

3. Un mol de gas ideal ( $C_V = 3/2 R$ ) realiza el siguiente ciclo reversible:

AB) Se expande a presión constante (5 atm) hasta triplicar el volumen inicial de 1L.

BC) Se traba el pistón y se reduce la presión hasta 2 atm.

CD) Se comprime a presión constante (2 atm) hasta un dado volumen ( $V_D$ )

DA) Se comprime de forma isotérmica hasta el estado inicial.

a) Calcule el trabajo, el calor y la variación de la energía en cada etapa del proceso. Determine el valor de  $V_D$ . Dibuje el diagrama P-V del ciclo.

b) Calcule la eficiencia de la máquina. ¿Es una máquina térmica o es un refrigerador? Justifique.

c) Suponga que ahora las etapas AB y CD se realizan de forma irreversible. Calcule la variación de la energía del ciclo.

	P(atm)	V(L)	T(K)	W(atmL)	Q(atmL)	dU(atm L)
A-B	5	-	-	10	25	15
B-C	-	3	-	0	-13,5	-13,5
C-D	2,5	-	-	-1	-2,5	-1,5
D-A				-4,6	-4,6	0

A-B

$$W_{AB} = \int_A^B P dV = P(V_B - V_A) = 5 \text{ atm} \times (3L - 1L) = 10 \text{ atmL}$$

$$Q = n C_P \Delta T = \frac{5}{2} R (n T_F - n T_i) = \frac{5}{2} R \left( \frac{P_F V_F}{R} - \frac{P_i V_i}{R} \right) = \frac{5}{2} P_F (V_F - V_i) = \frac{5}{2} \times 5 \text{ atm} \times 2L = 25 \text{ atmL}$$

$$\Delta U = Q_{AB} - W_{AB} = 25 - 10 = 15 \text{ atmL}$$

$nT = \frac{PV}{R}$

B-C

$$W_{BC} = \int_B^C P dV = 0 \quad ; \quad Q_{BC} = n C_V \Delta T = n \frac{3}{2} R (T_F - T_i) = \frac{3}{2} R \left( \frac{P_F V_F}{R} - \frac{P_i V_i}{R} \right) = \frac{3}{2} V_F (P_F - P_i)$$

$$= \frac{3}{2} 3L (2 \text{ atm} - 5 \text{ atm}) = -13,5 \text{ atmL}$$

$$\Delta U_{BC} = Q_{BC} - W_{BC} = -13,5 \text{ atmL}$$

C-D

$$W_{CD} = \int_C^D P dV = P_F (V_D - V_C) = 2 \text{ atm} (V_D - 3L) = 2 \text{ atm} (2,5L - 3L) = -1 \text{ atmL}$$

$$Q_{CD} = n C_P \Delta T = \frac{5}{2} P_F (V_D - 3L) = \frac{5}{2} 2 \text{ atm} (V_D - 3L) = 5 \text{ atm} (2,5L - 3L) = -2,5 \text{ atmL}$$

Peso en D vale que  $P_D V_D = n R T_D = n R T_A = P_A V_A \rightarrow V_D = \frac{P_A V_A}{P_D} = \frac{5 \text{ atm} \times 1L}{2 \text{ atm}} = 2,5L$

$\downarrow$  ISOTERMICA

$$\Delta U_{CD} = Q_{CD} - W_{CD} = -2,5 \text{ atmL} - (-1 \text{ atmL}) = -1,5 \text{ atmL}$$

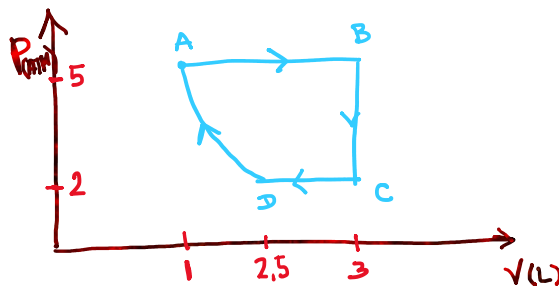
D-A

$$\Delta U_{DA} = 0, \quad W_{DA} = \int_{V_D}^{V_A} P dV = \int_{V_D}^{V_A} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \left( \frac{V_A}{V_D} \right) = P_A V_A \ln \left( \frac{V_A}{V_D} \right) = 5 \text{ atm} \cdot 1L \ln \left( \frac{1L}{2,5L} \right)$$

$$= -4,6 \text{ atmL}$$

$$Q_{DA} = W_{DA} = -4,6 \text{ atmL}$$

Diagrama P-V



b) Máquina térmica ya que  $W_{\text{NETO}} = (10 - 1 - 4,6) \text{ ATML} = 4,4 \text{ ATML} > 0 \rightarrow \text{hace trabajo}$

$$e = \frac{W_{\text{NETO}}}{Q > 0} = \frac{4,4}{25} = 0,176$$

c)  $\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$  porque la energía es una función de estado