FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA Y QUÍMICA
SECCIÓN ACADÉMICA DE TERMODINÁMICA
TERMODINÁMICA (1437) Y TERMODINÁMICA (0068)
PRIMER EXAMEN FINAL

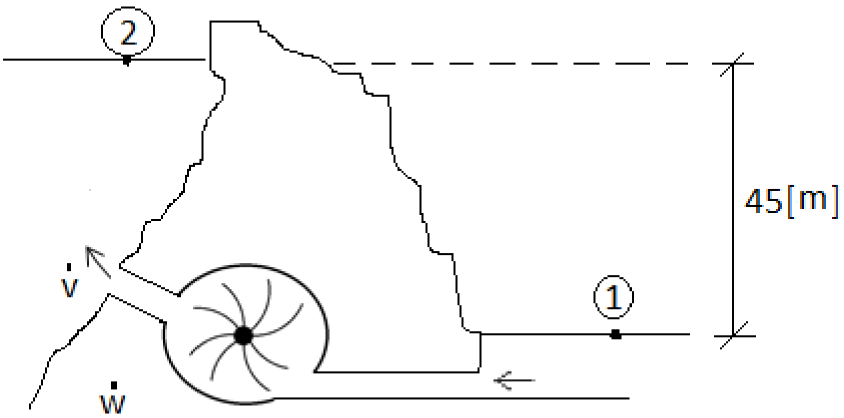
VIERNES 30 DE NOVIEMBRE DE 2018 13:45 h, SEM 2019-1

Nombre del alumno: ____ Firma: ________________

Instrucciones: Resuelva cuatro de los seis problemas propuestos en un máximo de dos horas. Se permite la consulta de cualquier documento propio. **Se prohíbe el uso de cualquier otro dispositivo que no sea la calculadora.**

1. En un recipiente, abierto a la atmósfera en su parte superior, se tienen tres sustancias: glicerina ($\delta_{glicerina}$ = 1.12, $z_{glicerina}$ = 10[cm]), agua (δ_{agua} = 1, z_{agua} = 15[cm]) y aceite (δ_{aceite} = 0.71); considerando que en el fondo del recipiente se tiene una presión igual a la que produce una columna de mercurio (δ_{Hg} = 13.6, z_{Hg} = 15[cm]), determine la columna z de aceite.

2. Se bombea agua de un embalse inferior a otro superior, como se muestra en la figura, mediante una bomba que proporciona 20[kW] de potencia de flecha. La superficie libre del embalse superior está 45[m] más arriba respecto a la del inferior. Si el caudal medido de agua es 0.03 [m^3/s], determine la potencia mecánica disipada durante este proceso debido a los efectos de rozamiento.



3. Determine el volumen específico del agua de un sistema cerrado que se encuentra a 300 [kPa], 133.52[°C] y 2500 [kJ/kg] de energía interna específica.

4. Un recipiente de 1 [m^3] con aire (R = 286.7 [J/kg·K]) a 25 [°C] y 500 [kPa], se conecta con otro recipiente que contiene 5 [kg] de aire a 35[°C] y 200 [kPa], a través de una válvula. La válvula se abre y se deja que todo el sistema llegue al equilibrio térmico con los alrededores que están a 20 [°C]. Determine el volumen del segundo recipiente y la presión de equilibrio del agua al final del proceso.

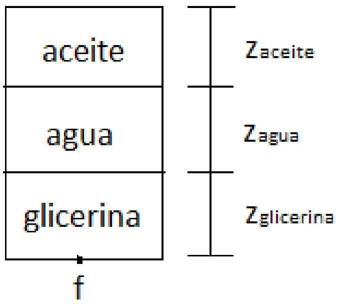
5. Determine el gasto másico de una turbina adiabática que genera 5 [kW] manejando agua a la entrada con 200 [kPa], 150 [°C], 0.95986 [m^3/kg], 2577.1 [kJ/kg] de energía interna específica y 40 [m/s]; a la salida presenta 25 [m/s] y una entalpia específica de 2684.9 [kJ/kg], considere que la entrada y la salida están al mismo nivel.

