

## Resolución

1. En un cilindro con pistón se tiene un volumen inicial de  $0.1 \text{ [m}^3\text{]}$  de nitrógeno ( $R = 0.2968 \text{ [kJ/(kg}\cdot\text{ΔK)]}$  y  $c_v = 0.7448 \text{ [kJ/(kg}\cdot\text{ΔK)]}$ ) a  $150 \text{ [kPa]}$  y  $25 \text{ [}^\circ\text{C]}$ . Se mueve el pistón comprimiendo al nitrógeno hasta que la presión es  $1 \text{ [MPa]}$  y la temperatura es  $150 \text{ [}^\circ\text{C]}$ . Durante el proceso de compresión se realizaron  $20 \text{ [kJ]}$  de trabajo y hubo una transferencia de calor. Determine:
- La masa del nitrógeno su volumen final.
  - La transferencia de calor que se presentó durante el proceso, indicando el sentido de dicha energía.

Sistema: nitrógeno en el cilindro (sistema cerrado)

$$a) P_1 V_1 = m R T_1 \quad m = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{(150000 \text{ [Pa]})(0.1 \text{ [m}^3\text{]})}{\left(296.8 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right]\right)(298.15 \text{ [K]})} = 0.1695 \text{ [kg]}$$

$$P_2 V_2 = m R T_2 \quad V_2 = \frac{m R T_2}{P_2} = \frac{(0.1695 \text{ [kg]}) \left(296.8 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right]\right) (423.15 \text{ [K]})}{1 \times 10^6 \text{ [Pa]}}$$

$$V_2 = 0.0213 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$b) {}_1Q_2 + {}_1W_2 = \Delta U_{12} = m \Delta u_{12} \quad c_v = \frac{\Delta u}{\Delta T} \quad \Delta u = c_v \Delta T = c_v (T_2 - T_1)$$

$$\Delta u_{12} = \left(744.8 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right]\right) (423.15 - 298.15) \text{ [K]} = 93 \ 100 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}}\right]$$

$${}_1Q_2 = \Delta U_{12} - {}_1W_2 = m \Delta u_{12} - {}_1W_2$$

$${}_1Q_2 = (0.1695 \text{ [kg]}) \left(93 \ 100 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}}\right]\right) - (20 \ 000 \text{ [J]}) = -4 \ 219.55 \text{ [J]}$$

2. Una máquina térmica que opera con un ciclo reversible de Carnot, toma energía de un depósito térmico de temperatura alta y cuenta con una eficiencia térmica de  $57.89 \%$  produciendo  $2932 \text{ [J]}$  de trabajo en cada ciclo. Si el calor rechazado va al entorno que se encuentra a  $27 \text{ [}^\circ\text{C]}$ , determine:
- La temperatura, en  $^\circ\text{C}$ , del depósito térmico de temperatura alta.
  - Si la máquina cumple con la desigualdad de Clausius. Justifique matemáticamente su respuesta.

$$a) \eta_t = 1 - \frac{T_B}{T_A}; \quad \eta_t = \frac{T_A - T_B}{T_A}; \quad \eta_t T_A = T_A - T_B; \quad \eta_t T_A - T_A = -T_B;$$

$$T_A (\eta_t - 1) = -T_B ; \quad T_A = \frac{T_B}{1 - \eta_t} = \frac{300.15 \text{ K}}{1 - 0.5789} = 712.7761 \text{ [K]} = 439.6261 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$b) \oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 ; \quad \oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q_A}{T_A} + \frac{Q_B}{T_B} ; \quad \eta_t = \frac{|W_n|}{|Q_A|} ; \quad Q_A = \frac{W_n}{\eta} = \frac{2932 \text{ [J]}}{0.5789} = 5064.778 \text{ [J]}$$

$$|Q_A| = |W_n| + |Q_B| ; \quad |Q_B| = |Q_A| - |W_n| = (5064.778 - 2932) \text{ [J]} = 2132.778 \text{ [J]} ;$$

entonces

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{5064.778 \text{ [J]}}{712.7761 \text{ [K]}} + \frac{(-2132.778 \text{ [J]})}{300.15 \text{ [K]}} = 0 \quad \text{por lo tanto, sí cumple con la desigualdad.}$$

3. Un ciclo de Diesel que funciona con aire, en un ciclo reversible, tiene una relación de compresión  $r$ . El gas tiene una temperatura de  $26 \text{ [}^\circ\text{C]}$  al inicio de la compresión adiabática y, al final de la misma, llega a  $611 \text{ [}^\circ\text{C]}$  y  $0.5 \text{ [m}^3\text{/kg]}$ . Si después de la expansión isobárica la temperatura que alcanza el fluido es  $2500 \text{ [}^\circ\text{C]}$ , determine para dicha expansión:

- a) El volumen específico final del gas.  
b) El cambio de entropía específica.

$$a) P v = R T ; \quad P_2 = \frac{R T_2}{v_2} = \frac{(286.7 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta\text{K)}) (884.15 \text{ K})}{0.5 \text{ [m}^3\text{/kg]}} = 506971.61 \text{ [Pa]} = P_3 ;$$

$$v_3 = \frac{R T_3}{P_3} = \frac{(286.7 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta\text{K)}) (2773.15 \text{ K})}{506971.61 \text{ [Pa]}} = 1.5683 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$b) {}_2\Delta s_3 = c_v \ln \frac{T_3}{T_2} + R \ln \frac{v_3}{v_2}$$

