

## UNIDAD 14: CALOR

### CUESTIONES INICIALES-ACTIVIDADES PÁG. 313

1. Si un sistema material está a la temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ¿cuál es su temperatura en la escala de temperatura del sistema internacional.

$$T = (-10 + 273)\text{ K} = 263\text{ K}$$

2. Explica cómo tiene lugar el aumento de temperatura de una habitación de una vivienda mediante los radiadores-calefactores.

El aire en contacto con el radiador-calefactor se calienta y, por tanto, se dilata, por lo que su densidad disminuye. Al disminuir su densidad, asciende hasta el techo de la habitación dejando un hueco que ocupa el aire más frío. Así se forman corrientes de aire dentro de la habitación, que permiten el calentamiento uniforme de la misma. A este mecanismo de propagación del calor se le denomina convección.

3. ¿Por qué los frigoríficos necesitan un motor para enfriar los alimentos?

Una máquina frigorífica es como una máquina térmica que funciona al revés. El motor realiza un trabajo para enfriar una fuente fría y calentar el entorno que es el foco caliente.

### ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 315

1. Demuestra por qué la variación de temperatura entre los dos mismos estados, final e inicial, es igual en la escala Kelvin y la Celsius, cumpliéndose que  $\Delta T = \Delta t$ .

Como:  $T_1 = t_1 + 273$  y  $T_2 = t_2 + 273$ , resulta que:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = t_2 + 273 - (t_1 + 273) = t_2 - t_1 = \Delta t$$

### ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 318

2. ¿Es el calor una magnitud vectorial, si el flujo de energía en forma de calor es desde un sistema que tiene mayor temperatura a otro que la tiene menor?

No, el signo sirve para mostrar la forma del intercambio de la energía, pero el calor no es una magnitud cuyo valor dependa de la dirección, sentido o localización del sistema que intercambia energía.

### 3. Comenta la siguiente frase: ¡cierra la puerta!, que se escapa el calor.

Es una forma coloquial de hablar porque el calor no es un fluido y por tanto ni entra ni sale. Los objetos no tienen calor, el calor es un mecanismo de intercambio de energía interna entre los sistemas.

Al abrir una puerta y debido a la diferencia de densidad entre el aire caliente y el aire frío se forman corrientes de convección. El aire caliente de una habitación asciende y sale por la parte superior de la puerta, a su vez por la parte inferior entra aire más frío que ocupa el espacio dejado por el aire caliente. Mediante este circuito, la habitación se enfría rápidamente.

### 4. ¿Por qué la expresión: “la energía cedida en forma de calor por un sistema” es más correcta que la: “el calor cedido por el sistema”?

Porque el calor es un mecanismo de intercambio de energía interna entre los sistemas.

## ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 324

### 5. Si, a la presión constante de 2,0 atm, 5 L de un gas se calientan y se expanden hasta ocupar un volumen de 7,5 L, ¿cuál es la energía intercambiada en forma de trabajo mecánico por el gas?

Utilizando de forma adecuada el criterio de signos:

$$\begin{aligned} W_{\text{mecánico}} &= -p \cdot \Delta V = -2 \text{ atm} (7,5 \text{ L} - 5 \text{ L}) = -5 \text{ atm} \cdot \text{L} = \\ &= -5 \text{ atm} \frac{1,013 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\text{atm}} \cdot \text{L} \frac{\text{m}^3}{10^3 \text{ L}} = -5 \cdot 1,013 \cdot 10^2 \text{ N} \cdot \text{m} = -5,065 \cdot 10^2 \text{ J}, \text{ ya que es} \\ &\text{un trabajo realizado por el sistema sobre su entorno exterior.} \end{aligned}$$

## ACTIVIDADES FINALES-PÁG. 330

### 1. ¿Por qué después de taladrar una pared no se debe tocar con las manos la punta de la broca utilizada?

El roce de la broca al girar para taladrar la pared hace que parte de la energía mecánica del taladrador se transfiera en forma de calor al exterior y por ello la broca adquiere una temperatura elevada.

### 2. ¿Es correcto afirmar que una masa de agua a 90 °C tiene mucho calor?, ¿puede un objeto tener calor o frío?

Los objetos tienen energía interna, que es igual a la suma de las energías cinéticas y potenciales de cada una de sus partículas.

