

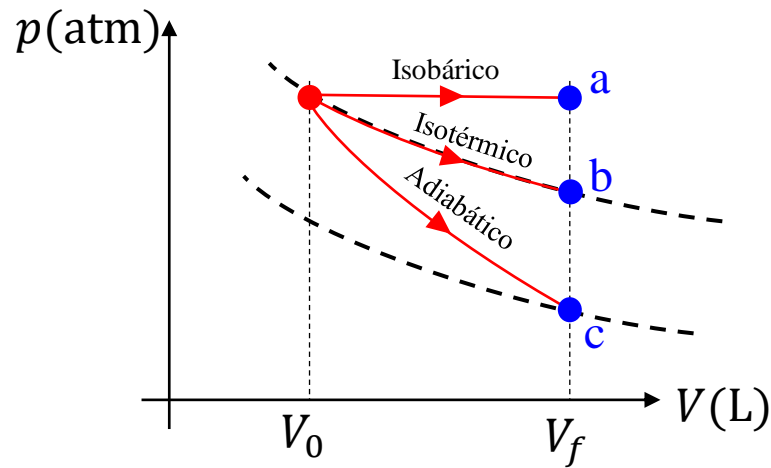


Departamento de Ciencias
Energéticas y Fluídicas

Primera ley de la termodinámica

Guía 9

1) Una cantidad de gas ideal ocupa un volumen inicial V_0 a una presión inicial p_0 y a una temperatura T_0 . El gas se expande hasta un volumen final V_f : a) a presión constante, b) a temperatura constante y c) adiabáticamente. Grafique cada caso en un diagrama pV . ¿En qué caso es Q máximo? ¿y mínimo? ¿En qué caso es W máximo? ¿y mínimo? ¿En qué caso es ΔU máximo? ¿y mínimo?



Mayor W

$$W_a > W_b > W_c$$

Mayor ΔU

$$\Delta U = nC_v\Delta T$$

$$T_a - T_0 \quad + \quad \Delta T_a > 0$$

$$T_b - T_0 \quad 0 \quad \Delta T_b = 0$$

$$T_c - T_0 \quad - \quad \Delta T_c < 0$$

$$T_a > T_b > T_c$$

ΔU

- a) Aumenta
- b) No se altera
- c) Disminuye

$$\Delta U_a > \Delta U_b > \Delta U_c$$

Mayor Q

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W$$

Dados los resultados anteriores.

$$Q_a > Q_b > Q_c$$

Ya que:

$$(W_a + \Delta U_a) > (W_b + \Delta U_b) > (W_c + \Delta U_c)$$

2) Un cilindro con un pistón móvil contiene 3.00 moles de N_2 gaseoso (que se comporta como un gas ideal). a) El N_2 se calienta a volumen constante hasta que se agregan 1 557 J de calor. Calcule el cambio de temperatura. b) Suponga que la misma cantidad de calor se agrega al N_2 , pero en este tiempo se permite al gas expandirse mientras se mantiene a presión constante. Determine el cambio de temperatura. c) ¿En cuál caso, a) o b), la energía interna final del N_2 es mayor? ¿Cómo lo sabe? ¿Qué explica la diferencia entre ambos casos?

a) Para un proceso de volumen constante.

$$Q = nC_v\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{nC_v}$$

$$\Delta T = \frac{1557 \text{ J}}{(3.00 \text{ mol})\left(\frac{5}{2}\right)(8.314 \text{ J/mol K})}$$

$$\Delta T = 24.96 \text{ K}$$

b) Para un proceso de presión constante.

$$Q = nC_p\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{nC_p}$$

$$\Delta T = \frac{1557 \text{ J}}{(3.00 \text{ mol})\left(\frac{7}{2}\right)(8.314 \text{ J/mol K})}$$

$$\Delta T = 17.83 \text{ K}$$

c) Primera ley de la termodinámica.

$$\Delta U = Q - W$$

Volumen constante.