6. Un recipiente rígido, de paredes adiabáticas, contiene 5 [kg] de un vapor húmedo de agua a 150 [kPa]. Inicialmente tres cuartas partes de agua se encuentran en fase líquida. Un calentador de una resistencia eléctrica colocado en el recipiente se enciende y se mantiene así hasta que todo el líquido se evapora. Determine el cambio de entropía durante el proceso.

VIERNES 30 DE NOVIEMBRE DE 2018 — 13:45 h, SEM 2019-1

RESOLUCIONES

1.



$$\delta = \frac{\rho_{sus\tan cia}}{\rho_{referencia}}$$

$$\rho_{glicerina} = \delta_{glicerina}\rho_{agua} = (1.12)\left(10^3\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right) = 1120\left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$\rho_{aceite} = \delta_{aceite}\rho_{agua} = (0.71)\left(10^3\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right) = 710\left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$\rho_{Hg} = \delta_{Hg}\rho_{agua} = (13.6)\left(10^3\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right) = 13600\left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$P_f = \rho_{Hg}\, g\; z_{Hg} = \left(13600\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right)\left(9.78\left[\frac{m}{s^2}\right]\right)(0.15[m]) = 19951.2[Pa]$$

$$P_f = P_{glicerina} + P_{agua} + P_{aceite} = (\rho_{glicerina})(g)(z_{glicerina}) + (\rho_{agua})(g)(z_{agua}) + (\rho_{aceite})(g)(z_{aceite})$$

$$z_{aceite} = \frac{P_f - (\rho_{glicerina})(g)(z_{glicerina}) - (\rho_{agua})(g)(z_{agua})}{(\rho_{aceite})(g)}$$

$$z_{aceite} = \frac{19954.2[Pa] - \left(1120\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right)\left(9.78\left[\frac{m}{s^2}\right]\right)(0.1[m]) - \left(10^3\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right)\left(9.78\left[\frac{m}{s^2}\right]\right)(0.15[m])}{\left(710\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right)\left(9.78\left[\frac{m}{s^2}\right]\right)} = 2.504[m]$$

O bien:

$$P_f = (\rho_{Hg})(g)(z_{Hg}) = (\delta_{Hg})(\rho_{agua})(g)(z_{Hg}).....(1) \quad ; P_f = (\rho_{glicerina})(g)(z_{glicerina}) + (\rho_{agua})(g)(z_{agua}) + (\rho_{aceite})(g)(z_{aceite})$$

$$P_f = (\delta_{glicerina})(\rho_{agua})(g)(z_{glicerina}) + (\delta_{agua})(\rho_{agua})(g)(z_{agua}) + (\delta_{aceite})(\rho_{agua})(g)(z_{aceite}).....(2)$$

Igualando (1) con (2):

$$(\delta_{glicerina})(\rho_{agua})(g)(z_{glicerina}) + (\delta_{agua})(\rho_{agua})(g)(z_{agua}) + (\delta_{aceite})(\rho_{agua})(g)(z_{aceite}) = (\delta_{Hg})(\rho_{agua})(g)(z_{Hg})$$

$$(\delta_{glicerina})(z_{glicerina}) + (\delta_{agua})(z_{agua}) + (\delta_{aceite})(z_{aceite}) = (\delta_{Hg})(z_{Hg})$$

$$z_{aceite} = \frac{(\delta_{Hg})(z_{Hg}) - (\delta_{glicerina})(z_{glicerina}) - (\delta_{agua})(z_{agua})}{\delta_{aceite}} = \frac{(13.6)(0.15[m]) - (1.12)(0.1[m]) - (1)(0.15[m])}{0.71} = 2.504[m]$$

2.

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad m = \rho V; \quad \dot{m} = \rho \dot{V} = \left(10^3\left[\frac{kg}{m^3}\right]\right)\left(0.03\left[\frac{m^3}{s}\right]\right) = 30\left[\frac{kg}{s}\right]$$

$${}_1\dot{Q}_2 + {}_1\dot{W}_2 = \dot{m}\left[\Delta e_c + \Delta e_p + \Delta h\right]_{12} \quad \text{considerando} \quad {}_1\dot{Q}_2 = 0 \quad , \quad \left[\Delta e_c\right]_{12} = 0$$

$${}_1\dot{W}_2 = \dot{m}\left[\Delta e_p + c_p \Delta T\right]_{12} \quad ; \quad \text{como} \quad T_1 = T_2 : \quad {}_1\dot{W}_2 = \dot{m}\left[\Delta e_p\right]_{12}$$