El calor es una manifestación de las variaciones de energía interna de los sistemas como consecuencia de los intercambios de energía entre los sistemas que están a diferente temperatura.

Por tanto, los objetos no tienen calor, y es incorrecto decir una masa de agua a 90 °C tiene mucho calor, lo que se debe decir es que dicha masa tiene mucha temperatura.

El frío tampoco existe, es una sensación térmica de baja temperatura.

**3. El calor específico del agua en unidades del SI es 4180 J/(kg · K). Expresa esa cantidad en la unidades cal / (g · °C).**

$$c_e = 4180 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = 4180 \cdot 0,24 \frac{\text{cal}}{\text{J} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \text{K} \cdot \frac{^\circ\text{C}}{\text{K}}} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**4. Para elevar la temperatura de 250 g de un líquido desde 20 °C hasta 45 °C, se requiere el aporte de 15 kJ. Calcula el calor específico del líquido.**

$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t$ , luego:

$$15 \text{ kJ} \cdot \frac{1000 \text{ J}}{\text{kJ}} = 250 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot c_e \cdot (45 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C}) \Rightarrow c_e = 2400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**5. Determina la temperatura (de equilibrio térmico) que alcanza una mezcla formada por 250 g de agua, que inicialmente está a 10 °C, a la que se añade 550 g de agua, que inicialmente están a 40 °C.**

El agua caliente intercambia energía en forma de calor con el agua fría.

La energía intercambiada por el agua caliente es:  $Q_{\text{cedido}} = m_{\text{caliente}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{caliente}})$

La energía intercambiada por el agua fría es:  $Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{fría}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{fría}})$

Por la Ley de la conservación de la energía, la variación de energía total durante el proceso es igual a cero, luego:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{caliente}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{caliente}}) + m_{\text{fría}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{fría}}) = 0$$

Admitiendo que el calor específico del agua no varía con la temperatura, resulta que:

$$550 \text{ g} \cdot (t_{\text{final}} - 40 ^\circ\text{C}) + 250 \text{ g} \cdot (t_{\text{final}} - 10 ^\circ\text{C}) = 0 \Rightarrow t_{\text{final}} = 30,6 ^\circ\text{C}$$

**6. Una bañera contiene 20 L de agua a una temperatura de 70 °C. ¿Qué cantidad de agua, a la temperatura de 20 °C, hay que añadir para que la mezcla tenga una temperatura final de 40 °C?, si se supone que la densidad del agua no sufre variación.**

El agua caliente intercambia energía en forma de calor con el agua fría.

La energía intercambiada por el agua caliente es:  $Q_{\text{cedido}} = m_{\text{caliente}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{caliente}})$

La energía intercambiada por el agua fría es:  $Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{fría}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{fría}})$

Por la ley de la conservación de la energía, la variación de energía total durante la transformación es igual cero, luego:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{caliente}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{caliente}}) + m_{\text{fría}} \cdot c_e \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{fría}}) = 0$$

Como:  $m = d \cdot V$  y admitiendo que el calor específico del agua no varía con la temperatura, resulta que:

$$d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{caliente}} \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{caliente}}) + d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{fría}} \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{fría}}) = 0$$

$$\text{Luego: } 20 \text{ L} \cdot (40 \text{ °C} - 70 \text{ °C}) + V_{\text{fría}} \cdot (40 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) = 0 \Rightarrow V_{\text{fría}} = 30 \text{ L}$$

**7. Un objeto de cobre tiene una masa de 200 g y se calienta en una estufa hasta alcanzar la temperatura de 150 °C. A continuación se introduce en un calorímetro que contiene 0,5 L de agua a 20 °C. Si la temperatura final del equilibrio es 24,5 °C, halla el calor específico del cobre.**

**Dato:  $c_{e, \text{agua}} = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .**

$$\text{La energía intercambiada por el cobre es: } Q_{\text{cedido}} = m_{\text{cobre}} \cdot c_{e, \text{cobre}} \cdot (t_{\text{equilibrio}} - t_{\text{inicial, cobre}})$$

$$\text{La energía intercambiada por el agua es: } Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{e, \text{agua}} \cdot (t_{\text{equilibrio}} - t_{\text{inicial, agua}})$$

