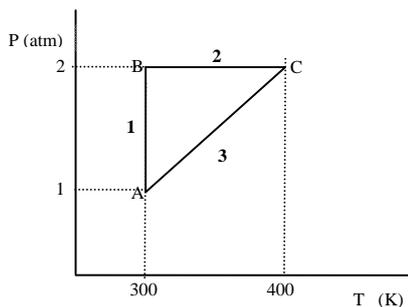


a)



La primera etapa (1), desde el estado A al B, se realiza a temperatura constante; la segunda etapa (2), desde el estado B al C se realiza a presión constante y la tercera etapa (3), del estado C al A, que cierra el ciclo, es una línea recta ( $P=a+bT$ )

b)

En primer lugar vamos a poner los valores de:

Número de moles

$$n=2 \text{ mol}$$

El valor de R, constante de los gases ideales:

$$R=0.082 \text{ l atm/mol K}=2 \text{ cal/mol K}=8.32 \text{ J/mol K}$$

Las capacidades caloríficas a volumen constante,  $C_V$  y a presión constante,  $C_P$  del gas que es monoatómico

$$C_V=(3/2) R=12.48 \text{ J/mol K};$$

$$C_P=R+C_V=20.8 \text{ J/mol K}$$

En el estado A conocemos la presión  $P_A=1 \text{ atm}$  y la temperatura  $T_A=300 \text{ K}$  podemos determinar el volumen aplicando la ecuación de los gases ideales  $PV=nRT$

$$V_A = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{2 \cdot 0.082 \cdot 300}{1} = 49.2 \text{ l}$$

Como la etapa del estado A al B es isoterma, es decir se realiza a temperatura constante, la temperatura  $T_B=T_A$ , además conocemos  $P_B=2 \text{ atm}=2P_A$  y si aplicamos la ecuación de los gases perfectos tenemos:

$$P_B V_B = nRT_B = nRT_A = P_A V_A$$

$$P_B V_B = P_A V_A$$

$$2P_A V_B = P_A V_A \Rightarrow V_B = \frac{V_A}{2} = 24.6 \text{ l}$$

Del estado B al C la etapa es isobárica  $P_C=P_B=2 \text{ atm}$  y  $T_C=400 \text{ K}$

$$V_C = \frac{nRT_C}{P_C} = \frac{2 \cdot 0.082 \cdot 400}{2} = 32.8 \text{ l}$$

|                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| $P_A=1 \text{ atm}$  | $P_B=2 \text{ atm}$  | $P_C=2 \text{ atm}$  |
| $V_A=49.2 \text{ l}$ | $V_B=24.6 \text{ l}$ | $V_C=32.8 \text{ l}$ |
| $T_A=300 \text{ K}$  | $T_B=300 \text{ K}$  | $T_C=400 \text{ K}$  |

c)

La variación de energía interna podemos calcularla por la ecuación:

$$\Delta U = n C_V \Delta T$$

La variación de entropía es:

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$$

En la etapa (1) (proceso A→B):

$$\Delta U_1 = nC_V(T_B - T_A) = 0$$

$$\Delta S_1 = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

Si aplicamos la ecuación del primer principio de la termodinámica tenemos:

$$\Delta U = Q - W = 0 \Rightarrow$$

$$dQ_1 = dU_1 + dW_1 = dW_1 = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$$

$$\Delta S_1 = \int_A^B \frac{dQ}{T} = \frac{nRT \ln \frac{V_B}{V_A}}{T} = nR \ln \frac{V_B}{V_A}$$

$$\Delta S_1 = 2 \cdot 8.32 \cdot \ln \frac{1}{2} = -11.53 \text{ J/K}$$

En la etapa (2) (proceso B→C):

$$\Delta U_2 = nC_V(T_C - T_B) = 2 \cdot 12.48 \cdot (400 - 300) = 2496 \text{ J}$$

$$\Delta S_2 = \int_B^C \frac{dQ}{T} = \int_B^C \frac{nC_P dT}{T} = nC_P \ln \frac{T_C}{T_B} = 2 \cdot 20.8 \cdot \ln \frac{400}{300} = 11.96 \text{ J/K}$$

En la etapa (3) (proceso A→B):

Como todas las etapas son reversibles y es un ciclo cerrado las variaciones de energía interna y de entropía en el ciclo son nulas, por lo que tenemos:

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = 0 \Rightarrow \Delta U_3 = -(\Delta U_1 + \Delta U_2) = -2496 \text{ J}$$

$$\Delta S_{\text{ciclo}} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 0 \Rightarrow \Delta S_3 = -(\Delta S_1 + \Delta S_2) = -(-11.53 + 11.96) = -0.43 \text{ J/K}$$

|                                   |                                  |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| $\Delta U_1 = 0$                  | $\Delta U_2 = 2496 \text{ J}$    | $\Delta U_3 = -2496 \text{ J}$   |
| $\Delta S_1 = -11.53 \text{ J/K}$ | $\Delta S_2 = 11.96 \text{ J/K}$ | $\Delta S_3 = -0.43 \text{ J/K}$ |

d)

La etapa (3) (A→B) en el diagrama P-T es una línea recta de ecuación:  $P = a + bT$

La temperatura T en función de la presión es:

$$T = \frac{P - a}{b}$$

Calculemos los valores de las constantes a y b con los valores de  $P_A$  y  $T_A$  correspondientes al punto A y los  $P_C$  y  $T_C$  correspondientes al C

$$1 = a + 300b$$

$$2 = a + 400b$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos:

$$b = 0.01 \text{ atm/K}$$

$$a = -2 \text{ atm}$$

Cuando la presión es 1.5 atm la temperatura T vale:

$$T = \frac{1.5 + 2}{0.01} = 350 \text{ K}$$

$$\underline{T = 350 \text{ K}}$$