PAUTA CONTROL 1

Profesor: Teresa Velilla
Profesor Auxiliar: Javier Carrillo

PREGUNTA 1

Al considerar los recipientes como un sistema aislado, no hay transferencia de masa o energía con el entorno. Luego aplicando la 1ra Ley de la Termodinámica:

$$dU = q - w \Rightarrow \Delta U = 0$$

Además para un gas ideal:

$$dU = c_V dT$$

Combinando las dos ecuaciones y reordenando se obtiene:

$$m_1 c_V (T_3 - T_1) + m_2 c_V (T_3 - T_2) = 0$$

$$\Rightarrow (m_1 + m_2) c_V T_3 = c_V (m_1 T_1 + m_2 T_2)$$

Donde T_3 es la temperatura de la mezcla una vez alcanzado el equilibrio. Como el sistema es cerrado, denotamos a la masa de la mezcla $m_3 = m_1 + m_2$, con lo que la temperatura final se puede expresar como:

$$T_3 = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_3}$$

PREGUNTA 2

Los datos del problema son:

$P = 10[MPa] = 10 \cdot 10^6 [N/m^2]$ $\quad$ $T = 150[K]$ $\quad$ $v_{exp} = 0{,}002388[m^3/kg]$

$P_C = 3{,}39[MPa]$ $\quad$ $T_C = 126{,}2[K]$ $\quad$ $PM_{N_2} = 28$

Resolvemos primero usando la ecuación de gas ideal:

$$Pv = RT \Rightarrow v = \frac{RT}{P} = \frac{8{,}314 \cdot 10^3 \left[N \cdot \frac{m}{kmol \cdot K}\right] \cdot 150[K]}{10 \cdot 10^6 \left[\frac{N}{m^2}\right]} = 0{,}125 \left[\frac{m^3}{kmol}\right]$$

Usando el peso molecular del gas se obtiene el valor del volumen específico en las unidades requeridas:

$$v_{g.i.} = \frac{0{,}125\left[\frac{m^3}{kmol}\right]}{28\left[\frac{kg}{kmol}\right]} = 0{,}004454 \left[\frac{m^3}{kg}\right] \qquad Error = 86{,}52\%$$

Ahora usamos el diagrama generalizado de compresibilidad. Calculando las coordenadas reducidas para leer el valor de Z del diagrama:

$$\left.\begin{array}{l} P_R = \frac{P}{P_C} = \frac{10[MPa]}{3{,}39[MPa]} = 2{,}949 \approx 2{,}95 \\ \\ T_R = \frac{T}{T_C} = \frac{150[K]}{126{,}2[K]} = 1{,}188 \approx 1{,}19 \end{array}\right\} \qquad Z = 0{,}54$$

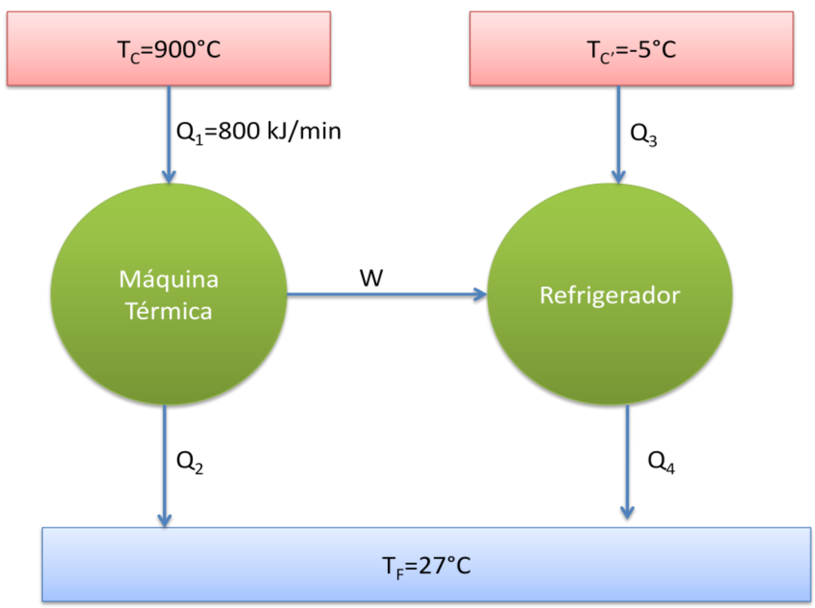
Con el valor de Z se obtiene el volumen específico:

$$Pv = ZRT \Rightarrow v = Z \cdot v_{g.i.} = 0{,}002405 \left[\frac{m^3}{kg}\right] \qquad Error = 0{,}71\%$$

Como se puede apreciar de los datos en el enunciado el nitrógeno se encuentra en un estado súper-crítico. Luego el error de gas ideal es grande y el método generalizado es capaz de corregir de gran manera esta aproximación.

PREGUNTA 3

El esquema del problema es el siguiente:



a) Por ser una máquina de Carnot su eficiencia queda expresada en función de las temperaturas de la fuente caliente y el sumidero:

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(27 + 273)[K]}{(900 + 273)[K]} = 0{,}7442 = 74{,}42\%$$

b) El coeficiente de operación del refrigerador está definido por:

$$COP = \frac{Q_3}{W} = \frac{Q_3}{|Q_4| - Q_3} = \frac{1}{\frac{|Q_4|}{Q_3} - 1}$$

Como el refrigerador también es una máquina de Carnot podemos escribir:

$$\frac{|Q_4|}{Q_3} = \frac{T_f}{T_{c'}}$$

Luego:

$$COP = \frac{1}{\frac{(27+273)[K]}{(-5+273)[K]} - 1} = 8{,}375$$

c) De la definición del COP:

$$Q_3 = COP \cdot W$$

Y además usando la eficiencia de la primera máquina:

$$\eta = W/Q_1$$

Por lo tanto:

$$Q_3 = COP \cdot \eta \cdot Q_1 = 8{,}375 \cdot 0{,}7442 \cdot 800 \left[\frac{kJ}{min}\right] = 4.981{,}8 \left[\frac{kJ}{min}\right]$$

d) El rechazo total hacia el ambiente queda expresado por:

$$Q_{rechazo} = Q_2 + Q_4 = (Q_1 - W) + (Q_3 + W) = Q_1 + Q_3 = 5.781{,}8 \left[\frac{kJ}{min}\right]$$