

PROBLEMA 1

a) Proceso adiabático + reversible: $PV^\gamma = cte.$
 Gas ideal: $PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{P}$

$$\left. \begin{array}{l} PV^\gamma = cte. \\ P \left(\frac{nRT}{P} \right)^\gamma = cte \Rightarrow P^{1-\gamma} \cdot T^\gamma = \frac{cte}{(nR)^\gamma} \\ cte' \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{P^{1-\gamma}} = T^\gamma \cdot \frac{1}{cte''} \Rightarrow P^{\gamma-1} = cte'' \cdot T^\gamma \Rightarrow \boxed{P = cte''' \cdot T^{\gamma/(\gamma-1)}}$$

$$\gamma = \gamma/(\gamma-1) \Rightarrow \boxed{P = cte'''' \cdot T^\gamma}$$

b) $\gamma = \frac{\gamma}{\gamma-1}$
 $\gamma = C_p/C_v$

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = \frac{C_p}{C_v} \\ \frac{C_p}{C_v} - 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{C_p}{C_p - C_v} = \frac{C_p}{R}}$$

→ Monat: $\gamma = 5/2$
 → Diat: $\gamma = 7/2$
 → Poliat: $\gamma = 8/2 = 4$

c). En una mezcla, el número total de partículas es: $N_{mezcla} = N_{Ar} + N_{O_3}$

Def. mol: $n = \frac{N}{N_A}$
 $\Rightarrow N_{mezcla} \cdot N_A = N_{Ar} \cdot N_A + N_{O_3} \cdot N_A$
 $\Rightarrow \boxed{N_{mezcla} = N_{Ar} + N_{O_3}}$

N_A → N.º Avogadro

• Supongamos que calentamos la mezcla a presión constante (dato que C_p es la relación entre el calor en un proceso isóbaro y la variación de temperatura).

$$\Rightarrow Q_{mezcla} = N_{mezcla} C_p^{mezcla} \Delta T$$

El calor que se entrega a la mezcla, es el calor que absorbe cada gas por separado, en el mismo proceso a presión constante:

$$Q_{mezcla} = Q_{Ar} + Q_{O_3} \Rightarrow N_{mezcla} C_p^{mezcla} \Delta T = N_{Ar} C_p^{Ar} \Delta T + N_{O_3} C_p^{O_3} \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{N_{mezcla} \cdot C_p^{mezcla} = N_{Ar} C_p^{Ar} + N_{O_3} C_p^{O_3}}$$

d) $n_{Ar} + n_{O_3} = 1 \text{ mol.}$ (1)

C_p^{MEZCLA} : Como se satisface $P = cte \cdot T^3 \Rightarrow \gamma = 3 = \frac{C_p^{MEZCLA}}{R} \Rightarrow C_p^{MEZCLA} = 3R$

De parte c): $n \cdot C_p^{MEZCLA} = n_{Ar} \cdot C_p^{Ar} + n_{O_3} \cdot C_p^{O_3}$, $C_p^{Ar} = (5/2)R$ (2)
 $C_p^{O_3} = 4R$

De (1) + (2) + (3):

$$\begin{aligned} n_{Ar} &= \left(\frac{2}{3}\right) \text{ mol} \\ n_{O_3} &= \left(\frac{1}{3}\right) \text{ mol} \end{aligned}$$

e) Ambos gases están a $T = 273 \text{ K}$ y $P = 10^5 \text{ Pa}$. $\Rightarrow V = \frac{nRT}{P}$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{aligned} V_{Ar} &= \frac{n_{Ar} \cdot R \cdot T}{P} = 15,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ V_{O_3} &= \frac{n_{O_3} \cdot R \cdot T}{P} = 7,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned} \right.$$

f) Al conectar ambos gases, los mismos sufren una expansión libre.

El Ar de su volumen inicial $V_{Ar} \rightarrow V_{final}$
 " O₃ " " " " $V_{O_3} \rightarrow V_{final}$ } $V_{final} = V_{Ar} + V_{O_3} = 22,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Expansión libre: $W = 0$
 " adiabática: $Q = 0$ } $\Delta U = 0 \Rightarrow \boxed{T_f = T_{in}}$ (Para ambos gases)

$\Rightarrow \Delta S_{univ} = \Delta S_{sist} + \Delta S_{amb} = \Delta S_{Ar} + \Delta S_{O_3} + \Delta S_{amb}$

$$\Delta S_{Ar} = n_{Ar} \cdot R \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_{Ar}}\right) = 2,3 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{O_3} = n_{O_3} \cdot R \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_{O_3}}\right) = 3,0 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{univ} = 5,3 \text{ J/K}$$

PROBLEMA 2

a)

