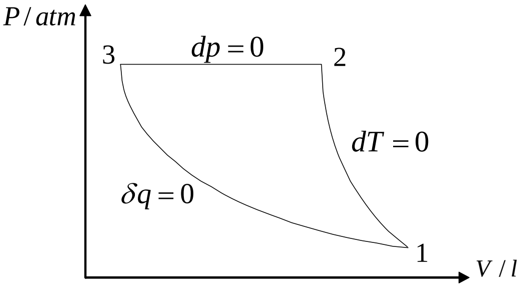
Dos moles de N_2 que se encuentra a $T_1 = 330K$ y $P_1 = 3,5\,atm$ se comprimen isotérmica y reversiblemente hasta que su entropía disminuye en $25\ J/K$. El gas regresa a su estado inicial en dos etapas reversibles, la primera isóbara y la segunda adiabática. Suponiendo que el gas se comporta idealmente:

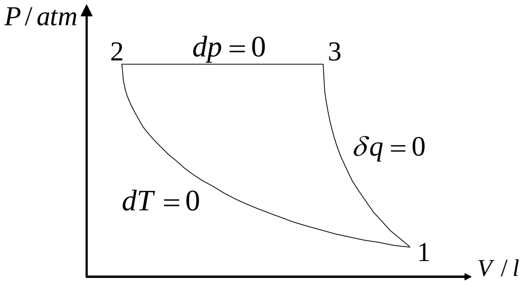
- **a)** Represente el ciclo descrito anteriormente en un diagrama P-V.
- **b)** Calcule Q, W, ΔH para cada paso del ciclo.
- **c)** ¿Cuál sería el rendimiento de una máquina térmica que utilizase N_2 en un ciclo como el descrito? Datos: $R = 8,314\ J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}$, $c_p = \frac{7}{2}R$.

a) A partir de los datos uno puede plantearse dos posibles ciclos

Opción 1



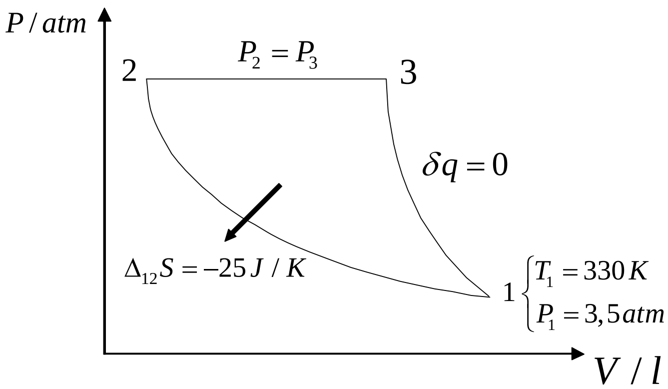
Opción 2



Criterio de selección: En un diagrama P-V el trabajo efectuado por una isoterma reversible es mayor que el efectuado por una adiabática reversible, se traduce en:

$$\text{pendiente isoterma} < \text{pendiente adiabática} \Rightarrow \boxed{\text{Opción 2}}$$

b)



$\boxed{1-2}$

- $\Delta S = -25\ \dfrac{J}{K} = \dfrac{Q(J)}{330} \Rightarrow \boxed{Q = -8250J}$
- $dU = \left(\dfrac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\dfrac{dU}{dv}\right)_T .dV \xrightarrow[G.I]{} dU = \left(\dfrac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT \xrightarrow{dT=0} dU = 0 \Rightarrow \boxed{\Delta U = 0}$
- Primer principio: $\Delta u = Q + W \Rightarrow Q = -W \Rightarrow \boxed{W = 8250J}$
- $dH = \left(\dfrac{\partial H}{\partial T}\right)_P .dT + \left(\dfrac{\partial H}{\partial T}\right)_T dP \xrightarrow[G.I]{} dH = \left(\dfrac{\partial H}{\partial T}\right)_P dT \xrightarrow{dT=0} dH = 0 \Rightarrow \boxed{\Delta H = 0}$

$\boxed{2-3}$

- Sabemos que la entropía es función de estado:

$$\oint = 0 \Rightarrow \Delta S = 0 \Rightarrow \Delta S = \Delta_{12}S + \Delta_{23}S + \Delta_{31}S \Rightarrow 0 = \frac{Q}{T} + \int_{T_2=330}^{T_3} 2 \cdot c_p \frac{dT}{T} + 0 \Rightarrow T_3 = 507{,}1K$$

- $\Delta H = 2.\frac{7}{2}(507{,}1-330).R = \boxed{10306{,}87J}$
- $\boxed{\Delta_{23}S = 25\ K/J}$ $\boxed{q_P = \Delta_{23}H = 10306{,}87\ J}$
- Primer principio: $\Delta U = Q + W \Rightarrow W = 2\cdot\frac{5}{2}R(507{,}1-330) - q_P = \boxed{-2944{,}22J}$

$\boxed{3-1}$

- $\delta q = 0 \Rightarrow \boxed{Q=0}$
- $W = \Delta U - Q = n c_V (T_1 - T_3) - 0 = 2\cdot\frac{5}{2}\cdot R(330-507{,}1) = \boxed{-7362{,}1J}$
- $\Delta H = n c_P (T_1 - T_3) = 2\cdot\frac{7}{2}\cdot 8{,}314\cdot(330-507{,}1) = \boxed{-10306{,}87\ J}$

Una vez calculado todo lo que nos pedían en el apartado b) podemos comprobar que ΔH es función de estado. Efectivamente:

$$\Delta_{12}H = \Delta_{12}H + \Delta_{23}H + \Delta_{31}H = 0 + 10306{,}87 + (-10306{,}87) = 0$$

c)

$$\eta_{ciclo} = \frac{W_{producido}}{Q_{absorbido}} \Rightarrow \eta_{ciclo} = \frac{Q_{23} - |Q_{12}|}{Q_{23}} \Rightarrow \eta_{ciclo} = \frac{10306{,}87 - 8250}{10306{,}87}\cdot 100 \simeq 20\%$$

O bien,

$$\eta_{ciclo} = \frac{\sum |W_i|}{Q_{absorbido}} \Rightarrow \eta_{ciclo} = \frac{W_{12} + W_{23} + W_{31}}{Q_{23}} = \frac{8250 + 2944{,}82 + 7362{,}1}{10306{,}87}\cdot 100 \simeq 20\%$$