)$$

La variazione di energia interna è anche esprimibile come:

$$\hat{U}_f - \hat{U}_i = \left[m_{Af}\, u_{Af} + m_{Bf}\, u_{Bf}\right] - \left[m_{Ai}\, u_{Ai} + m_{Bi}\, u_{Bi}\right] \qquad (2)$$

Uguagliando le due espressioni (1) e (2) si ottiene:

$$-m_{Af}\, u_{Af} + m_{Ai}\, u_{Ai} + \left[\left(-m_{Bf}\, p_B v_{Bf} - m_{Bf} u_{Bf}\right) - \left(-m_{Bi}\, p_B v_{Bi} - m_{Bi} u_{Bi}\right)\right] = 0$$

$$m_{Af} u_{Af} - m_{Ai} u_{Ai} + m_{Bf} h_{Bf} - m_{Bi} h_{Bi} = 0$$

Ricordando che:

$$c_p = \frac{k}{k-1} R \qquad \text{e} \qquad c_v = \frac{c_p}{k}$$

risolvendo per T_{Bf} :

$$T_{Bf} = \frac{m_{Ai} c_v T_{Ai} - m_{Af} c_v T_{Af} + m_{Bi} c_p T_{Bi}}{m_{Bf} c_p} = 310.80\ \text{K}$$

Esercizio 2

Da un bilancio di energia:

$\dot{Q}_g = \dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_\infty)$ con $A = p\, D L$ ed $h = 1.32\left(\frac{T_s - T_\infty}{D}\right)^{0.25}$

Quindi:

$$\dot{Q}_g = 1.32\left(\frac{T_s - T_\infty}{D}\right)^{0.25} p\, D L\left(T_s - T_\infty\right) = 1.32\, D^{0.75}\, p\, L\left(T_s - T_\infty\right)^{1.25}$$

e risolvendo per T_s:

$$T_s = T_\infty + \left(\frac{\dot{Q}_g}{1.32 D^{0.75} p\, L}\right)^{\frac{1}{1.25}} = 30 + \left(\frac{0.075}{1.32\; 0.0025^{0.75}\, p\; 0.01}\right)^{\frac{1}{1.25}} \cong 88.5\ ^\circ C$$