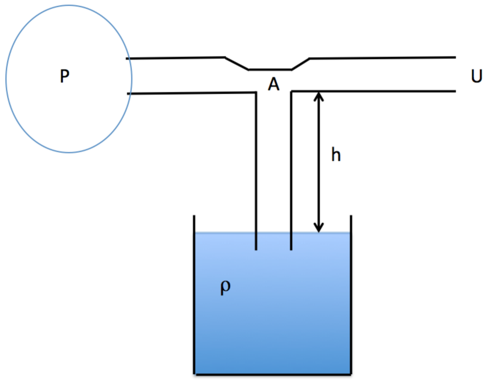
Università degli Studi di Siena
Corso di Laurea FTA - A.A. 2017/18
Corso di Fluidi e Termodinamica
Esame del 4/7/2018

1) Uno spruzzatore è costituito da un recipiente cilindrico parzialmente riempito di liquido (densità ρ = 900 kg/m^3) dentro cui pesca un condotto a forma di T , di sezione S = 3 mm^2, il cui braccio termina da un lato in una pompetta P dall'altro, nel punto U, in aria. In corrispondenza del punto A di innesto del tratto verticale della T col braccio orizzontale, il condotto si restringe e la sezione diventa s=0.5 mm^2. Il dislivello fra la superficie libera del liquido nel contenitore e il condotto orizzontale è h = 5 cm.



a) Comprimendo la pompetta P si genera un flusso d'aria nel tubo orizzontale. Conseguentemente si crea una differenza di pressione Δp fra l'uscita U e il punto A. Spiegare perché e determinare l'espressione di Δp in funzione della portata Q del flusso d'aria. La pressione è maggiore in A o U?
b) In condizioni statiche (cioè senza che vi sia nel tubo un flusso d'aria) quale differenza di pressione fra il punto A e la superficie del liquido sarebbe necessaria per far risalire il liquido fino ad A ?
c) Se si sfrutta il flusso d'aria del punto (a) per creare la differenza di pressione per far risalire il liquido dal recipiente fino ad A, qual è il valore di Q necessario?

2) Un recipiente chiuso a pareti adiabatiche è separato in due parti A e B di uguale volume da una parete interna fissa e termicamente conduttrice. Nella parte A sono contenuti 3 g di elio (gas monoatomico con peso molecolare M_{He} = 4) inizialmente alla temperatura t_A= −70°C mentre in B ci sono 10 g di azoto (gas biatomico con peso molecolare M_{N2} = 28) inizialmente a temperatura t_B = 70°C. Supponendo che i due gas si comportino come gas perfetti, calcolare, ad equilibrio termico raggiunto:
a) la temperatura di equilibrio finale;
b) la quantità di calore scambiata;
c) la variazione di entropia dell'intero sistema.

SOLUZIONI

Esercizio 2
n_A =3/4 = 0.75
n_B =10/28 = 0.357
c_{VA} = 3/2 R
c_{VB} = 5/2 R
T_A = 203 K
T_B = 343 K

I gas non compiono lavoro perché non c'e' variazione di volume essendo il setto fisso.
Dal primo principio Q = -ΔU per ciascun gas
Inoltre $Q_A + Q_B = 0$ perché non c'e' scambio con l'esterno

$$Q_A + Q_B = 0$$
$$n_A c_{vA}\left(T_f - T_A\right) + n_B c_{vB}\left(T_f - T_B\right) = 0$$
$$T_f = \frac{n_A c_{vA} T_A + n_B c_{vB} T_B}{n_A c_{vA} + n_B c_{vB}} = \frac{3n_A T_A + 5n_B T_B}{3n_A + 5n_B} = \frac{3\times 0.75\times 203 + 5\times 0.357\times 343}{3\times 0.75 + 5\times 0.357} = 264.93 \text{ K}$$
$$Q_A = n_A c_{vA}\left(T_f - T_A\right) = 579J = -Q_B$$
$$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B = n_A c_{vA}\ln\left(\frac{T_f}{T_A}\right) + n_B c_{vB}\ln\left(\frac{T_f}{T_B}\right)$$
$$\Delta S = \frac{3}{2}\times 8.31\times 0.75\ln\left(\frac{264.93}{203}\right) + \frac{5}{2}\times 8.31\times 0.357\ln\left(\frac{264.93}{343}\right) = 0.574 \text{ J/K}$$

Esercizio 1
a) La pressione in U è uguale a quella atmosferica. Un flusso d'aria diretto da P ad U, quando passa nella strozzatura A, aumenta di velocità (per l'equazione di continuità)

$$Q = sv_A = Sv_U$$
$$v_A = \frac{S}{s}v_U > v_U$$

Applicando il teorema di Bernoulli $p_A + \frac{1}{2}\rho v_A^2 = p_U + \frac{1}{2}\rho v_U^2$

Si osserva che se v_A aumenta allora p_A diminuisce e così si crea una differenza di pressione fra A e U

$$\Delta p = p_A - p_U = \frac{1}{2}\rho\left(v_U^2 - v_A^2\right) = \frac{Q^2}{2}\rho\left(\frac{1}{S^2} - \frac{1}{s^2}\right) < 0$$

b) La pressione sulla superficie del liquido è uguale alla pressione atmosferica p_U. In condizioni statiche, affinché il liquido possa salire al livello di A si deve avere una depressione in A ($p_A < p_U$) tale che

$$p_A + \rho g h = p_U$$

Quindi

$$\Delta p = p_A - p_U = \rho g h = 900 \times 9.8 \times 0.05 = -441 \text{ Pa}$$

c) Se Δp è data dal flusso d'aria si possono uguagliare le espressioni in a) e b)

$$\frac{Q^2}{2}\rho\left(\frac{1}{S^2} - \frac{1}{s^2}\right) = -\rho g h$$

$$Q = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{1}{s^2} - \frac{1}{S^2}\right)}} = \sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times 0.05}{-\frac{1}{\left(3 \times 10^{-6}\right)^2} + \frac{1}{\left(0.5 \times 10^{-6}\right)^2}}} = 0.5 \times 10^{-6} \ \text{m}^3/\text{s}$$