$${}_1\dot{W}_2 = \dot{m}\left[(g)(z_2 - z_1)\right] = \left(30\left[\frac{kg}{s}\right]\right)\left(9.8\left[\frac{m}{s^2}\right]\right)(45-0)[m] = 13230[W] = 13.23[kW]$$

$$\dot{W}_B = {}_1\dot{W}_2 + \dot{W}_{pérdidas} \quad \therefore \quad \dot{W}_{pérdidas} = \dot{W}_B - {}_1\dot{W}_{22} = 20[kW] - 13.23[kW] = 6.77[kW]$$

3.

$$m = cte$$

$$P = 300[kPa] \quad a \quad P = 300[kPa] - - - - - > T_{saturación} = 133.52[°C] \quad \therefore es \ una \ mezcla$$

$$T = 133.52[°C], \quad u = 2500\left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

$$u = u_f + (x)(u_{fg}), \quad v = v_f + (x)(v_g - v_f)$$

$$De \ tablas: \begin{cases} v_f = 0.001073\left[\dfrac{m^3}{kg}\right] \\ v_g = 0.60582\left[\dfrac{m^3}{kg}\right] \\ u_f = 561.11\left[\dfrac{kJ}{kg}\right] \\ u_{fg} = 1982.1\left[\dfrac{kJ}{kg}\right] \end{cases}$$

$$Entonces: \quad x = \frac{u - u_f}{u_{fg}} = \frac{(2500 - 561.11)\left[\dfrac{kJ}{kg}\right]}{1982.1\left[\dfrac{kJ}{kg}\right]} = 0.9782$$

$$Por \ lo \ tanto: \quad v = 0.001073\left[\frac{m^3}{kg}\right] + (0.9782)(0.60582 - 0.001073)\left[\frac{m^3}{kg}\right] = 0.5926\left[\frac{m^3}{kg}\right]$$

4.

Recipiente “A” :

V_A = 1 [m^3]

T_{1A} = 25 [°C] = 298.15 [K]

P_{1A} = 500 [kPa]

Recipiente “B” :

m_B = 5 [kg]

T_{1B} = 35 [°C] = 308.15 [K]

P_{1B} = 200 [kPa]

Al final del proceso: T_2 = 20 [°C] = 293.15 [K]

a)

$$P_A V_A = m_A R T_A$$

$$m_A = \frac{P_A V_A}{R T_A} = \frac{\left(500\times10^3\left[Pa\right]\right)\left(1\left[m^3\right]\right)}{\left(286.7\left[\frac{J}{kg\bullet K}\right]\right)\left(298.15\left[K\right]\right)} = 5.8493\left[kg\right]$$

$$P_B V_B = m_B R T_B$$

$$V_B = \frac{m_B R T_B}{P_B} = \frac{\left(5\left[kg\right]\right)\left(286.7\left[\frac{J}{kg\bullet K}\right]\right)\left(308.15\left[K\right]\right)}{200\times10^3\left[Pa\right]} = 2.2087\left[m^3\right]$$

b) $V_T = V_A + V_B = (\ 1 + 2.2087\ )\ [\ m^3] = 3.2087\ [\ m^3]$

$m_T = m_A + m_B = (\ 5.8493 + 5\ )\ [\ kg\ ] = 10.8493\ [\ kg\ ]$

$$P_2 V_2 = m_T R T_2$$

$$P_2 = \frac{m_T R T_2}{V_2} = \frac{\left(10.8493\left[kg\right]\right)\left(286.7\left[\frac{J}{kg\bullet K}\right]\right)\left(293.15\left[K\right]\right)}{3.2087\left[m^3\right]} = 284.18\left[kPa\right]$$

5.

