Problema 1:

a) $m = 7g$, $\bar{M}_{N_2} = 28 g/mol \Rightarrow n = 0,25 \; mol$

Estado 1: $T_1 = 500K$
$P_1 = 2,5 atm = 253,3 KPa$ $\Big\}$ $V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} \cong 0,0041 m^3 = 4,1 \ell$

Estado 2: $V_2 = 2V_1 = 8,2 \ell$

$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = P_1 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{1,4} \cong 96 KPa$ (Proceso adiabático)

(como N_2 es un gas diatómico, $\gamma = \frac{7}{5} = 1,4$)

$T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} \cong 379 K$

Estado 3: Pistón libre! $\Rightarrow P_3 = P_2 = 96 KPa$ $\Big\}$ $V_3 = \frac{nRT_3}{P_3} = 4,3 \ell$
Por letra $T_3 = 200 K$

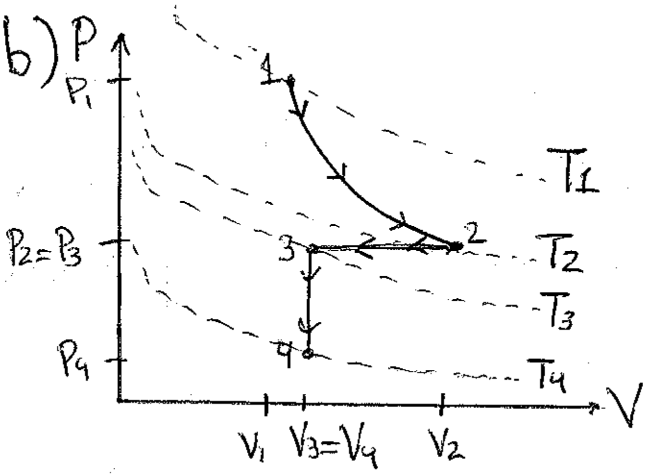
Estado 4: Volumen constante: $V_4 = V_3 = 4,3 \ell$

$T_4 = T_{O_2} = 90,2 K$

$P_4 = \frac{nRT_4}{V_4} = 43,6 KPa$

	P	V	T
1	253,3 KPa	4,1 ℓ	500 K
2	96 KPa	8,2 ℓ	379 K
3	96 KPa	4,3 ℓ	200 K
4	43,6 KPa	4,3 ℓ	90,2 K

b)



c) $\Delta U = n c_v \Delta T = n c_v (T_4 - T_1) \cong -2129\,J$

$W_T = W_{1\to2} + W_{2\to3} + \underbrace{\cancel{W_{3\to4}}}_{0 \text{ por } V=cte.}$

$W_T = \frac{nR}{\gamma-1}(T_2 - T_1) + \left[-P_2(V_3 - V_2)\right]$ (sobre el N_2)

$W_T = -630{,}3J + 371{,}5J \cong -258{,}8\,J$

d) Primero hallo Q_{N_2}, el calor que ingresó al recinto

$Q_{N_2} = \underbrace{\cancel{Q_{1\to2}}}_{0 \text{ por adiab}} + Q_{2\to3} + Q_{3\to4}$

$Q_{N_2} = n c_p (T_3 - T_2) + n c_v (T_4 - T_3) \cong -1870{,}5\,J$

$Q_{O_2} = -Q_{N_2} = 1870{,}5\,J$ (entrantes al O_2)

$Q_{O_2} = m_{O_2} L_{O_2} \Rightarrow m_{O_2} = \frac{Q_{O_2}}{L_{O_2}} \cong 8{,}78 \cdot 10^{-3}\,kg \cong 8{,}8\,g$

(se evaporan 8,8g de oxígeno).

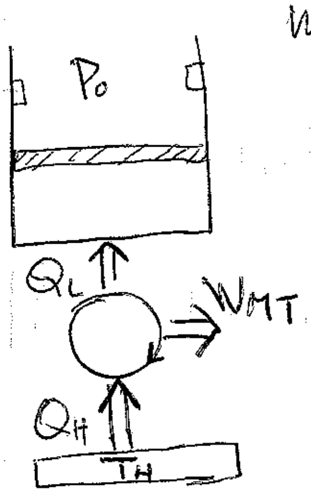
e) $\Delta S_{universo} = \Delta S_{O_2} + \Delta S_{N_2}$

$\Delta S_{N_2} = n c_v \ln\left(\frac{P_4}{P_1}\right) + n c_p \ln\left(\frac{V_4}{V_1}\right) = -8{,}8\,J/K$

$\Delta S_{O_2} = \frac{Q_{O_2}}{T_{O_2}} = 20{,}7\,J/K$

$\Rightarrow \Delta S_{universo} = 11{,}9\,J/K$

Problema 2: La temperatura final es tal que la máquina no puede extraer más trabajo.



Para esto, $T_H = T_L \Rightarrow T_{f\,gas} = 1100K$.
A su vez, la máquina completó una cantidad de ciclos enteros, por lo que no se acumula energía en su estado ($\Delta U_{ciclo} = 0$) y por lo tanto $|Q_H| = |Q_L| + |W_{MT}|$

a) $T_f = 1100K$. Se debe determinar si el pistón alcanza los topes.

