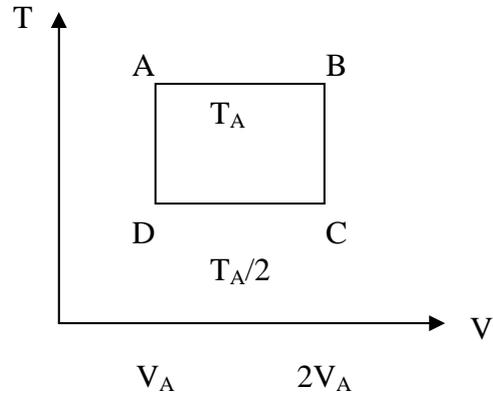


En la figura se muestra el diagrama Temperatura-Volumen (T-V) del proceso cíclico realizado por 1 mol de un gas perfecto diatómico ($\gamma = \frac{7}{5}$).

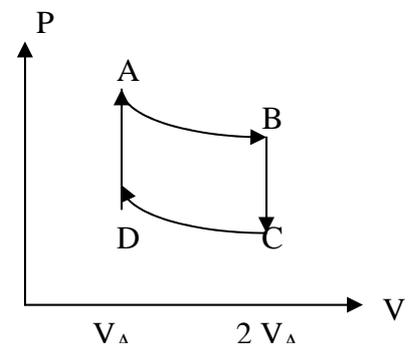
- Dibujar el diagrama de Clapeyron (P-V) del ciclo.
- Calcular el trabajo realizado en cada etapa y en el ciclo, expresando el resultado en calorías, sabiendo que en el estado inicial A la temperatura es 727°C .
- Calcular el calor en cada etapa, indicando el resultado en calorías, y justificar si es absorbido o cedido por el gas.
- Calcular la variación de entropía en cada etapa, y en el ciclo y demostrar que la variación de entropía durante todo el proceso cíclico es nulo.
- Dibujar el diagrama Temperatura- Entropía (T-S)



Considerar $\ln 2 = 0,7$

Resolución

a) La primera etapa es una isoterma ($T_A = 1000\text{K}$) en la que se duplica el volumen. En la etapa B-C se mantiene el volumen constante mientras su temperatura se reduce a la mitad ($T_B = 500\text{K}$); en la etapa C-D, se mantiene constante la temperatura y el volumen se reduce a la mitad, y en la última etapa se mantiene constante el volumen, y se duplica la temperatura, por lo que el diagrama de Clapeyron es:



b) En las etapas isócoras el trabajo es nulo (etapas B-C y D-A).

En la etapa isoterma A-B:

$$W_{A \rightarrow B} = nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 1 \text{ mol} \cdot 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1000 \text{K} \ln 2 = 1400 \text{ cal}$$

$$\text{y en la etapa C-D } W_{C \rightarrow D} = nRT_B \ln \frac{V_D}{V_C} = 1 \text{ mol} \cdot 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 500 \text{K} \ln 0,5 = -700 \text{ cal}, \text{ de}$$

forma que el trabajo neto es $W = 1400 \text{ cal} - 700 \text{ cal} = 700 \text{ cal}$

c) En la etapa A-B, el calor intercambiado coincide con el trabajo porque no hay variación de energía interna, por tanto es

$$Q_{A \rightarrow B} = nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 1 \text{ mol} \cdot 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1000 \text{ K} \ln 2 = 1400 \text{ cal} \text{ que por ser positivo es}$$

absorbido.

En la etapa isócora B-C, el calor intercambiado es

$$Q_{B \rightarrow C} = n C_v (T_C - T_B) = 1 \text{ mol} \cdot 5 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (500 - 1000) \text{ K} = -2500 \text{ cal} , \text{ que es cedido}$$

por el sistema. En la etapa isoterma C-D, el calor es

$$Q_{C \rightarrow D} = nRT_C \ln \frac{V_D}{V_C} = 1 \text{ mol} \cdot 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 500 \text{ K} \ln 0,5 = -700 \text{ cal} , \text{ que es cedido por el}$$

sistema y en la etapa D-A, el calor intercambiado es

$$Q_{D \rightarrow A} = n C_v (T_A - T_D) = 1 \text{ mol} \cdot 5 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (1000 - 500) \text{ K} = 2500 \text{ cal} \text{ que son}$$

absorbidas por el sistema

El calor neto es $Q_{\text{neto}} = (1400 - 2500 - 700 + 2500) \text{ cal} = 700 \text{ cal}$ igual al trabajo total realizado por el gas, dado que por realizar un ciclo la variación de energía interna es nula.

d) La variación de entropía en cada etapa es

$$\Delta S_{A \rightarrow B} = nR \ln \frac{V_B}{V_A} = 1 \text{ mol} \cdot 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \ln 2 = 1,4 \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{B \rightarrow C} = nC_v \ln \frac{T_C}{T_B} = 1 \text{ mol} \cdot 5 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \ln 0,5 = -3,5 \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{C \rightarrow D} = nR \ln \frac{V_D}{V_C} = 1 \text{ mol} \cdot 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \ln 0,5 = -1,4 \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{A \rightarrow D} = nC_v \ln \frac{T_A}{T_D} = 1 \text{ mol} \cdot 5 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \ln 2 = 3,5 \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{\text{ciclo}} = (1,4 - 3,5 - 1,4 + 3,5) \frac{\text{cal}}{\text{K}} = 0$$

En la primera etapa, la entropía aumenta sin variar la temperatura; en la etapa B-C, la entropía aumenta de forma exponencial, y la temperatura disminuye a la mitad; en la etapa C-D, la entropía disminuye sin variar la temperatura y en la etapa D-A, hay aumento exponencial de la entropía y se duplica la temperatura; por tanto el diagrama T-S es