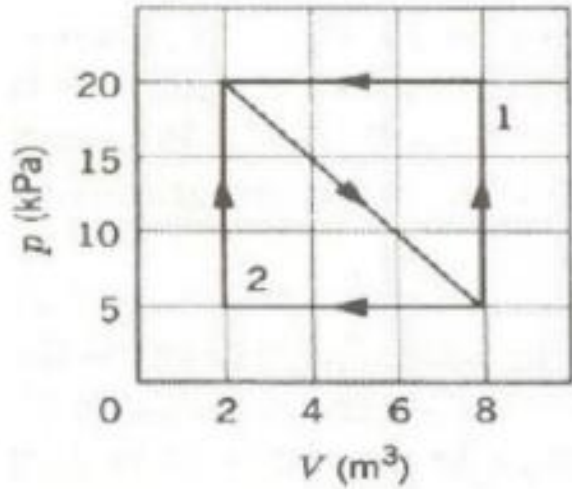
$$\Delta U = Q$$

Presión constante

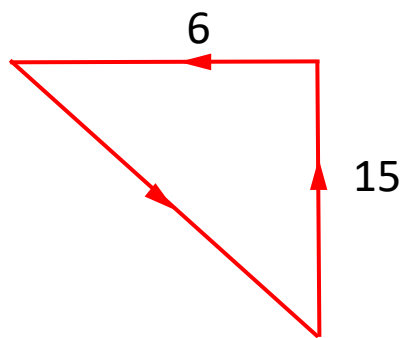
$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W$$

3) Suponga que una muestra de gas se dilata de un volumen de 2.0 m^3 hasta un volumen de 8.0 m^3 a lo largo de la trayectoria diagonal del diagrama p - V que se muestra en la figura. Luego se comprime nuevamente hasta su volumen inicial a lo largo de la trayectoria 1. a) Calcule el trabajo neto efectuado por el gas para el ciclo completo. b) Repita el cálculo del trabajo neto si el gas es comprimido a lo largo de la trayectoria 2.



- Área encerrada en el ciclo:



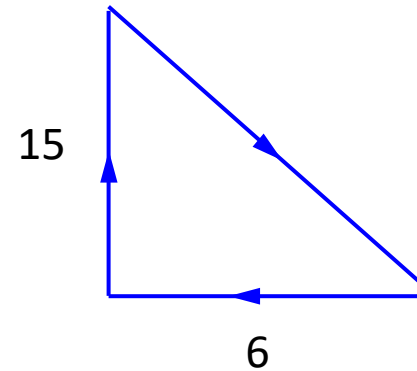
$$|W| = \frac{B \times h}{2}$$

$$|W| = \frac{(8 - 2) \text{ m}^3 (20 - 5) \text{ kPa}}{2}$$

$$|W| = 45 \text{ kJ}$$

$$W = -45 \text{ kJ}$$

- Área encerrada en el ciclo:

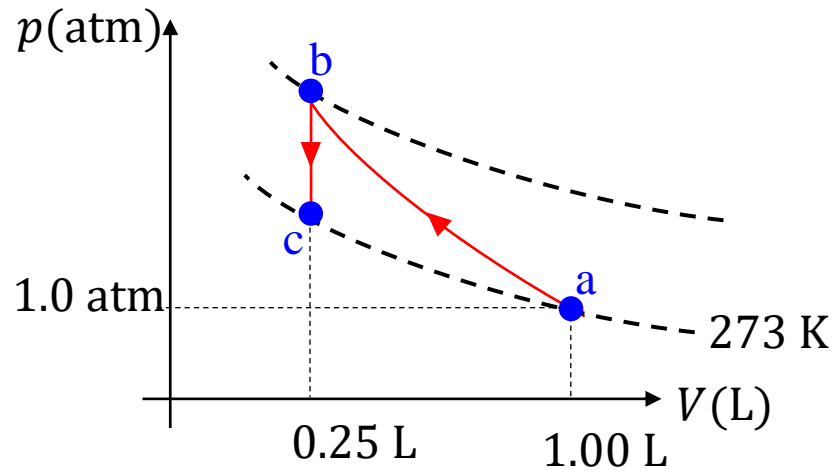


$$|W| = \frac{B \times h}{2}$$

$$|W| = \frac{(8 - 2) \text{ m}^3 (20 - 5) \text{ kPa}}{2}$$

$$W = 45 \text{ kJ}$$

4) Un litro de gas ideal con $\gamma = 1.33$ se encuentra inicialmente a una temperatura de 273 K y a una presión de 1.0 atm. El gas se comprime adiabáticamente hasta la cuarta parte de su volumen inicial y luego se enfría a volumen constante hasta alcanzar su temperatura inicial de 273 K nuevamente. Determine: a) la presión y temperatura del gas al finalizar la compresión adiabática. b) el trabajo total realizado sobre el gas.



