

La energía hace que el gas contenido en el émbolo se expanda, y dado que el trabajo es  $p \Delta V$ :

$$100 \text{ J} = 1 \text{ atm} \cdot 101300 \text{ Pa/atm} \cdot \Delta V$$

$$\Delta V = 0,99 \text{ L}$$

Ocupará aproximadamente 6 L de volumen.

(Debemos prescindir de signos en el trabajo a estas alturas, al no haber trabajado con isoprocesos.)

## ■ Actividades de refuerzo pág. 339

1. Sobre un sistema realizamos un trabajo de 300 J al mismo tiempo que se le suministra un calor de 125 cal. ¿Cuál ha sido la variación en la energía interna del sistema?

**Solución:**

Aplicando el Primer Principio:

$$\Delta U = Q + W = 125 \text{ cal} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} + 300 \text{ J} = 820 \text{ J}$$

2. Si un sistema realiza un trabajo sobre el entorno al mismo tiempo que recibe calor de éste, ¿podemos afirmar si gana o pierde energía interna?

Cuando un sistema gaseoso pierde energía interna es porque desciende la temperatura a la que se encuentra. Si un sistema gaseoso realiza un trabajo y al mismo tiempo emite calor al entorno, ¿qué podemos decir que ha sucedido con la temperatura a la que se encuentra?

**Solución:**

Como  $\Delta U = Q + W$ , y uno es positivo y el otro negativo, no podemos afirmar si gana o pierde energía interna. Ganará si el calor que recibe es mayor que el trabajo que realiza y perderá en caso contrario, no variando si son iguales.

Como ambos son pérdidas, se hará a costa de la energía interna y, por lo tanto, descenderá la temperatura del sistema.

## ■ Actividad de refuerzo pág. 341

Al suministrar 346 cal a un sistema que contiene en una botella de paredes fijas oxígeno gas a 32 °C se observa que la temperatura que alcanza es de 123 °C. ¿Cuál es la masa de gas contenida dentro de la botella? Si el volumen de la botella es 5 L, ¿a qué presión se encontraba inicialmente?

**Solución:**

El proceso es isocórico, por lo que  $W = 0$

$$Q = \Delta U = m c_v (T_f - T_0)$$

$$m = \frac{Q}{c_v \Delta T} = \frac{346 \text{ cal} \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}}}{648 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 91 \text{ K}} = 24,5 \text{ g}$$

Aplicando la Ecuación de los gases perfectos:

$$p = \frac{n R T}{V} = \frac{24,5 \text{ g de O}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol de O}_2}{32 \text{ g de O}_2} \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 305 \text{ K}}{5 \text{ L}} = 3,8 \text{ atm}$$

## ■ Actividad de refuerzo pág. 342

Suminramos 2500 J a un sistema que contiene dentro de un termo 5 moles de nitrógeno gas, inicialmente a 20 °C. ¿Qué temperatura alcanza? Si la presión inicial es 1,2 atm, calcula el volumen inicial del recipiente y representa en un diagrama  $p$ - $V$  el proceso seguido por el gas (no es necesario que calcules con precisión el punto final, sino sólo el punto inicial y hacia dónde transcurre el proceso).

**Solución:**

El proceso es adiabático, por lo que  $Q = 0$

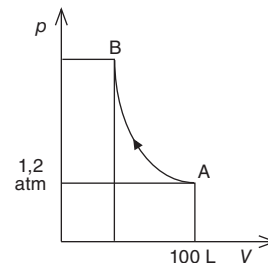
$$W = \Delta U = m c_v (T_f - T_0)$$

$$T_f = \frac{W}{m c_v} + T_0 = \frac{2500 \text{ J}}{5 \text{ mol} \cdot \frac{0,028 \text{ kg de N}_2}{1 \text{ mol}} \cdot 740 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}} + 293 \text{ K} = 317 \text{ K}$$

Aplicando la ecuación de los gases perfectos:

$$V = \frac{n R T}{P} = \frac{5 \text{ moles de N}_2 \cdot 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K}}{1,2 \text{ atm}} = 100 \text{ L}$$

La gráfica que sigue es la siguiente:



Donde lo importante es que disminuye el volumen aumentando fuertemente la presión. El trabajo ha realizado una compresión adiabática.

