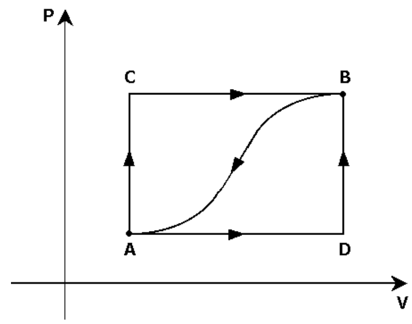
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
COORDINACIÓN DE FÍSICA Y QUÍMICA
EXAMEN COLEGIADO DE PRINCIPIOS DE
TERMODINÁMICA Y ELECTROMAGNETISMO (1314)
PRIMER EXAMEN FINAL SEMESTRE 2016 – 1
Martes 1 de diciembre de 2015, 15:30 horas

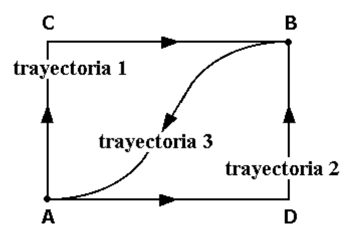
Resolución

1. Cuando un sistema termodinámico cerrado pasa del estado A al B a lo largo de la trayectoria ACB, como se muestra en la figura, recibe 83.72 [kJ] de calor y realiza 31.395 [kJ] de trabajo. Con base en ello, determine:



a) La cantidad de calor que recibe el sistema a lo largo de la trayectoria ADB, si el trabajo realizado en este caso es 10.465 [kJ].
b) Cuando el sistema cambia de B hacia A, a lo largo de la trayectoria curva indicada en la figura, el trabajo de compresión es 20.93 [kJ], ¿cuánto calor se transmite? indique si esta energía entra al sistema o sale de él.

a) $\{{}_A Q_B\}_{T1} = 83.72$ [kJ] ; $\{{}_A W_B\}_{T1} = -31.395$ [kJ] ;
$\{{}_A W_B\}_{T2} = -10.465$ [kJ]; $\{Q\} + \{W\} = \Delta U$;
$\{{}_A Q_B\}_{T1} + \{{}_A W_B\}_{T1} = {}_A\Delta U_B$;
${}_A\Delta U_B = (83.72$ [kJ] $) + (-31.395$ [kJ] $) = 52.325$ [kJ] ;
$\{{}_A Q_B\}_{T2} + \{{}_A W_B\}_{T2} = {}_A\Delta U_B$;
$\{{}_A Q_B\}_{T2} = {}_A\Delta U_B - \{{}_A W_B\}_{T2}$;
$\{{}_A Q_B\}_{T2} = (52.325$ [kJ] $) - (-10.465$ [kJ] $) =$ **62.79 [kJ]**



b) $\{{}_B W_A\}_{T3} = 20.93$ [kJ] ; $\{Q\}_{ciclo} + \{W\}_{ciclo} = 0$;
$\{{}_A Q_B\}_{T1} + \{{}_B Q_A\}_{T3} + \{{}_A W_B\}_{T1} + \{{}_B W_A\}_{T3} = 0$;
$\{{}_B Q_A\}_{T3} = -\{{}_A Q_B\}_{T1} - \{{}_A W_B\}_{T1} - \{{}_B W_A\}_{T3}$;
$\{{}_B Q_A\}_{T3} = -(83.72$ [kJ] $) - (-31.395$ [kJ] $) - (20.93$ [kJ]$) =$ **– 73.255 [kJ]** ;

como $\{{}_B Q_A\}_{T3} < 0$, esta energía sale del sistema.