a)

Para la presión (b) $p_b V_b^\gamma = p_a V_a^\gamma$

$$p_b = p_a \left(\frac{V_a}{V_b} \right)^\gamma$$

$$p_b = (1.0 \text{ atm}) \left(\frac{1.00 \text{ L}}{0.25 \text{ L}} \right)^{1.33} \quad \boxed{P_b = 6.32 \text{ atm}}$$

Para la temperatura (b)

$$T_b = T_a \left(\frac{V_a}{V_b} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_b = 273 \text{ K} \left(\frac{1.00 \text{ L}}{0.25 \text{ L}} \right)^{1.33-1}$$

$$\boxed{T_b = 431 \text{ K}}$$

b)

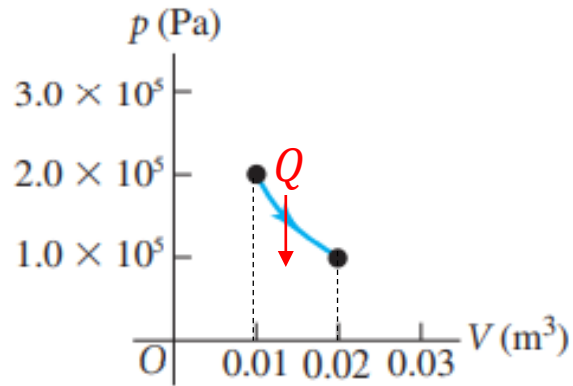
$$W_{\text{neto}} = W_{a \rightarrow b} + \cancel{W_{b \rightarrow c}}$$

$$W_{\text{neto}} = \frac{p_b V_b - p_a V_a}{1 - \gamma}$$

$$W_{\text{neto}} = \frac{\left(6.32 \text{ atm} \frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \right) (0.25 \times 10^{-3} \text{ m}^3) - (1.01 \times 10^5 \text{ Pa}) (1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}{1 - 1.33}$$

$$\boxed{W_{\text{neto}} = -177 \text{ J}}$$

5) La figura muestra la gráfica pV para una expansión isotérmica de 1.50 moles de un gas ideal, a una temperatura de 15.0 °C. a) ¿Cuál es el cambio en la energía interna del gas? Explique su respuesta. b) Calcule el trabajo efectuado por el gas (o sobre éste) y el calor absorbido (o liberado) por el gas durante la expansión.



a) $\Delta U = nC_v\Delta T$

$\Delta U = 0 \text{ J}$

b)
$$W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$W = (1.50 \text{ mol})\left(8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}\right)(288.15 \text{ K})\ln\left(\frac{0.02 \text{ m}^3}{0.01 \text{ m}^3}\right)$$