	A	B	C
P	P_A	$2P_A$	P_A
V	V_A	V_A	$2P_A$
T	$\frac{P_A V_A}{nR}$	$\frac{2P_A V_A}{nR}$	$\frac{2P_A V_A}{nR}$

b) • Proceso A-B (isotermo): ${}_A W_B = 0$

$${}_A \Delta U_B = nC_V (T_B - T_A) = \frac{3}{2} P_A V_A = {}_A Q_B$$

• Proceso B-C (lineal): ${}_B \Delta U_C = 0 \Rightarrow {}_B Q_C = -{}_B W_C$

$${}_B W_C = -\frac{(P_C + P_B)(V_C - V_B)}{2} = -\frac{3}{2} P_A V_A$$

$${}_B Q_C = \frac{3}{2} P_A V_A$$

• Proceso C-A (isobara): ${}_C W_A = -P_A (V_A - V_C) = P_A V_A$

$${}_C Q_A = nC_P (T_A - T_C) = -\frac{5}{2} P_A V_A$$

$${}_C \Delta U_A = {}_C Q_A + {}_C W_A = -\frac{3}{2} P_A V_A$$

c) El ciclo ~~no~~ presenta un diagrama P-V en sentido horario \Rightarrow Máquina Térmica

$$e = \frac{|W_{ciclo}|}{|Q_H|} = \frac{|P_A V_A - \frac{3}{2} P_A V_A|}{|\frac{3}{2} P_A V_A + \frac{3}{2} P_A V_A|} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \Rightarrow \boxed{e = 1/6}$$

d) ${}_A \Delta S_B = nC_V \ln\left(\frac{T_B}{T_A}\right) = \frac{3}{2} nR \ln(2) = 8,6 \text{ J/K}$

${}_B \Delta S_C = nR \ln\left(\frac{V_C}{V_B}\right) = nR \ln(2) = 5,8 \text{ J/K}$ \rightarrow Calculado a partir de un proceso isotermo int. reversible, teniendo en cuenta que ΔS es función de estado.

$$\Delta S_A = n C_p \ln \left(\frac{T_A}{T_C} \right) = -\frac{5}{2} nR \ln(2) = -14,4 \text{ J/K}$$

e) Dos formas de hacerlo:

① Se puede observar por simetría del diagrama P-V que la máxima temperatura del proceso BC se da en el punto medio: $P = \frac{3}{2} P_A$
 (Ver dibujo al final) $V = \frac{3}{2} V_A$ } $T_{\text{max}} = \frac{9}{4} \frac{P_A V_A}{nR}$

② Analíticamente: $P_B(V_B) = \alpha V_B + \beta$ } $\alpha = -P_A/V_A$
 $P_C(V_C) = \alpha V_C + \beta$ } $\beta = 3P_A$

En el punto V_M de máxima temperatura del proceso BC: $P_M(V_M) = \alpha V_M + \beta$

Gas ideal: $P_M V_M = nR T_M \Rightarrow V_M (\alpha V_M + \beta) = nR T_M$

$$\Rightarrow \text{Maximizando } T_M: \frac{dT_M}{dV_M} = 0 \Rightarrow \frac{1}{nR} (2\alpha V_M + \beta) = 0 \Rightarrow V_M = \frac{-\beta}{2\alpha} = \frac{3}{2} V_A$$

$$\Rightarrow P_M = \alpha V_M + \beta = \frac{3}{2} P_A$$

$$\Rightarrow T_M = \frac{P_M V_M}{nR} = \frac{9}{4} \frac{P_A V_A}{nR}$$

f) $\Delta S_M = \Delta S_{\text{int}} + \Delta S_{\text{amb}}$ \nearrow O (uds)

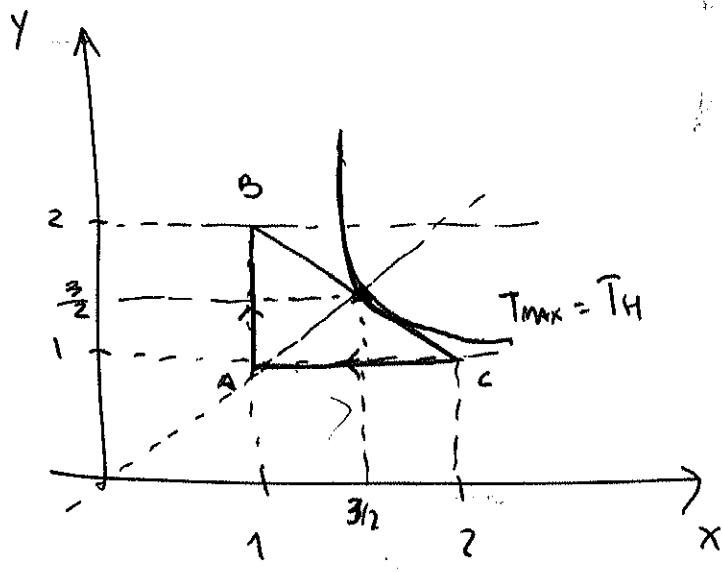
$$\Delta S_{\text{amb}} = \frac{-|Q_H|}{T_H} + \frac{|Q_L|}{T_L} = \frac{-|A Q_B + B Q_C|}{T_H} + \frac{|C Q_A|}{T_L} = \frac{-3 P_A V_A}{\frac{9}{4} \frac{P_A V_A}{nR}} + \frac{5 P_A V_A}{\frac{P_A V_A}{nR}} \Rightarrow$$

$$T_H = \frac{9}{4} \frac{P_A V_A}{nR}$$

$$T_L = T_A = \frac{P_A V_A}{nR}$$

$$\Rightarrow \Delta S_M = \left(\frac{5}{2} - \frac{4}{3} \right) nR = \frac{7}{6} nR \Rightarrow \text{Como } \Delta S_M > 0$$

\Rightarrow el proceso es irreversible



$$x = v/v_A$$

$$y = p/p_A$$

• Isotherm: $x \cdot y = \text{cte.}$