

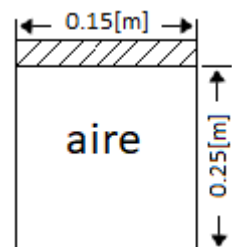
Viernes 7 de diciembre del 2018, 13:45 h.

SEMESTRE 2019-1

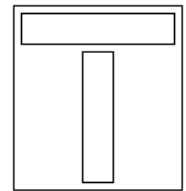
Instrucciones: Lea cuidadosamente los cinco problemas que se ofrecen y resuelva cuatro en dos horas en el orden que usted desee. Se permite la consulta de cualquier documento propio. **No se permite el uso de cualquier otro dispositivo electrónico diferente a la calculadora.**

1. Entra vapor a una turbina con una rapidez muy baja a $8[MPa]$ y $600[^\circ C]$ y sale a $30[kPa]$ y una calidad de 0.95, el vapor abandona la turbina a través de una área de $0.3[m^2]$ con una rapidez de $200[m/s]$. Calcule la potencia generada por la turbina suponiendo que está perfectamente aislada térmicamente.
2. Entra $R134a$ al condensador de un sistema de refrigeración operando en estado estable a $9[bar]$ y $50[^\circ C]$ a través de un tubo de $2.5[cm]$ de diámetro. A la salida se tienen $9[bar]$, $30[^\circ C]$ y $2.5[cm]$ de diámetro. El gasto másico es de $6[kg/min]$. Determine la transferencia de calor, en cada unidad de tiempo, hacia los alrededores los cuales tienen una temperatura de $20[^\circ C]$; así mismo, determine la entropía generada en el proceso.
3. Un dispositivo de cilindro-émbolo contiene nitrógeno a $500[kPa]$ y $400[K]$, con un volumen inicial de $750[cm^3]$. El nitrógeno es calentado isotérmicamente y se expande hasta que su presión se reduce a $100[kPa]$. Durante este proceso el trabajo realizado por el nitrógeno asciende a $0.55[kJ]$.
 - a) Determine si este proceso es internamente reversible o irreversible.
 - b) Si el proceso es posible, calcule la variación de entropía.

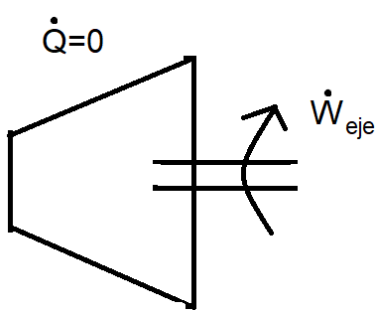
4. En un sistema cilindro-émbolo se tiene aire a $101[kPa]$. Inicialmente, el émbolo, de diámetro $0.15[m]$ se encuentra a $0.25[m]$ como se muestra en la figura. Si el émbolo desciende según $PV^{1.2} = cte$ hasta que el volumen final es $\frac{1}{5}$ del volumen inicial, calcule el trabajo realizado en el proceso.



5. Una planta geotérmica utiliza vapor producido en un pozo recién perforado, el cual entra a una turbina adiabática a $4.5[bar]$ y $200[^\circ C]$. El vapor sale de dicha turbina con una calidad de 0.8 y una presión absoluta de $112.43[mmHg]$, produciendo $12.5[MW]$ de potencia. Sabiendo que la planta está a nivel del mar, calcule el flujo de vapor en $[kg/s]$.



1.



$$\begin{cases} P_1 = 8 \text{ [MPa]} \\ T_1 = 600 \text{ [}^\circ\text{C]} \end{cases} \rightarrow h_1 = 3642.4 \text{ [kJ/kg]}$$

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

$$\dot{W}_{eje} = \dot{m} \left[h_2 - h_1 + \frac{1}{2} \bar{V}_2^2 \right]$$

$$\begin{cases} P_2 = 30 \text{ [kPa]} \\ x_2 = 0.95 \end{cases} \rightarrow v_{f_2} = 0.001022 \text{ [m}^3\text{/kg]}, v_{g_2} = 5.2287 \text{ [m}^3\text{/kg]}, h_{f_2} = 289.27 \text{ [kJ/kg]}, h_{fg_2} = 2335.3 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_2 = h_{f_2} + x_2 h_{fg_2} = 289.27 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] + (0.95) \left(2335.3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \right) = 2507.805 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

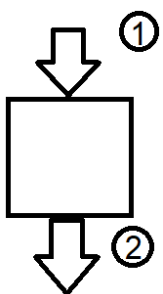
$$v_2 = v_{f_2} + x_2 (v_{g_2} - v_{f_2}) = 0.001022 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right] + (0.95) (5.2287 - 0.001022) \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right] = 4.9673 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{Entonces: } \dot{m}_2 = \left(\frac{\bar{V}A}{v_2} \right) = \frac{\left(200 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \right) \left(0.3 \text{ [m}^2\text{]} \right)}{4.9673 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]} = 12.079 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\dot{W}_{eje} = 12.079 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \left[(2507.805 - 3642.4) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] + \frac{1}{2} \left(200 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \right)^2 \right] = -13463.193 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{s}} \right] = -13463.193 \text{ [kW]} = -13.463 \text{ [MW]}$$

2.