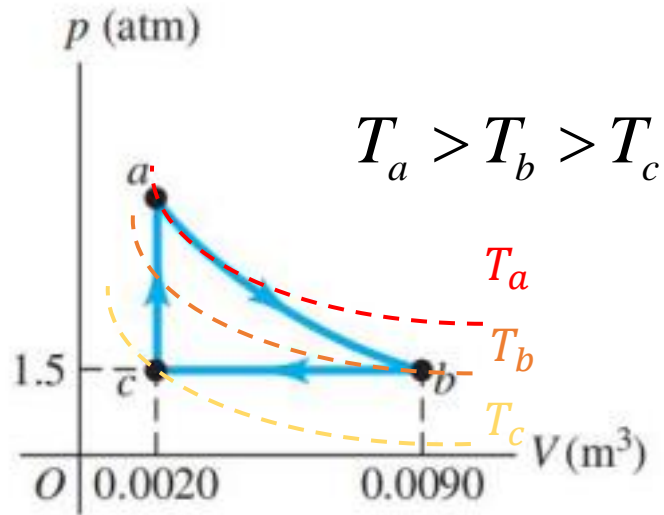
$$W = 2.49 \text{ kJ}$$

$$\cancel{\Delta U} = Q - W$$

$$Q = W$$

$$Q = 2.49 \text{ kJ}$$

6) El diagrama pV de la figura muestra un ciclo de una máquina térmica que usa 0.250 moles de un gas ideal que tiene $\gamma = 1.40$. La parte curva ab del ciclo es adiabática. a) ¿Cuánto calor absorbe este gas por ciclo, y en qué parte del ciclo ocurre? b) ¿Cuánto calor cede este gas por ciclo, y en qué parte del ciclo ocurre? c) ¿Cuánto trabajo realiza esta máquina en un ciclo?



a) Se absorbe calor en la etapa isométrica (c→a)

$$Q_{abs} = nC_v\Delta T$$

$$Q_{abs} = n\frac{5}{2}R(T_a - T_c)$$

$$Q_{abs} = \frac{5}{2}(nRT_a - nRT_c) \quad pV = nRT$$

$$Q_{abs} = \frac{5}{2}(p_a V_a - p_c V_c) \quad V_a = V_c = V$$

$$Q_{abs} = \frac{5}{2}V(p_a - p_c) \quad (1)$$

Para P_a

$$p_a = p_b \left(\frac{V_b}{V_c} \right)^\gamma$$

$$p_a = (1.5 \text{ atm}) \left(\frac{0.0090 \text{ m}^3}{0.0020 \text{ m}^3} \right)^{1.40}$$

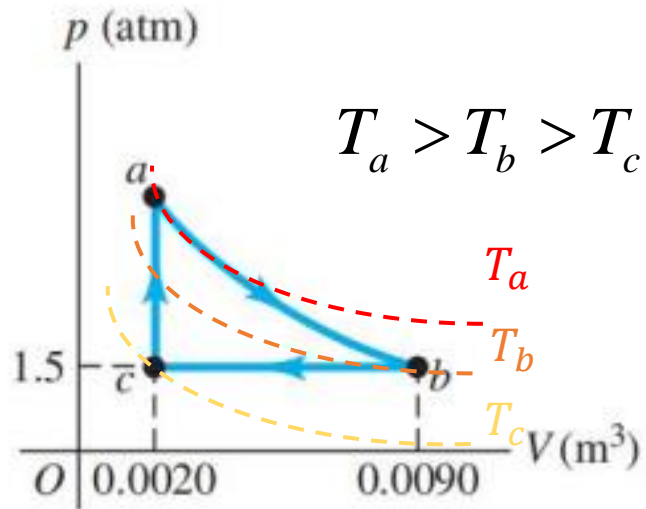
$$p_a = 12 \text{ atm}$$

Sustituyendo P_a en (1)

$$Q_{abs} = \frac{5}{2}(0.0020 \text{ m}^3)((12 - 1.5) \text{ atm}) \left(\frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \right)$$

$$Q_{abs} = 5.3 \text{ kJ} \quad \text{Ocurre en la etapa isométrica}$$

b) ¿Cuánto calor cede este gas por ciclo, y en qué parte del ciclo ocurre?



Se cede calor en la etapa isobárica (b → c)

$$Q_{ced} = nC_p \Delta T$$

$$Q_{ced} = n \frac{7}{2} R (T_c - T_b)$$

$$Q_{ced} = \frac{7}{2} (nRT_c - nRT_b) \quad pV = nRT$$

$$Q_{ced} = \frac{7}{2} (p_c V_c - p_b V_b) \quad P_c = P_b = P$$

$$Q_{ced} = \frac{5}{2} p (V_c - V_b)$$

$$Q_{ced} = \frac{7}{2} \left(1.5 \text{ atm} \frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \right) (0.0020 - 0.0090) \text{ m}^3$$

$$Q_{ced} = -3.7 \text{ kJ}$$

c) ¿Cuánto trabajo realiza esta máquina en un ciclo?

$$\Delta U = Q - W$$

$$W_{neto} = Q_{neto}$$

$$W_{neto} = Q_{abs} + Q_{ced}$$

$$W_{neto} = (5.3 + (-3.7)) \text{ kJ}$$

$$W_{neto} = 1.6 \text{ kJ}$$

¡Gracias!