## ■ Evaluación

1. Un trozo de aluminio de 120 g de masa, que se encuentra a 80 °C, se añade a un recipiente que contiene 250 g de agua a 15 °C. Calcula la temperatura final que tendrá el agua, supuesto que no hay pérdidas de calor al exterior.

**Datos:** Calor específico del aluminio = 895 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>; del agua = 4180 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

**Solución:**

Teniendo en cuenta que el calor es una energía en tránsito, la cantidad de calor que desprende el aluminio debe ser absorbida por el agua, por lo que  $Q_{\text{abs}} = -Q_{\text{ced}}$ .

Por otro lado, según el Principio Cero, la temperatura final ha de ser la misma, por lo que

$$Q_{\text{abs}} = -Q_{\text{ced}} = m_{\text{Al}} c_{\text{eAl}} (T_f - T_{0\text{Al}}) = -m_{\text{agua}} c_{\text{e agua}} (T_f - T_{0\text{ agua}})$$

$$\text{Por lo que } 0,12 \text{ kg} \cdot 895 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 353 \text{ K}) = -0,25 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 288 \text{ K})$$

$$107 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f - 37900 \text{ J} = -1045 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f + 301000 \text{ J}$$

$$1152 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f = 339000 \text{ J}$$

## Evaluación

1. Un trozo de aluminio de 120 g de masa, que se encuentra a 80 °C, se añade a un recipiente que contiene 250 g de agua a 15 °C. Calcula la temperatura final que tendrá el agua, supuesto que no hay pérdidas de calor al exterior.

**Datos:** Calor específico del aluminio = 895 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>; del agua = 4 180 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

**Solución:**

Teniendo en cuenta que el calor es una energía en tránsito, la cantidad de calor que desprende el aluminio debe ser absorbida por el agua, por lo que  $Q_{\text{abs}} = -Q_{\text{ced}}$ .

Por otro lado, según el Principio Cero, la temperatura final ha de ser la misma, por lo que

$$Q_{\text{abs}} = -Q_{\text{ced}} = m_{\text{Al}} c_{\text{eAl}} (T_f - T_{0\text{Al}}) = -m_{\text{agua}} c_{\text{e agua}} (T_f - T_{0\text{agua}})$$

$$\text{Por lo que } 0,12 \text{ kg} \cdot 895 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 353 \text{ K}) = -0,25 \text{ kg} \cdot 4 180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (T_f - 288 \text{ K})$$

$$107 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f - 37 900 \text{ J} = -1 045 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f + 301 000 \text{ J};$$

$$1 152 \text{ J K}^{-1} \cdot T_f = 339 000 \text{ J}$$

De donde  $T_f = 294 \text{ K} = 21 \text{ °C}$

Se podía haber hecho en °C, pero por respetar las unidades hemos preferido pasarlo a K.

2. Calcula el volumen inicial que ocupaba un gas, si se le ha suministrado un trabajo de 300 J para comprimirlo isobáricamente hasta ocupar 20,0 L, a una presión atmosférica de 700 mm de Hg.

**Solución:**

El trabajo es  $W = -p \Delta V \Leftrightarrow \Delta V = \frac{300 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ atm L}}{101,3 \text{ J}}}{-700 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}}} = -3,2 \text{ L}$

Como  $\Delta V = V_f - V_0 \Leftrightarrow V_0 = V_f - \Delta V = 20,0 \text{ L} - (-3,2 \text{ L}) = 23,2 \text{ L}$ .

3. Determina el calor intercambiado por un sistema en los siguientes casos:

- a) Se expande adiabáticamente entre 3 atm y  $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
- b) Se expande isotérmicamente realizando un trabajo de 3 900 J.
- c) Realiza una transformación isocórica en la que su energía interna se ve disminuida en 1 500 cal. ¿Se encuentra a mayor o menor temperatura? ¿Es una compresión o una expansión?