Aplicando la ley de la conservación de la energía, la variación de energía total es igual a cero, luego:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{cobre}} \cdot c_{e, \text{cobre}} \cdot (t_{\text{equilibrio}} - t_{i, \text{cobre}}) + m_{\text{agua}} \cdot c_{e, \text{agua}} \cdot (t_{\text{equilibrio}} - t_{i, \text{agua}}) = 0$$

Como la masa de 500 cm<sup>3</sup> de agua es:  $m = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,5 \text{ kg}$ , entonces:

$$200 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot c_{e, \text{cobre}} \cdot (24,5 \text{ °C} - 150 \text{ °C}) + 0,5 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \cdot (24,5 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) = 0 \Rightarrow c_{e, \text{cobre}} = 374,7 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$$

**8. Un calorímetro contiene 250 g de agua a 60 °C y se añade 500 g de etanol a una temperatura de 20 °C. Determina la temperatura de equilibrio del conjunto.**

**Datos:  $c_{e, \text{agua}} = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $c_{e, \text{etanol}} = 2430 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .**

El agua intercambia energía en forma de calor con el etanol.

$$\text{La energía intercambiada por el agua es: } Q_{\text{cedido}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{e, \text{agua}} \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{agua}})$$

$$\text{La energía intercambiada por el etanol es: } Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{etanol}} \cdot c_{e, \text{etanol}} \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{etanol}})$$

Por la Ley de la conservación de la energía, la variación de energía total durante el proceso es igual a cero, por tanto:

$$m_{\text{agua}} \cdot c_{e, \text{agua}} \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{agua}}) + m_{\text{etanol}} \cdot c_{e, \text{etanol}} \cdot (t_{\text{final}} - t_{\text{etanol}}) = 0$$

$$\text{Luego: } 250 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \cdot (t_{\text{final}} - 60 \text{ °C}) + 500 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 2430 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \cdot (t_{\text{final}} - 20 \text{ °C}) = 0 \Rightarrow t_{\text{final}} = 38,5 \text{ °C}$$

**9. Halla la temperatura y composición en el equilibrio, de una mezcla formada inicialmente por 20 g de hielo a -10 °C y 100 g de agua a 15 °C.**

**Datos:  $c_{e, \text{hielo}} = 2100 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;  $c_{e, \text{agua}} = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;  $L_{\text{fusión}} = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J}/\text{kg}$ .**

La energía intercambiada por el hielo para elevar su temperatura hasta 0 °C es:

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{e \text{ hielo}} \cdot \Delta t = 20 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [0 ^\circ\text{C} - (-10 ^\circ\text{C})] = 420 \text{ J}$$

La energía intercambiada durante la fusión de todo el hielo es:

$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{fusión}} = 20 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 3,34 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 6680 \text{ J}$$

La energía que puede intercambiar el agua líquida al enfriarse hasta 0 °C es:

$$Q_3 = m_{\text{líquido}} \cdot c_{e \text{ líquido}} \cdot \Delta t = 100 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [0 ^\circ\text{C} - 15 ^\circ\text{C}] = -6270 \text{ J}$$

Esta cantidad es suficiente para elevar la temperatura del hielo hasta 0 °C, pero no para fundirlo en su totalidad. Por tanto la temperatura en el equilibrio es 0 °C. Una vez calentado el hielo hasta 0 °C, la energía que queda por intercambiarse es:

$$Q = 6270 \text{ J} - 420 \text{ J} = 5850 \text{ J}$$

Que se emplea para fundir parte del hielo:

$$Q = m \cdot L_{\text{fusión}} \Rightarrow 5850 \text{ J} = m \cdot 3,34 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \Rightarrow m = 0,0175 \text{ kg} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} = 17,5 \text{ g}$$

La composición final de la mezcla es: 17,5 g de agua líquida y 20 g – 17,5 g = 2,5 g de hielo.

**10. Una figura de un soldado de plomo tiene una masa de 100 g y se le cae a un niño desde una ventana situada a 20 m del suelo. Si en el choque contra el suelo el 70 % de la energía que tiene el soldado de plomo se transforma en calor, determina la variación de su temperatura. Dato:  $c_{e, \text{plomo}} = 130 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .**

La energía potencial asociada al objeto en la ventana se intercambia en forma de calor, una parte se emplea en calentar al propio soldadito y el resto se intercambia con el entorno.

