Solución - Segundo Parcial de Física 2 - 11/12/20

Ejercicio 1

Estado 1: $P_1 = 60$ kPa
$V_1 = 0,5$ m^3
$T_1 = 600$ K
Ecuación de estado: $n = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = 6,01$ mol

a)

$1 \rightarrow 2$ proceso isócoro
$V_1 = V_2 = 0,5$ m^3
$Q_{12} = n c_V (T_2 - T_1) = 50$ kJ $\Rightarrow T_2 = 1267$ K
$P_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = 126,62$ kPa

$3 \rightarrow 1$ proceso isotérmico
$T_3 = T_1 = 600$ K

$2 \rightarrow 3$ proceso adiabático
$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1} \Rightarrow V_3 = V_2 \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 1,53\ \text{m}^3$
$P_3 = \frac{nRT_3}{V_3} = 19,59$ kPa

b)

Primera ley: $\Delta U_{31} = Q_{31} + W_{sobre,31}$
Proceso isotérmico: $\Delta U_{31} = 0$
Por lo tanto, $Q_{31} = -W_{sobre,31} = nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_3}\right) = -33,53$ kJ

Primera ley al ciclo: $\Delta U_{ciclo} = 0$, entonces $W_{por,ciclo} = -W_{sobre,ciclo} = Q_{ciclo} = Q_{12} + Q_{31} = 16,47$ kJ

c)

Se trata de una máquina térmica: $W_{por,ciclo} > 0$.
$e_{M.T.} = \frac{|W|}{|Q_{in}|} = \frac{|W|}{Q_{12}} = 0,33$ o 33%

d)

$e_{Carnot} = e_{rev} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 0,53$ o 53%
$e_{M.T.} < e_{rev}$ ciclo irreversible

Ejercicio 2

El sistema {hielo + agua + cobre} se encuentra térmicamente aislado: $Q_{Tot} = Q_{hielo} + Q_{agua} + Q_{Cu} = 0$

Supongo que no se derrite nada de hielo, por lo tanto se debe tener que $T_{eq} \leq 0^o$ C y que se congela toda el agua.
$Q_{Cu} = m_{Cu} c_{Cu} (T_{eq} - T_{Cu,i})$
$Q_{hielo} = m_{hielo} c_{hielo} (T_{eq} - T_{hielo,i})$
$Q_{agua} = m_{agua} c_{agua} (273\text{K} - T_{agua,i}) - m_{agua} L_f + m_{agua} c_{hielo} (T_{eq} - 273\text{K})$

Por lo tanto,
$m_{Cu} c_{Cu} (T_{eq} - T_{Cu,i}) + m_{hielo} c_{hielo} (T_{eq} - T_{hielo,i}) + m_{agua} c_{agua} (273\text{K} - T_{agua,i}) - m_{agua} L_f + m_{agua} c_{hielo} (T_{eq} - 273\text{K}) = 0$

Despejando la temperatura de equilibrio, se obtiene: $T_{eq} = 266$ K$= -7^o$ C, lo cual es consistente con la hipótesis.

Ejercicio 3

Dilatación térmica: $\Delta R = R_c - R = R\alpha(T_c - T)$

Para que la esfera caiga, se tiene que cumplir que el radio de la esfera $R_c < r$ ($\Delta T < 0$).

Entonces $T_c < \frac{r-R}{R\alpha} + T$

Observación: se puede resolver también utilizando $\Delta V = 3\alpha V_i (T_c - T)$, asumiendo ΔT chicos.

Ejercicio 4

$n_A = 3$ mol
$P_{1A} = P_0$ $T_{1A} = T_0$
$V_{1A} = \frac{n_A R T_{1A}}{P_{1A}} = 7,336 \times 10^{-2}$ m^3

a)

$V_{2A} = \frac{2}{3} V_{Tot} = 1,333 \times 10^{-1}$ m^3

$1A \to 2A$ proceso isóbaro: $P_{2A} = P_{1A} = P_0$
Ecuación de estado: $T_{2A} = \frac{P_{2A} V_{2A}}{n_A R} = 541,5$ K

$W_{sobre,1A2A} = -P_0(V_{2A} - V_{1A}) = -6,07$ kJ

b)

Estado 2B: $V_{2B} = \frac{1}{3} V_{Tot} = 6,667 \times 10^{-2}$ m^3
$T_{2B} = T_0$
$P_{2B} = P_0$
Ecuación de estado: $n_B = 2,73$ mol

Primera ley a A: $\Delta U_{2A3A} = Q_{2A3A} + W_{sobre,2A3A}$
$\Delta U_{2A3A} = n_A c_{V,A}(T_{3A} - T_{2A}) = 6,79$ kJ
$Q_{2A3A} = 7,88$ kJ
$\Rightarrow W_{sobre,2A3A} = -1,09$ kJ

Primera ley a B: $\Delta U_{2B3B} = Q_{2B3B} + W_{sobre,2B3B}$
$Q_{2B3B} = 0$ (proceso adiabático)
$W_{sobre,2B3B} = -W_{sobre,2A3A} = 1,09$ kJ
$\Rightarrow \Delta U_{2B3B} = n_B c_{V,B}(T_{3B} - T_{2B}) = 1,09$ kJ

Despejando de la última ecuación: $T_{3B} = 317,2$ K

c)