2. Un gas refrigerante entra en un volumen de control, que opera en estado estacionario y régimen permanente, a través de un tubo con diámetro interno de 1.5 [cm] con una rapidez de 4.53 [cm/s] y tiene un volumen específico de 24.07 [cm^3/g]. Sale del volumen de control a través de un tubo con un área transversal circular de 0.35 [cm^2] y con una rapidez de 33.2 [m/s]. Determine:

a) El gasto o flujo másico del gas, exprese el resultado en [kg/min].
b) La densidad del gas refrigerante a la salida del volumen de control.

a) Sistema: gas refrigerante en un cierto instante en el volumen de control (sistema termodinámico abierto).

$$A_1 = \frac{1}{4}\pi\, d_1^{\,2} = \frac{1}{4}\pi\,(0.015\ [\mathrm{m}]\,)^2 = 1.7671 \times 10^{-4}\ [\mathrm{m}^2]$$

balance de masa: $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$; además $\dot{m}_1 = A_1\, v_1\, \rho_1 = A_1\, v_1\, \frac{1}{v_1}$

$$\dot{m} = (1.7671 \times 10^{-4}\ [\mathrm{m}^2]\,)\,(0.0453\ [\mathrm{m/s}]\,)\,(0.02407\ [\mathrm{m}^3/\mathrm{kg}]\,)^{-1} = 3.3258 \times 10^{-4}\ [\mathrm{kg/s}]$$

$$\dot{m} = (3.3258 \times 10^{-4}\ [\mathrm{kg/s}]\,)\,(60\ [\mathrm{s}]/1[\mathrm{min}]\,) = 0.019955\ [\mathrm{kg/min}] \approx \underline{\underline{0.02\ [\mathrm{kg/min}]}}$$

b) $\dot{m}_2 = A_2\, v_2\, \rho_2$; $\rho_2 = \dfrac{\dot{m}_2}{A_2 |\vec{v}_2|} = \dfrac{3.3258\times10^{-4}\,[\mathrm{kg/s}]}{(3.5\times10^{-5}\,[\mathrm{m}^2]\,)(33.2[\mathrm{m/s}]\,)} = \underline{\underline{0.2862\ [\mathrm{kg/m}^3]}}$

3. Un sistema cerrado contiene 0.1 [kg] de aire como gas ideal a 3 [bar] y 200 [°C], rechaza 7.7 [kJ/kg] de calor al medio ambiente que está a 20 [°C] y realiza un trabajo de 17 500 [J]. Si la presión final del sistema es 15 [bar] y su temperatura es 321 [°C], determine:

a) La variación de entropía específica del aire, en [kJ/(kg·K)].
b) La generación total de entropía en el proceso y, con base en ello, indique si es posible o imposible.

$T_1 = 200$ [°C] = 473.15 [K], $T_2 = 321$ [°C] = 594.15 [K].

a) Sistema: aire como gas ideal (sistema termodinámico cerrado).

$${}_1\Delta s_2 = c_p \ln\frac{T_2}{T_1} - R\ln\frac{P_2}{P_1} = (1\,004\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]\,)\ln\frac{594.15\ [\mathrm{K}]}{473.15\ [\mathrm{K}]} - (286.7\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]\,)\ln\frac{15\ [\mathrm{bar}]}{3\ [\mathrm{bar}]}$$

$${}_1\Delta s_2 = (228.6302\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]\,) - (461.4258\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]\,) = \underline{\underline{-\,0.2328\ [\mathrm{kJ/(kg\cdot K)}]}}$$

b) Como ${}_1\Delta S_2 = \displaystyle\int_2^1 \frac{\{\delta Q\}}{T}$; y ${}_1\Delta s_2 = \displaystyle\int_2^1 \frac{\{\delta q\}}{T}$,

para el medio ambiente tenemos que:

${}_1\Delta s_2 = \dfrac{\{{}_1q_2\}}{T_{amb}}$; $\{{}_1q_2\} =$ 7 700 [kJ/kg], entonces:

$${}_1\Delta s_2 = \frac{7\ 700\ [\mathrm{J/kg}]}{293.15\ [\mathrm{K}]} = 26.2664\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]$$