La cantidad de energía que se emplea en calentar al soldado es:

$$Q = \frac{70}{100} \cdot \Delta E_p = 0,7 \cdot m \cdot g \cdot h$$

Aplicando la ecuación que relaciona la variación de la temperatura con la masa del soldado, se tiene:  $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$

$$\text{Igualando ambas expresiones: } 0,7 \cdot m \cdot g \cdot h = m \cdot c_e \cdot \Delta T$$

$$\text{Despejando: } \Delta T = 0,7 \cdot \frac{g \cdot h}{c_e} = 0,7 \cdot \frac{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{ m}}{130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 1 \text{ K} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$$

**11. Una barra de cobre tiene una longitud de 80 cm a una temperatura de 10 °C. Si el coeficiente de dilatación lineal del cobre es  $\lambda = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , determina su longitud a la temperatura de 85 °C.**

El incremento de temperatura tiene el mismo valor si se expresa en K o en °C.

La longitud de la barra a la temperatura de 85 °C es:

$$L = L_0 (1 + \lambda \cdot \Delta T) = 80 \text{ cm} [1 + 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (85 \text{ }^\circ\text{C} - 10 \text{ }^\circ\text{C})] = 80,1 \text{ cm}$$

**12. Una barra de 25 cm se dilata 0,5 mm cuando su temperatura se eleva 50 °C. Halla su coeficiente de dilatación lineal.**

El aumento de longitud de la barra por dilatación lineal es:  $\Delta L = L_0 \cdot \lambda \cdot \Delta t$

$$\text{Por tanto: } 0,5 \text{ mm} \cdot \frac{10^{-3} \text{ m}}{\text{mm}} = 25 \text{ cm} \cdot \frac{10^{-2} \text{ m}}{\text{cm}} \cdot \lambda \cdot 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Luego, despejando: } \lambda = 4 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

**13. Una pieza de latón tiene un volumen 15 cm<sup>3</sup> a la temperatura de 20 °C. Si el coeficiente de dilatación cúbico del latón es  $\gamma = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , calcula su volumen cuando se eleva la temperatura hasta 150 °C.**

El incremento de temperaturas tiene el mismo valor si se expresa en K o en °C, luego:

$$\Delta T = \Delta t = 150 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 130 \text{ }^\circ\text{C} = 130 \text{ K}$$

La variación del volumen que experimenta la pieza de latón es:

$$V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T) = 15 \text{ cm}^3 (1 + 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} \cdot 130 \text{ K}) = 15,1 \text{ cm}^3$$

**14. Un conductor llena el depósito de combustible de su automóvil con 60 L de gasolina a la temperatura de 20 °C. Si el depósito es de acero y su coeficiente de dilatación es  $\gamma = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , halla la gasolina que se derrama con el coche estacionando al sol a la temperatura de 40 °C, si el coeficiente de dilatación de la gasolina es  $k = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .**

El incremento de temperaturas tiene el mismo valor si se expresa en K o en °C, luego:

$$\Delta T = \Delta t = 40 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 20 \text{ K}$$

La variación del volumen que experimenta el depósito de acero es:

$$\Delta V_{\text{depósito}} = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T = 60 \text{ L} \cdot 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} \cdot 20 \text{ K} = 0,0396 \text{ L} \frac{10^3 \text{ mL}}{\text{L}} = 39,6 \text{ mL}$$

La variación del volumen que experimenta la gasolina es:

$$\Delta V_{\text{gasolina}} = V_0 \cdot k \cdot \Delta T = 60 \text{ L} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \cdot 20 \text{ K} = 1,08 \text{ L} \frac{10^3 \text{ mL}}{\text{L}} = 1080 \text{ mL}$$

La cantidad de gasolina que se derrama es:  $V = 1080 \text{ mL} - 39,6 \text{ mL} = 1040,4 \text{ mL}$

**15. ¿Cuál es la variación de la energía interna de un sistema que recibe 4000 J en forma de calor de un foco caliente y además se realiza un trabajo sobre el sistema de 800 J?**

Aplicado el primer principio de la termodinámica y asignando el convenio internacional de signos, se cumple:

$$\Delta U = Q + W = 4000 \text{ J} + 800 \text{ J} = 4800 \text{ J}$$

**16. Determina la energía que recibe en forma de calor una máquina térmica de la caldera y la que transfiere al refrigerante, si tiene un rendimiento del 20 % y realiza un trabajo de 640 J.**