Gas B
$2B \to 3B$ adiabático: $T_{3B} V_{3B}^{\gamma_B - 1} = T_{2B} V_{2B}^{\gamma_B - 1}$
De donde, $V_{3B} = \left(\frac{T_{2B}}{T_{3B}}\right)^{\frac{1}{\gamma_B - 1}} V_{2B} = 5,702 \times 10^{-2}$ m^3
Ecuación de estado: $P_{3B} = \frac{n_B R T_{3B}}{V_{3B}} = 126139$ Pa

Gas A
Equilibrio mecánico: $P_A = P_B$, entonces $P_{3A} = P_{3B}$
$V_{3A} = V_{Tot} - V_{3B} = 1,430 \times 10^{-1}$ m^3
Verifico $T_{3A} = 723,2$ K $\approx 450^o$ C

d)

$\Delta U_{1A3A} = n_A c_{V,A}(T_{3A} - T_{1A}) = 15,9$ kJ

e)

$\Delta S_{univ} = \Delta S_{gas\ A} + \Delta S_{gas\ B} + \Delta S_{R.T.}$

$\Delta S_{gas\ A} = \Delta S_{1A3A} = n_A c_{V,A} \ln\left(\frac{T_{3A}}{T_{1A}}\right) + n_A R \ln\left(\frac{V_{3A}}{V_{1A}}\right) = 49,8$ J/K

$\Delta S_{gas\ B} = \Delta S_{2B3B} = 0$ (proceso internamente reversible adiabático)

$\Delta S_{R.T.} = \frac{Q_{R.T.}}{T_{R.T.}} = \frac{-(Q_{1A2A} + Q_{2A3A})}{T_{R.T.}}$
$Q_{1A2A} = n_A c_{P,A}(T_{2A} - T_{1A}) = 15183$ J
Por lo tanto, $\Delta S_{R.T.} = -32$ J/k

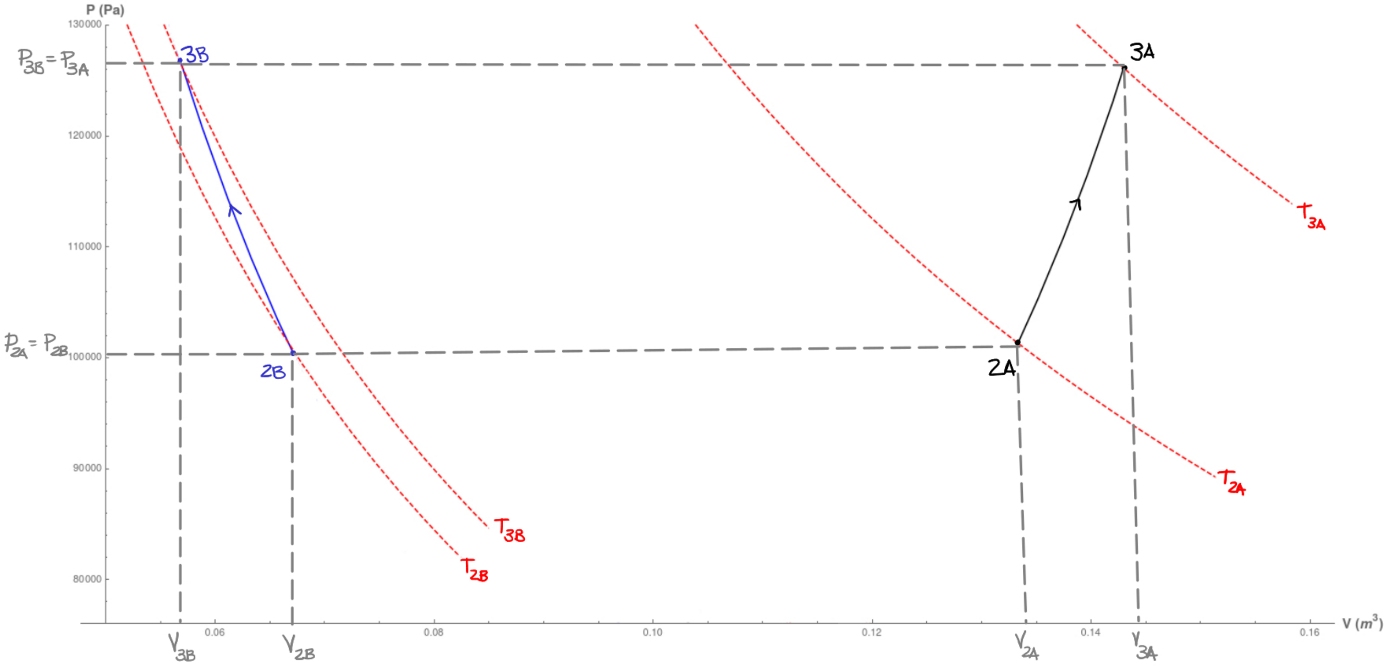
$\Rightarrow \Delta S_{univ} = 17,8$ J/K

f)

Gas B
Proceso $2B \to 3B$ adiabático, entonces $P_B(V_B) = \frac{P_{2B} V_{2B}^{\gamma_B}}{V_B^{\gamma_B}}$

Gas A
Proceso $2A \to 3A$ cumple $P_A = P_B$, para todo el proceso. Por lo tanto, $P_A(V_A) = \frac{P_{2B} V_{2B}^{\gamma_B}}{(V_{Tot} - V_A)^{\gamma_B}}$

El diagrama P-V queda de la siguiente forma:



Observación: con fines didácticos, se muestra en la siguiente figura de donde proviene el diagrama anterior (notar que los procesos son simétricos).