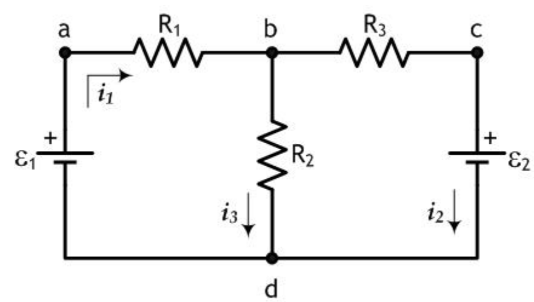
calculando ahora la entropia total (aire y medio ambiente), tenemos:

$$\Delta s_T = \Delta s_{aire} + \Delta s_{medio\ amb} = (-\,232.7956\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]\,) + (26.2664\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]\,) = \underline{\underline{-\,206.5292\ [\mathrm{J/(kg\cdot K)}]}}$$

Como el aire y el medio ambiente forman un sistema aislado, entonces:
$\Delta s_{sist.aislado} \geq 0$ y en este caso $\Delta s_T < 0$, por lo tanto el $\underline{\underline{\text{proceso es imposible.}}}$

4. Para el circuito mostrado en la figura, se sabe que el valor de la fuente de fuerza electromotriz ε_2 es 10 [V] y los de los resistores son $R_1 = 4$ [Ω], $R_2 = 3$ [Ω] y $R_3 = 2$ [Ω]. Si la corriente eléctrica i_3 es de 6 [A], determine:

a) La potencia que disipa el resistor R_3.
b) La diferencia de potencial V_{ab}.



a) aplicando la Ley de voltajes de Kirchhoff en la malla la derecha:

$\varepsilon_2 - R_2\, i_3 + R_3\, i_2 = 0 \qquad i_2 = \dfrac{R_2 i_3 - \varepsilon_2}{R_3} = \dfrac{(3[\Omega])(6[A]) - (10[V])}{2[\Omega]} = 4\ [A]$

$P_{R3} = R_3\, i_2^2 = (2\ [\Omega])\ (4\ [A])^2 = 32\ [W]$

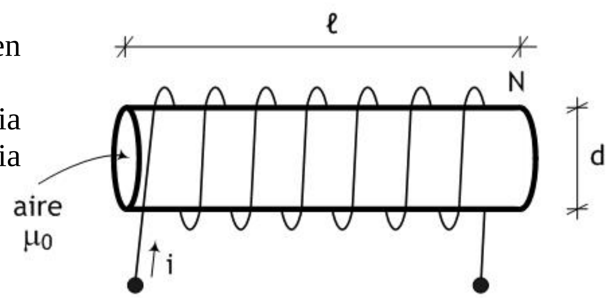
b) $V_{ab} = R_1\, i_1$; aplicando la Ley de corrientes de Kirchhoff en el nodo "b":

$i_1 = i_2 + i_3 = (4\ [A]) + (6\ [A]) = 10\ [A]$, $\quad V_{ab} = (4\ [\Omega])\ (10\ [A]) = 40\ [V]$

5. Se tiene un interruptor magnético que funciona con un electroimán de diámetro (d) igual a 2.5 [cm], una longitud (ℓ) de 23 [cm] y un peso de 20 [N]. Si el núcleo es de aire y su valor de inductancia es 1.5491 [mH], determine:

a) El número de espiras que tiene el inductor en forma de solenoide.

b) La energía magnética almacenada si la potencia del inductor es 150 [W] al aplicarle una diferencia de potencial de 60 [V].



a) $L = \dfrac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$, $\quad A = \frac{1}{4}\pi d^2$,

$L = \dfrac{\mu_0 N^2 \pi d^2}{4\ell}, \quad N = \sqrt{\dfrac{4L\ell}{\mu_0 \pi d^2}} = \sqrt{\dfrac{4(1.5491\times 10^{-3}\ [H])(0.23[m])}{(4\pi\times 10^{-7}\ [Wb/(A\cdot m)])(\pi)(0.025[m])^2}} = 760$ vueltas

b) $P = V\, i$; $\quad i = \dfrac{P}{V} = \dfrac{150[W]}{60[V]} = 2.5\ [A]$

$U = \frac{1}{2}\ (1.5491 \times 10^{-3}\ [H])\ (2.5\ [A])^2 = 4.8409\ [mJ]$