**Solución:**

- a) No es necesario hacer cálculos. Un proceso adiabático no intercambia calor: 0 J.
- b) Como en un proceso isotérmico no varía la energía interna:  $0 = Q - 3 900 \text{ J}$ . Recibe una cantidad de calor de 3 900 J.
- c) En una transformación isocórica no se realiza ni se recibe trabajo:  $-1 500 \text{ cal} = Q + 0$ . Se desprenden 1 500 cal ( $Q = -1 500 \text{ cal} \cdot 4,18 \text{ J cal}^{-1} = -6 270 \text{ J}$ ). Como la energía interna disminuye, la temperatura también lo hará. No hay ni compresión ni expansión, ya que el volumen no varía en un proceso isocórico.

4. Calcula en unidades del SI el valor de  $c_v$  para el oxígeno, si 38,4 g de este gas absorben 750 J al aumentar su temperatura 30 °C.

Por ser un proceso de cálculo de  $c_v$ , el volumen permanece constante y el calor absorbido es igual a  $Q_{\text{abs}} = m c_v \Delta T$ .

Despejando  $c_v$ :

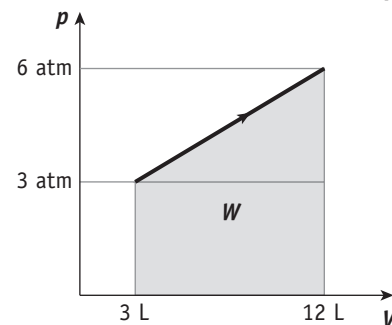
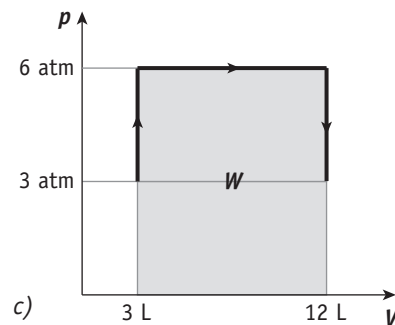
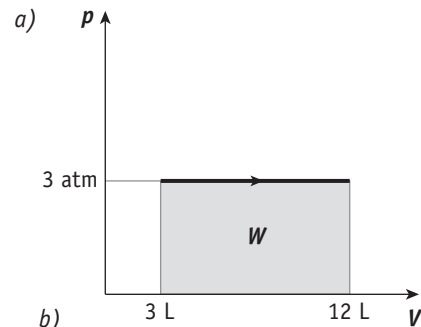
$$c_v = \frac{Q_{\text{abs}}}{m \Delta T} = \frac{750 \text{ J}}{38,4 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1 000 \text{ g}} \cdot 30 \text{ K}} = 651 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

5. Calcula gráficamente el trabajo realizado por un sistema que se encuentra a 3 atm de presión, cuando se expande desde 3 L hasta 12 L, siguiendo los siguientes caminos:

a) Proceso isobárico.

b) Proceso isocórico donde la presión aumenta al doble, expansión isobárica y proceso isocórico hasta el punto final.

c) Va en línea recta del punto (3 L, 3 atm) al punto (12 L, 5 atm).



- a) El trabajo es el área del rectángulo, negativo por ser expansión:  
 $W = -3 \text{ atm} \cdot 9 \text{ L} = -27 \text{ atm L} \cdot 101,3 \text{ J atm}^{-1} \text{ L}^{-1} = -2 735 \text{ J}$
- b) El trabajo es el área del rectángulo, negativo por ser expansión:  
 $W = -6 \text{ atm} \cdot 9 \text{ L} = -54 \text{ atm L} \cdot 101,3 \text{ J atm}^{-1} \text{ L}^{-1} = -5 470 \text{ J}$
- c) El trabajo es el área del trapecio (rectángulo + triángulo), negativo por ser expansión:  
 $W = -(3 \text{ atm} + 5 \text{ atm})/2 \cdot 9 \text{ L} = -36 \text{ atm L} \cdot 101,3 \text{ J atm}^{-1} \text{ L}^{-1} = -3 650 \text{ J}$