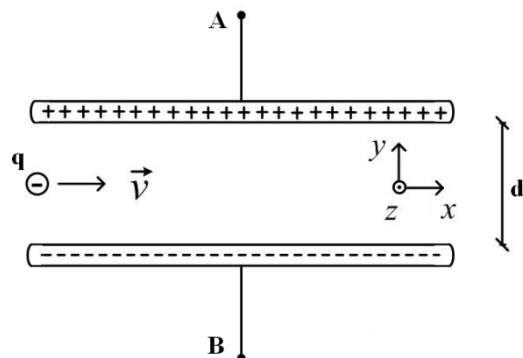
$${}_2\Delta s_3 = (718 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta\text{K)}) \ln \frac{2773.15 \text{ [K]}}{884.15 \text{ [K]}} + (286.7 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta\text{K)}) \ln \frac{1.5683 \text{ [m}^3\text{/kg]}}{0.5 \text{ [m}^3\text{/kg]}}$$

$${}_2\Delta s_3 = 820.7547 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta\text{K)]} + 327.7381 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta\text{K)]} = 1148.4928 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta\text{K)]}$$

4. Un electrón es lanzado con una velocidad de  $2 \times 10^6 \hat{i} \text{ [m/s]}$  en una región entre dos placas cargadas como se indica en la figura. Si la diferencia de potencial aplicada entre dichas placas es de  $12 \text{ [V]}$ , determine:

- a) El vector fuerza eléctrica que actúa sobre el electrón.  
b) El vector campo magnético necesario para que el electrón pase entre las placas sin desviación.

$$d = 2.5 \text{ [cm]}$$



a)  $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$        $\vec{F}_e = q\vec{E}$  ,      como  $E = \text{cte.}$ , entonces

$$E = \frac{V_{AB}}{d} \quad E = \frac{12[V]}{0.025[m]} = 480 [V/m] , \quad \vec{E} = -480 \hat{j} [V/m]$$

entonces:  $\vec{F}_e = (-1.6 \times 10^{-19} [C]) (-480 \hat{j} [N/C]) = 7.68 \times 10^{-17} \hat{j} [N]$

$$\vec{F}_e = 76.8 \hat{j} [\text{aN}]$$

b)  $\vec{F}_m = -\vec{F}_e$  ,       $\vec{F}_m = -76.8 \times 10^{-18} \hat{j} [N]$  ;       $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$   
 para que  $\vec{F}_m = F_m(-\hat{j})$  y como  $\vec{v} = v(\hat{i})$ , entonces  $\vec{B} = B(-\hat{k})$  para una carga negativa;  
 entonces:  $|\vec{F}_m| = |q| |\vec{v} \times \vec{B}| = |q| v B \sin \alpha$  ,      de acuerdo con la figura  $\alpha = 90 [^\circ]$

$$F_m = |q| v B \quad B = \frac{F_m}{|q| v} = \frac{76.8 \times 10^{-18} [N]}{(1.6 \times 10^{-19} [C]) (2 \times 10^6 [m/s])} = 2.4 \times 10^{-4} [T]$$

$$\vec{B} = -240 \hat{k} [\mu T]$$

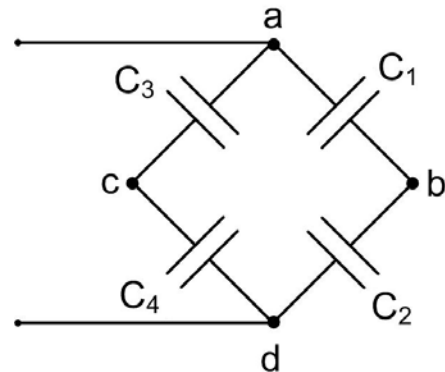
5. Para la conexión de capacitores que se muestra se sabe que la energía que almacena todo el arreglo es 0.81 [mJ] y la diferencia de potencial  $V_{ad} = 18 [V]$ , determine:

- a) El valor del capacitor  $C_1$ .  
 b) La carga eléctrica en los capacitores  $C_3$  y  $C_4$ .

$$C_2 = 3 [\mu F]$$

$$C_3 = 4.5 [\mu F]$$

$$C_4 = 9 [\mu F]$$



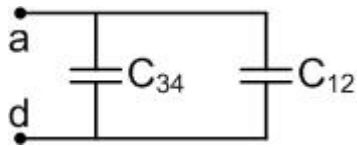
a)  $U_T = \frac{1}{2} C_{ad} V_{ad}^2$  ,       $C_{ad} = \frac{2U_T}{V_{ad}^2} = \frac{2(0.81 \times 10^{-3} [J])}{(18[V])^2} = 5 [\mu F]$

$$C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{(4.5)(9)}{(4.5+9)} [\mu F] = 3 [\mu F] , \quad C_{ad} = C_{34} + C_{12}$$

$$C_{12} = C_{ad} - C_{34} = (5 [\mu F]) - (3 [\mu F]) = 2 [\mu F] ,$$

$$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad \text{de donde} \quad C_1 = \frac{-C_{12} C_2}{C_{12} - C_2}$$

$$C_1 = \frac{-(2)(3)}{(2)-(3)} [\mu F] = 6 [\mu F] , \quad C_1 = 6 [\mu F]$$



b)  $Q_3 = Q_4$  ;       $C = \frac{Q}{V}$  ,       $Q = C V$  ,       $Q_{34} = C_{34} V_{ad}$ .

$$Q_{34} = (3 \times 10^{-6} [F]) (18 [V]) = 5.4 \times 10^{-5} [C] ; \quad Q_3 = Q_4 = 54 [\mu C]$$