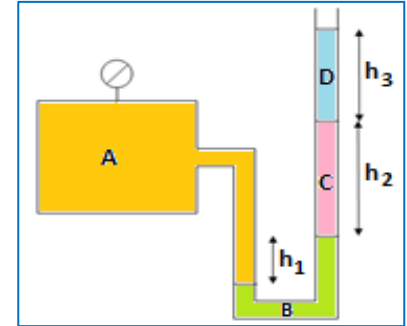


Martes 4 de junio del 2019, 10:30 h.

SEMESTRE 2019-2

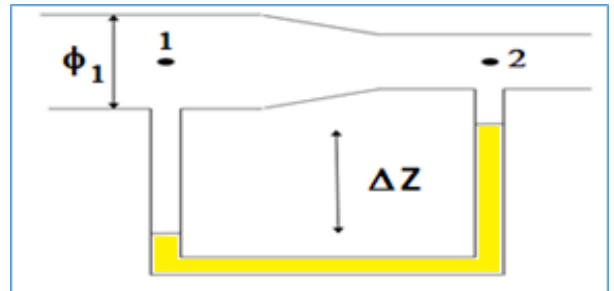
Instrucciones: Lea cuidadosamente los seis problemas que se ofrecen y resuelva cuatro en dos horas. Se permite la consulta de cualquier documento propio. **No se permite el uso de otro dispositivo electrónico que no sea la calculadora.**

1. En la siguiente figura se tienen 4 sustancias; la sustancia A es un fluido compresible confinado en un tanque y las sustancias B, C y D son fluidos incompresibles con densidad relativa de 13.6, 1 y 0.87, respectivamente. Si $h_1 = 7$ [cm], $h_2 = 12$ [cm] y $h_3 = 10$ [cm], ¿cuál será la lectura del manómetro conectado al tanque? Considere que el arreglo se encuentra en la Ciudad de México y que $\rho_{agua} = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$.

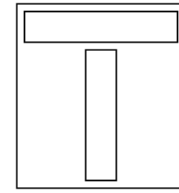


2. En un calorímetro de cobre de 200 [g], se tienen 300 [g] de agua a 30 [°C]. Posteriormente, se agregan 100 [g] de hielo a 0 [°C] y un pedazo de aluminio de 30 [g] a 120 [°C]. Después de un largo rato, la temperatura de equilibrio es de 278.2 [K]. Determine la capacidad térmica específica del aluminio. Considere que para el agua: $h_{fus} = 333.7 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$, $c_{agua} = 4.186 \left[\frac{J}{g\Delta^{\circ}C} \right]$ y para el cobre $c_{cu} = 0.393 \left[\frac{kJ}{kg\Delta^{\circ}C} \right]$.

3. En el laboratorio de termodinámica de CU, se tiene una tubería con una reducción, como se muestra en la figura. Dicha tubería tiene instalado un manómetro diferencial de mercurio ($\rho_{Hg} = 13600 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$) con una diferencia de altura (Δz) de 1.6 [cm]. Se sabe que el diámetro en la sección 1 (entrada) de la tubería es de 2.5 [cm] y el gasto másico del agua es de $0.108 \left[\frac{kg}{s} \right]$. Determine la rapidez del fluido en la sección 2 (salida) de la tubería. Considere para el fluido $\nu = 0.001 \left[\frac{m^2}{s} \right]$.



4. En un tanque rígido de 3.2 [m³], hay un gas ideal que se encuentra originalmente a 1 [bar] y 27 [°C]. Se transfiere calor al gas, hasta que alcanza 400 [°C]. Determine el calor transferido, en kJ. Considere para el gas: $R = 296.9 \left[\frac{J}{kgK} \right]$ y $k = 1.4$.
5. Entra CO₂ a un compresor, a 1 [bar], 450 [K] y $220 \left[\frac{m}{s} \right]$. En la salida, se tienen 6 [bar], 740 [K] y $120 \left[\frac{m}{s} \right]$. Durante el proceso, ocurre una pérdida de calor de $25 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$. Si el diámetro del conducto de salida es de 2.5 [cm], calcule la potencia de flecha requerida por el compresor. Considere para el CO₂: $R = 0.1889 \left[\frac{kJ}{kg K} \right]$ y $c_p = 0.846 \left[\frac{kJ}{kg K} \right]$.
6. Una corriente de agua entra en una turbina a razón de $4 \left[\frac{kg}{min} \right]$. Las condiciones del agua a la entrada son: 1.6 [MPa] y 225 [°C]; las condiciones a la salida son 2 [bar] y 150 [°C]. La turbina entrega una potencia de flecha igual a 26.3 [kW]. Si el ambiente está a 25 [°C], calcule la entropía generada en cada unidad de tiempo e indique si el proceso es posible.