Aplicando la relación entre el rendimiento y la energía intercambiada:

$$\eta = \frac{|W_{\text{realizado}}|}{|Q_{\text{absorbido}}|} \cdot 100, \text{ luego:}$$

$$20 = \frac{640 \text{ J}}{|Q_{\text{absorbido}}|} \cdot 100 \Rightarrow |Q_{\text{absorbido}}| = 3200 \text{ J}$$

El trabajo realizado es la diferencia entre la energía intercambiada en forma de calor con el foco caliente y con el refrigerante.

$$|W| = |Q_{\text{absorbido}}| - |Q_{\text{cedido}}| \Rightarrow 640 \text{ J} = 3200 \text{ J} - |Q_{\text{cedido}}| \Rightarrow |Q_{\text{cedido}}| = 2560 \text{ J}$$

**17. Cita tres procesos que ocurran en la naturaleza, y que ilustren cómo la energía se degrada en las transformaciones.**

En cualquier proceso que transcurre en la naturaleza se manifiesta la degradación de la energía.

El agua que corre por un río ya no puede mover una turbina colocada en el curso alto del mismo.

Un balón que bota lo hace cada vez hasta una altura menor.

La energía intercambiada en un incendio se emplea para aumentar la temperatura del ambiente.

**18. Explica el mecanismo por el que se forman las brisas marinas.**

El calor específico del agua es mayor que el del suelo, por lo que el suelo se calienta y se enfría antes que el agua.

Durante el día el suelo está más caliente que el agua del mar. El aire en contacto con la costa se calienta, se dilata y asciende. Su hueco es ocupado por aire más frío que procede del mar y la brisa sopla desde el mar a la costa.

Por la noche el agua del mar está más caliente que la tierra de la costa, el aire en contacto con el agua del mar asciende y su lugar es ocupado por aire más frío procedente de la costa. Por ello, durante la noche la brisa sopla desde el interior hacia el mar.

**19. El calor específico del agua líquida y su calor latente de vaporización son muy elevados si se comparan con los de otras sustancias. ¿Qué consecuencias tendría el que esos valores se redujeran apreciablemente?**

El que su calor específico sea tan elevado le permite ser un buen regulador térmico y suavizar el clima, sobre todo de las zonas costeras. En verano se calienta antes la tierra firme que el agua de mar con lo que suaviza el rigor del verano. En invierno es al revés, se enfría antes la costa que el agua del mar. Si el calor específico del agua fuera menor, el agua del mar alcanzaría temperaturas más elevadas en verano y más pequeñas en invierno, aumentando el carácter extremo del clima.

Si el calor latente de vaporización fuese menor, se evaporaría agua en mayor cantidad para una misma radiación solar. Por ello, se elevaría la cantidad de agua en la atmósfera y aumentaría el efecto invernadero, con el consiguiente incremento de la temperatura sobre la superficie de la Tierra.

El agua es el sistema de regulación de la temperatura de los seres vivos. Si su calor latente de vaporización fuera menor, la cantidad de sudor que habría que evaporar para mantener la temperatura sería mucho mayor. Esto acarrearía la necesidad de una ingesta mayor de líquidos.

**20. Un motor tiene una potencia de 2 CV y agita 1 m<sup>3</sup> de agua existente en una cuba que está aislada térmicamente ¿Cuánto tiempo debe transcurrir para que la temperatura del agua se eleve 1 °C? Dato: c<sub>e, agua</sub> = 4180 J/(kg · K).**

Sabiendo que  $m = d \cdot V$ , que la densidad del agua líquida es  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

y que:  $\Delta T = \Delta t = 1 \text{ °C} = 1 \text{ K}$ , entonces:

La energía intercambiada en forma de calor para elevar en 1 K la temperatura de 1 m<sup>3</sup> de agua es:

$$Q = d \cdot V \cdot c_e \cdot \Delta T = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1 \text{ m}^3 \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 1 \text{ K} = 4,18 \cdot 10^6 \text{ J}$$



El trabajo que realiza el motor sobre el agua en un tiempo  $t$  es:

$$W = P \cdot t = 2 \text{ CV} \cdot 735 \frac{\text{W}}{\text{CV}} \cdot t = 1470 \text{ W} \cdot t$$