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



$$\begin{array}{ll} P_1 = 9 \text{ [bar]} & P_2 = 9 \text{ [bar]} \\ T_1 = 50 \text{ [}^\circ\text{C]} & T_2 = 30 \text{ [}^\circ\text{C]} \\ \phi_1 = 2.5 \text{ [cm]} & \phi_2 = 2.5 \text{ [cm]} \end{array} \quad \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 6 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$\text{De tablas: con } P_1 \text{ y } T_1 \Rightarrow h_1 = 284.77 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right], v_1 = 0.024809 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right], s_1 = 0.9660 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$\text{con } T_2 = 30 \text{ [}^\circ\text{C]} \Rightarrow h_2 = h_f = 93.58 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \text{ y } s_2 = s_f = 0.34789 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$\text{entonces: } \dot{Q} = \dot{m} (h_2 - h_1) = 0.1 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] (93.58 - 284.77) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = -19.119 \text{ [kW]}$$

$$\dot{S}_{gen} = \dot{m} (s_2 - s_1) - \frac{\dot{Q}}{T} = \left(0.1 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \right) (0.34789 - 0.966) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] - \frac{(-19.119 \text{ [kW]})}{293.15 \text{ [K]}}$$

$$\dot{S}_{gen} = -0.0618 \left[\frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] + 0.0652 \left[\frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] = 0.003419 \left[\frac{\text{kW}}{\text{K}} \right] = 3.419 \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

3.

Para N_2 :

$$T_1 = 400[K], P_1 = 500[kPa], V_1 = 750 \times 10^{-6} [m^3]$$

$$W_{realizado} = -0.55[kJ]$$

$$P_2 = 100[kPa]$$

a)

$$W_{rev} = -\int P dV = -P_1 V_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -P_1 V_1 \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = -500[Pa](750 \times 10^{-6})[m^3] \ln\left(\frac{500[Pa]}{100[Pa]}\right) = -0.6035[kJ]$$

$$W_{rev} > W_{real}$$

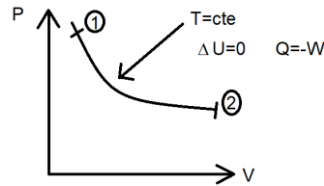
Debido a que el proceso es isotérmico: $T = cte$, $\Delta U = 0$ y $Q = -W$

$$\Delta S = \int_1^2 \left(\frac{\partial Q}{T}\right)_{rev} = \frac{0.6035 \times 10^3 [J]}{400[K]} = 1.508 \left[\frac{J}{K}\right]$$

$$\int_1^2 \left(\frac{\partial Q}{T}\right)_{real} = \frac{0.55 \times 10^3 [J]}{400[K]} = 1.375 \left[\frac{J}{K}\right]$$

$$S_2 - S_1 = \Delta S = 1.508 > \int_1^2 \left(\frac{\partial Q}{T}\right)_{real} = 1.375 \left[\frac{J}{K}\right] > 0 \therefore \text{El proceso es irreversible}$$

$$b) S_2 - S_1 > \int_1^2 \frac{\partial Q}{T} = 1.375 \left[\frac{J}{K}\right]$$



4.

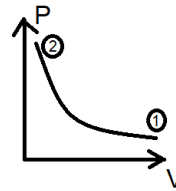
Datos :

$$P_1 = 101[kPa] \quad \phi_c = 0.15[m]$$

$$V_2 = \frac{V_1}{5} \quad L = 0.25[m]$$

$$W_T = ?$$

$$PV^{1.2} = cte$$



Sabemos:

$$W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{n-1}$$

$$V_1 = \frac{\pi \phi^2}{4} L = \frac{\pi (0.15[m])^2}{4} (0.25[m]) = 0.004418 [m^3]$$

$$V_2 = \frac{V_1}{5} = 0.0008835 [m^3]$$

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \Rightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n = 101[kPa](5)^{1.2} = 696.76[kPa]$$

$$W = \frac{(696.76[kPa])(0.0008835 [m^3]) - 101[kPa](0.004418 [m^3])}{0.2} = 0.8468[kJ]$$

5.

$$\begin{cases} P_1 = 4.5[\text{bar}] = 450[\text{kPa}] \\ T_1 = 200[^\circ\text{C}] \\ x_2 = 0.8 \\ P_2 = 112.48[\text{mmHg}] \end{cases}$$

$$P_2 = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{bar}} = \left(13600 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \right) \left(9.81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \right) (0.11248[\text{m}]) = 15.006[\text{kPa}] = 15[\text{kPa}]$$

$$\text{balance de masa: } \dot{m} = \dot{m}_1 - \dot{m}_2$$

$$\text{balance de energía: } \dot{Q} + \dot{W} = \dot{m} [\Delta e_c + \Delta e_p + \Delta h] \quad ; \quad \dot{Q} = 0 \quad ; \quad \Delta e_c \approx 0 \quad ; \quad \Delta e_p \approx 0$$

$$\dot{W} = \dot{m} [h_2 - h_1] \quad ; \quad \dot{m} = \frac{W}{h_2 - h_1}$$

Para el estado 1:

$$\text{de tablas e interpolando } \begin{cases} P_1 = 0.45[\text{MPa}] \\ T_1 = 200[^\circ\text{C}] \end{cases}$$

$P[\text{MPa}]$	$T[^\circ\text{C}]$	$h_f[\text{kJ/kg}]$
0.4	200	2860.9
0.45	200	h_1
0.5	200	2855.8

$$h_1 = 2858.35[\text{kJ/kg}]$$

$$\text{Para el estado 2: } \begin{cases} P_1 = 0.45[\text{MPa}] \\ T_1 = 200[^\circ\text{C}] \end{cases}$$

de tablas:

$$h_{f2} = 225.94[\text{kJ/kg}], \quad h_{fg2} = 2372.3[\text{kJ/kg}]$$

$$h_2 = h_{f2} + x_2(h_{fg2}) = \left(225.94 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \right) + (0.8) \left(2372.3 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \right) = 2123.8[\text{kJ/kg}]$$

Entonces:

$$\dot{m} = \frac{W}{h_2 - h_1} = \frac{-12500[\text{kW}]}{\left(2123.8 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \right) - \left(2858.35 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \right)} = 17.017 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$