$${}_1\dot{W}_2 = -5\left[kW\right];\quad P_1 = 200\left[kPa\right];\quad T_1 = 150\left[^\circ C\right];\quad v_1 = 0.95986\left[\frac{m^3}{kg}\right];\quad u_1 = 2577.1\left[\frac{kJ}{kg}\right];\quad \bar{v}_1 = 40\left[\frac{m}{s}\right]$$

$$h_2 = 2684.9\left[\frac{kJ}{kg}\right];\quad \bar{v}_1 = 25\left[\frac{m}{s}\right]$$

$${}_1\dot{Q}_2 + {}_1\dot{W}_2 = \dot{m}\left[\frac{1}{2}\left(\bar{v}_2^{\,2} - \bar{v}_1^{\,2}\right) + g\left(z_2 - z_1\right) + \left(h_2 - h_1\right)\right]$$

$$Considerando:\quad {}_1\dot{Q}_2 = 0 \quad y \quad \Delta e_p = 0$$

$$Se\ tiene:\quad {}_1\dot{W}_2 = \dot{m}\left[\frac{1}{2}\left(\bar{v}_2^{\,2} - \bar{v}_1^{\,2}\right) + \left[h_2 - \left(P_1 v_1 + u_1\right)\right]\right] \quad\rightarrow\quad \dot{m} = \frac{{}_1\dot{W}_2}{\frac{1}{2}\left(\bar{v}_2^{\,2} - \bar{v}_1^{\,2}\right) + \left[h_2 - \left(P_1 v_1 + u_1\right)\right]}$$

$$\Delta e_c = \frac{1}{2}\left[\left(25\left[\frac{m}{s}\right]\right)^2 - \left(40\left[\frac{m}{s}\right]\right)^2\right] = -487.5\left[\frac{J}{kg}\right]$$

$$h_1 = P_1 v_1 + u_1 = \left(200x10^3\left[Pa\right]\right)\left(0.95986\left[\frac{m^3}{kg}\right]\right) + 2577.1x10^3\left[\frac{J}{kg}\right] = 2769x10^3\left[\frac{J}{kg}\right]$$

$$\dot{m} = \frac{-5x10^3\left[W\right]}{-487.5\left[\frac{J}{kg}\right] + \left[\left(2684.9x10^3\left[\frac{J}{kg}\right]\right) - \left(2769x10^3\left[\frac{J}{kg}\right]\right)\right]} = 0.0591\left[\frac{kg}{s}\right]$$

6.

$$P_2 = 284.18[kPa]$$

$$m = 5[kg] \quad ; \quad P_1 = 150[kPa] \quad ; \quad y_1 = 0.75 \quad ; \quad x_1 = 0.25 \quad ; \quad x_2 = 1 \quad ; \quad v_1 = v_2$$

$$\Delta S_{12} = m\Delta s_{12}$$

En 1:

$$s_1 = s_{f1} + x_1 s_{fg1} \quad ; \quad v_1 = v_{f1} + x_1(v_{g1} - v_{f1})$$

$$de\ tablas: \begin{cases} s_{f1} = 1.4337\left[\dfrac{kJ}{kg \bullet K}\right] \\ s_{fg1} = 5.7894\left[\dfrac{kJ}{kg \bullet K}\right] \\ v_{f1} = 0.001053\left[\dfrac{m^3}{kg}\right] \\ v_{g1} = 1.1594\left[\dfrac{m^3}{kg}\right] \end{cases}$$

Entonces:

$$s_1 = 1.4337\left[\frac{kJ}{kg \bullet K}\right] + (0.25)\left(5.7894\left[\frac{kJ}{kg \bullet K}\right]\right) = 2.8811\left[\frac{kJ}{kg \bullet K}\right]$$

$$v_1 = 0.001053\left[\frac{m^3}{kg}\right] + (0.25)(1.1594 - 0.001053)\left[\frac{m^3}{kg}\right] = 0.2906\left[\frac{m^3}{kg}\right]$$

$$como \quad v_1 = v_2 \quad ; \quad v_2 = 0.2906\left[\frac{m^3}{kg}\right]$$

En 2:

$$v_2 = 0.2906\left[\frac{m^3}{kg}\right]; \quad x_2 = 1$$

De tablas:

$v\left[\frac{m^3}{kg}\right]$	$s\left[\frac{kJ}{kg \bullet K}\right]$
0.2926	6.7322
0.2906	s_2
0.27278	6.7071

$$Interpolando: \quad s_2 = 6.7297\left[\frac{kJ}{kg \bullet K}\right]$$

$$Finalmente: \quad \Delta S_{12} = 5[kg](6.7297 - 2.8811)\left[\frac{kJ}{kg \bullet K}\right] = 19.243\left[\frac{kJ}{K}\right]$$