El trabajo realizado por el motor se intercambia en forma de calor, que se emplea para calentar el agua, luego igualando las dos expresiones anteriores, se tiene:

$$4,18 \cdot 10^6 \text{ J} = 1470 \text{ W} \cdot t \Rightarrow t = 2844 \text{ s} \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} = 47,4 \text{ min}$$

**21. Una olla tiene 4 L de agua a 20 °C y eleva su temperatura mediante una resistencia eléctrica que tiene un rendimiento del 60 %, hasta que el agua rompa a hervir. Si el calor específico del agua es 4180 J/(kg · K), calcula: a) La energía transformada por la resistencia eléctrica. b) El coste de calentar el agua, si 1 kW·h tiene el precio de 0,12 euro.**

a) Tomando como densidad del agua líquida:  $d = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$

La temperatura ambiente es 20 °C y la de ebullición del agua 100 °C, y sabiendo que:

$$\Delta T = \Delta t = 100 \text{ °C} - 20 \text{ °C} = 80 \text{ °C} = 80 \text{ K}$$

La energía necesaria, en forma de calor, para calentar el agua es:

$$Q = d \cdot V \cdot c_e \cdot \Delta t = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 4 \text{ L} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 80 \text{ K} = 1337600 \text{ J}$$

Como la resistencia eléctrica tiene un rendimiento del 60 %, la energía eléctrica transformada es:

$$\Delta E = 1337600 \text{ J} \cdot \frac{100}{60} = 2229333 \text{ J}$$

b) La relación entre el kW·h y el J es:  $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ J}$

Por tanto la energía eléctrica transformada por la resistencia eléctrica es:

$$\Delta E = 2229333 \text{ J} = 2229333 \text{ J} \cdot \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{3600000 \text{ J}} = 0,62 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

Que supone un coste económico de:  $0,62 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{h}} = 0,07 \text{ €}$

Por tanto el coste económico es:  $0,07 \text{ €} \cdot \frac{100 \text{ céntimos}}{1 \text{ €}} = 7 \text{ céntimos de euro}$

**22. Un calentador eléctrico de inmersión tiene una potencia de 200 W y se sumerge en un recipiente que tiene 0,5 L de agua a 20 °C. Halla el tiempo que transcurre hasta que el agua comience a hervir. Dato:  $c_{e, \text{agua}} = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .**

Tomando como densidad del agua líquida:  $d = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$ , resulta que:

$$m = d \cdot V = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot 0,5 \text{ L} = 0,5 \text{ kg}$$

La diferencia de temperaturas expresada en °C tiene el mismo valor que en K, luego:

$$\Delta T = \Delta t = 100 \text{ °C} - 20 \text{ °C} = 80 \text{ °C} = 80 \text{ K}$$

La energía eléctrica transformada para que el agua rompa a hervir es:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T = 0,5 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 80 \text{ K} = 167\,200 \text{ J}$$

Aplicando la definición de potencia:  $P = \frac{W}{t}$ , resulta que:

$$t = \frac{W}{P} = \frac{167200 \text{ J}}{200 \text{ W}} = 836 \text{ s} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} = 14 \text{ min}$$

**23. Un bloque de 10 kg de hielo que está a 0 °C se lanza con una velocidad de 10 m/s sobre una superficie horizontal del mismo material y que está a la misma temperatura. Al cabo de un tiempo el bloque se detiene debido a la fricción. Si toda la energía se transfiere en el proceso en forma de calor y se emplea en fundir hielo, determina la cantidad de hielo que se funde.**

**Dato:  $L_{\text{fusión}} = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J}/\text{kg}$ .**

Mientras el bloque de hielo se desplaza, su energía cinética se intercambia en forma de calor que se emplea para fundir parte del hielo.