RESOLUCIÓN

1.

$$P_\alpha = P_\beta$$

$$P_\alpha = P_\beta = P_{man} + P_{atm}$$

$$P_\beta = P_B + P_C + P_D + P_{atm} = \rho_{H_2O} (\delta_B g h_1 + \delta_C g h_2 + \delta_D g h_3) + P_{atm}$$

Al igualar P_α y P_β :

$$P_{man} + P_{atm} = \rho_{H_2O} g (\delta_B h_1 + \delta_C h_2 + \delta_D h_3) + P_{atm}$$

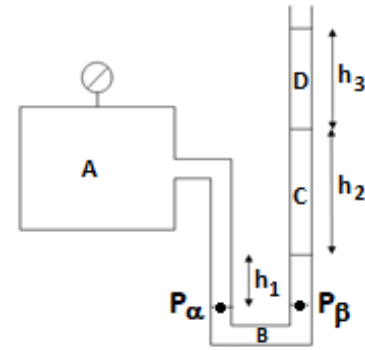
$$P_{man} = \rho_{H_2O} g (\delta_B h_1 + \delta_C h_2 + \delta_D h_3)$$

$$P_{man} = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left(9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right] \right) (13.6[1](0.07[m]) + 1[1](0.12[m]) + 0.87[1](0.1[m]))$$

$$P_{man} = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left(9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right] \right) (0.952[m] + 0.12[m] + 0.087[m])$$

$$P_{man} = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left(9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right] \right) (1.159[m]) = 11335.02 [Pa]$$

$$P_{man} = 11.335 [kPa]$$



2.

$$\sum Q = 0$$

$$Q_{fus} + Q_{h \rightarrow A} + Q_{H_2O} + Q_{Al} + Q_{Cu} = 0$$

$$m_h h_{fus} + m_h c_{H_2O} (T_{eq} - T_{fus}) + m_{H_2O} c_{H_2O} (T_{eq} - T_{iH_2O}) + m_{Al} c_{Al} (T_{eq} - T_{iAl}) + m_{Cu} c_{Cu} (T_{eq} - T_{iCu}) = 0$$

$$c_{Al} = \frac{-m_h h_{fus} - m_h c_{H_2O} (T_{eq} - T_{fus}) - m_{H_2O} c_{H_2O} (T_{eq} - T_{iH_2O}) - m_{Cu} c_{Cu} (T_{eq} - T_{iCu})}{m_{Al} (T_{eq} - T_{iAl})}$$

$$= \frac{-(100 [g]) (333.7 \left[\frac{J}{g} \right]) - (100 [g]) (4.186 \left[\frac{J}{g \Delta^\circ C} \right]) (5.05 - 0) [^\circ C] - (300 [g]) (4.186 \left[\frac{J}{g \Delta^\circ C} \right]) (5.05 - 30) [^\circ C] - (200 [g]) (0.393 \left[\frac{J}{g \Delta^\circ C} \right]) (5.05 - 30) [^\circ C]}{30 [g] (5.05 - 120) [^\circ C]}$$

$$= \frac{-33370 [J] - 418.6 \left[\frac{J}{\Delta^\circ C} \right] (5.05) [^\circ C] - 1255.8 \left[\frac{J}{\Delta^\circ C} \right] (-24.95) [^\circ C] - 78.6 \left[\frac{J}{\Delta^\circ C} \right] (-24.95) [^\circ C]}{30 [g] (-114.95) [\Delta^\circ C]}$$

$$= \frac{-33370 [J] - 2113.93 [J] + 31332.21 [J] + 1961.07 [J]}{-3448.5 [g \Delta^\circ C]} = \frac{-2190.65 [J]}{-3448.5 [g \Delta^\circ C]} = 0.635 \left[\frac{J}{g \Delta^\circ C} \right]$$

$$c_{Al} = 0.635 \left[\frac{kJ}{kg \Delta^\circ C} \right]$$

3.

Balance de masa:

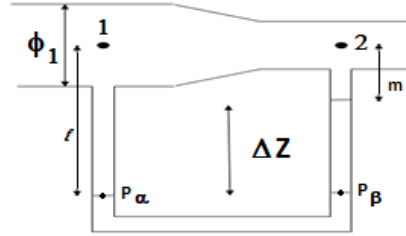
$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\dot{m}_1 = \rho_1 \bar{V}_1 A_1$$

Ec. de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{\bar{V}_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{\bar{V}_2^2}{2} + gZ_2, \text{ de aqu\u00ed se tiene que } \bar{V}_2 = \sqrt{2 \left(\frac{P_1 - P_2}{\rho} + \frac{\bar{V}_1^2}{2} \right)} = \sqrt{2(P_1 - P_2)v + \bar{V}_1^2}$$