Determino el estado inicial (1): $T_1 = 410K$
$V_1 = 1 m^3$
$P_1 = P_0 + \frac{m_{pistón}\, g}{A} \cong 104{,}9 KPa$

$\Rightarrow n = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = 15{,}39$ mol.

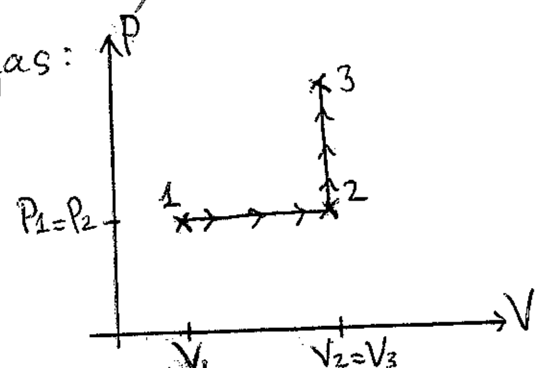
Supongo que existe un estado en el que el pistón se expande libremente hasta casi tocar los topes.

En este estado (2): $\left.\begin{array}{l} P_2 = P_1 = 104{,}9 KPa \\ V_2 = 1 m^3 \\ n = 15{,}39 \text{ mol} \end{array}\right\} T_2 = \frac{P_2 V_2}{n R} = 820K$

Todavía no llegué a $T_f = 1100K$, por lo que este estado existe, el pistón alcanza los topes y se calienta a volumen constante hasta llegar a $T_3 = T_f = 1100K$.

El estado 3: $\left.\begin{array}{l} T_3 = 1100K \\ V_3 = 1 m^3 \\ n = 15{,}39 \text{ mol} \end{array}\right\} \rightarrow P_3 = \frac{n R T_3}{V_3} = 140{,}7 KPa$

Si bien no se pide en el ejercicio, se ilustra en un diagrama PV el proceso del gas:



b) $\Delta S_{universo} = \Delta S_{gas} + \Delta S_{R.T.}$

$$\Delta S_{gas} = n c_v \ln\left(\frac{P_3}{P_1}\right) + n c_p \ln\left(\frac{V_3}{V_1}\right) = 281,5\ J/K$$

$\Delta S_{RT} = \frac{-|Q_H|}{T_{AT}}$ ⇒ Necesito hallar $|Q_H| = |Q_L| + |W_{MT}|$

$$|Q_L| = |Q_{gas}| = |Q_{1\to2} + Q_{2\to3}| = |n c_p (T_2 - T_1) + n c_v (T_3 - T_2)|$$

$|Q_L| = 183,6\ J \Rightarrow |Q_H| = 273,6\ J.$

$\Rightarrow \Delta S_{RT} = -248,7\ J/K$

$\Rightarrow \Delta S_{universo} = 32,8\ J/K$

Problema 3:

a) Como el ciclo es horario, $W_{\text{sobre gas}} < 0$ y el ciclo se trata de una máquina térmica.

b) Los procesos $A \to B$ y $C \to D$ son adiabáticos $\Rightarrow Q_{A\to B} = Q_{C\to D} = 0$

$$|Q_H| = Q_{B\to C} = n c_p (T_C - T_B)$$

$$|Q_L| = -Q_{D\to A} = n c_p (T_D - T_A)$$

c) La eficiencia es $\eta = \frac{|W|}{|Q_H|} = \frac{|Q_H| - |Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|}$

se debe reescribir $|Q_H|$ y $|Q_L|$ en función de r, γ.

$$|Q_H| = n c_p (T_C - T_B) = c_p \frac{P_B}{R}(V_C - V_B)$$

$$n T_C = \frac{P_C V_C}{R} = \frac{P_B V_C}{R}$$

como $A \to B$ es adiabático, $P_B V_B^\gamma = P_A V_A^\gamma \Rightarrow V_B = \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{1/\gamma} V_A = \frac{1}{r^{1/\gamma}} V_A$

análogamente, $V_C = \left(\frac{P_D}{P_C}\right)^{1/\gamma} V_D = \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{1/\gamma} V_D = \frac{1}{r^{1/\gamma}} V_D$.

sustituyendo en $|Q_H| = \frac{c_p P_B}{R \cdot r^{1/\gamma}} (V_D - V_A)$

por otro lado, $|Q_L| = n c_p (T_D - T_A) = c_p \frac{P_A}{R} (V_D - V_A)$

$$\Rightarrow \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = \frac{\cancel{c_p} \frac{P_A}{\cancel{R}} \cancel{(V_D - V_A)}}{\cancel{c_p} \frac{P_B}{\cancel{R}} \cdot \frac{1}{r^{1/\gamma}} \cancel{(V_D - V_A)}} = \frac{P_A}{P_B \cdot \frac{1}{r^{1/\gamma}}} = r^{1/\gamma} \cdot \frac{P_A}{P_B}$$

$$\frac{|Q_L|}{|Q_H|} = r^{1/\gamma} \cdot \frac{1}{r} = r^{\left(\frac{1}{\gamma} - 1\right)} = r^{\left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)} = \frac{1}{r^{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)}}$$

$$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|} = 1 - \frac{1}{r^{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)}}$$