Del man\u00f3metro diferencial:



$$P_\alpha = P_1 + \rho_{H_2O} g l$$

$$P_\beta = P_2 + \rho_{H_2O} g m + \rho_{Hg} g \Delta Z$$

$$l = \Delta Z + m$$

$$\therefore P_\alpha = P_1 + \rho_{H_2O} g \Delta Z + \rho_{H_2O} g m$$

Igualando P_α y P_β :

$$P_1 + \rho_{H_2O} g \Delta Z + \rho_{H_2O} g m = P_2 + \rho_{H_2O} g m + \rho_{Hg} g \Delta Z \rightarrow P_1 - P_2 = g \Delta Z (\rho_{Hg} - \rho_{H_2O})$$

por lo que: $P_1 - P_2 = 9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right] (0.016[m]) (13600 - 1000) \left[\frac{kg}{m^3} \right] = 1971.648 [Pa]$

además: $A_1 = \pi \left(\frac{\phi^2}{4} \right) = 0.00049 [m^2]$ y $\bar{V}_1 = \frac{\dot{m}}{\rho A_1} = \frac{\dot{m} v}{A_1} = \frac{0.108 \left[\frac{kg}{s} \right] (0.001 \left[\frac{m^3}{kg} \right])}{0.00049 [m^2]} = 0.22 \left[\frac{m}{s} \right]$

Sustituyendo en \bar{V}_2 :

$$\bar{V}_2 = \sqrt{2(P_1 - P_2)v + \bar{V}_1^2} = \sqrt{2(1971.648 [Pa]) \left(0.001 \left[\frac{m^3}{kg} \right] \right) + \left(0.22 \left[\frac{m}{s} \right] \right)^2} = \sqrt{(3.943296 + 0.0484) \left[\frac{m^2}{s^2} \right]}$$

$$= \sqrt{3.991696 \left[\frac{m^2}{s^2} \right]}$$

$$\bar{V}_2 = 1.997 \left[\frac{m}{s} \right]$$

4.

Balance de energ\u00eda: $Q + W = \Delta U = mc_v (T_2 - T_1); \quad W = 0$

Para determinar la masa:

$$m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{10^5 [Pa] (3.2 [m^3])}{296.9 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] (300.15 [K])} = 3.5909 [kg]$$

Para calcular la c_v :

$$R = c_p - c_v; \quad k = \frac{c_p}{c_v} \quad \rightarrow \quad 296.9 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] = 1.4c_v - c_v \quad \therefore \quad c_v = 742.25 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

Sustituyendo en el balance de energía:

$$Q = 3.5909 [kg] \left(742.25 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] \right) (673.15 - 300.15) [K]$$

$$Q = 994173.88 [J] = 994.173 [kJ]$$

5.

Balance de energía:

$$\dot{Q} + \dot{W} = \dot{m} (h_2 - h_1 + \frac{1}{2}(\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2))$$

$$\dot{W}_{fl} = \dot{m} (c_p(T_2 - T_1) + \frac{1}{2}(\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2) - q)$$

Para calcular \dot{m} :

$$\dot{m} = \rho_2 A_2 \bar{V}_2 = \left(\frac{P_2}{RT_2} \right) A_2 \bar{V}_2$$

$$R_{CO_2} = 0.1889 \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]; \quad c_p = 0.846 \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right]$$

$$\therefore \dot{m} = \frac{6 \times 10^5 [Pa]}{188.9 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] (740 [K])} \left(\frac{\pi}{4} (0.025)^2 [m^2] \right) (120 \left[\frac{m}{s} \right])$$

$$\dot{m} = 4.2923 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left(\frac{\pi}{4} (0.025)^2 [m^2] \right) (120 \left[\frac{m}{s} \right])$$

$$\dot{m} = 0.2528 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{W}_{fl} = 0.2528 \left[\frac{kg}{s} \right] \left(846 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] (740 - 450) [K] \right) + \frac{1}{2} ((120)^2 - (220)^2) \left[\frac{m^2}{s^2} \right] - \left(-25000 \left[\frac{J}{kg} \right] \right)$$

$$\dot{W}_{fl} = 70021.952 [W] = 70.021 [kW]$$

6.

$$S_{gen} = \dot{m} (S_2 + S_1) - \frac{\dot{Q}}{T_{amb}}$$

Para el cálculo de \dot{Q} :

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_2 - h_1) - \dot{W}_{fl}$$

De tablas:

$$P_1 = 1.6 [MPa] \text{ y } T_1 = 225 [^{\circ}C] \rightarrow \begin{cases} h_1 = 2857.8 \left[\frac{kJ}{kg} \right] \\ s_1 = 6.5537 \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right] \end{cases}$$

$$P_2 = 0.2 [MPa] \text{ y } T_2 = 150 [^{\circ}C] \rightarrow \begin{cases} h_2 = 2769.1 \left[\frac{kJ}{kg} \right] \\ s_2 = 7.2810 \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right] \end{cases}$$

$$\therefore \dot{Q} = \frac{4}{60} \left[\frac{kg}{s} \right] (2769.1 - 2857.8) \left[\frac{kJ}{kg} \right] - (-26.3) [kW] = 20.3867 [kW]$$

$$S_{gen} = \frac{4}{60} \left[\frac{kg}{s} \right] (7.2810 - 6.5537) \left[\frac{kJ}{kg \cdot K} \right] - \frac{20.3867 [kW]}{298.15 [K]}$$

$$S_{gen} = -0.019 \left[\frac{kW}{K} \right] < 0 \text{ ;! IMPOSIBLE}$$