Aplicando la ley de la conservación de la energía, resulta que:  $\Delta E_c = Q$

$$\text{Luego: } \frac{1}{2} \cdot m_{\text{bloque}} \cdot v^2 = m_{\text{hielo fundido}} \cdot L_{\text{fusión}}$$

$$\text{Por tanto: } \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ kg} \cdot (9,8 \text{ m/s})^2 = m_{\text{hielo fundido}} \cdot 3,34 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\text{De donde: } m_{\text{hielo fundido}} = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \frac{10^3 \text{ g}}{\text{kg}} = 1,44 \text{ g}$$

**24. Un objeto cae desde lo alto de un puente al agua de un río. Si toda su energía cinética se transforma en calor y se transfiere al agua, ¿puede una vez dentro del agua, el objeto absorber dicha cantidad de energía y transformarla en trabajo para salir del agua?**

No, pues el segundo principio de la termodinámica afirma que no es posible en la naturaleza un proceso que, absorbiendo una determinada cantidad de energía en forma de calor, realice una cantidad igual de trabajo.

**25. Se mezclan 250 g de agua a - 5 °C con 60 g de vapor de agua a 115 °C. Halla la temperatura final del conjunto.**

**Datos:**  $c_{e, \text{agua líquida}} = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;  $c_{e, \text{vapor de agua}} = 2010 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;  
 $c_{e, \text{hielo}} = 2100 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;  $L_{\text{fusión}} = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ ;  $L_{\text{vaporización}} = 2,24 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ .

La energía intercambiada por el hielo para elevar su temperatura hasta 0 °C es:

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{e, \text{hielo}} \cdot \Delta t = 250 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [0^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C})] = 2\,625 \text{ J}$$

La energía intercambiada durante la fusión de todo el hielo es:

$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{fusión}} = 250 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 3,34 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 83\,500 \text{ J}$$

Todo ello hace que:  $Q_1 + Q_2 = 2\,625 \text{ J} + 83\,500 \text{ J} = 86\,125 \text{ J}$

La energía que puede intercambiar el agua líquida al enfriarse hasta 0 °C es:

$$Q_3 = m_{\text{vapor}} \cdot c_{e, \text{vapor}} \cdot \Delta t = 60 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 2010 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [100^\circ\text{C} - (-115^\circ\text{C})] = -1\,809 \text{ J}$$

$$Q_4 = m_{\text{vapor}} \cdot L_{\text{vaporización}} = 60 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot (-2,24 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}) = -134\,400 \text{ J}$$

$$Q_5 = m_{\text{líquido}} \cdot c_{e, \text{líquido}} \cdot \Delta t = 60 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [0^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}] = -25\,080 \text{ J}$$

Esta cantidad:  $Q_3 + Q_4 + Q_5 = -1809 \text{ J} - 134400 \text{ J} - 25080 \text{ J} = -161\,289 \text{ J}$  es superior en valor absoluto a 83500 J, que es la energía requerida para fundir todo el hielo, por tanto, el hielo se funde y se convierte en agua líquida, que queda a una temperatura superior a 0 °C

Si se llama  $Q_6$  a la cantidad de calor empleada en calentar el hielo fundido desde 0 °C hasta la temperatura  $t$  final del sistema y  $Q_7$  es la cantidad de calor cedido por el agua caliente desde 100 °C hasta la temperatura final del sistema  $t$ , entonces:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = 0$$

$$2625 \text{ J} + 83500 \text{ J} + (-1809 \text{ J}) + (-134400 \text{ J}) + 250 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (t - 0^\circ\text{C}) +$$

$$+ 60 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [t - 100^\circ\text{C}] = 0 \Rightarrow t = 58^\circ\text{C}$$

**26. Una masa de 2 kg de agua se encuentra a una temperatura de 70 °C. Un motor realiza un trabajo de agitación de 2 kJ, mientras que el sistema transfiere al exterior 60 kJ en forma de calor. Determina la variación de la energía interna del agua y su temperatura final.**

Como la temperatura inicial de la masa de agua es 70 °C, lógicamente está más caliente que el entorno. Utilizando el convenio internacional de signos, al trabajo realizado sobre el sistema se le asigna signo positivo y al calor cedido al entorno se le asigna signo negativo.

Se considera que para el agua:  $c_e = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$

Aplicando el Primer principio de la termodinámica, resulta:

$$\Delta U = Q + W = - 60 \text{ kJ} + 2 \text{ kJ} = - 58 \text{ kJ}$$

La variación de la energía interna, entre dos situaciones de un sistema, es independiente de la forma en la que se realice. Por tanto, la variación de la energía interna es la misma realizando el proceso descrito, o enfriando el agua mediante el intercambio de 58 kJ.

Por tanto:  $\Delta U = Q' = m \cdot c_e \Delta T$

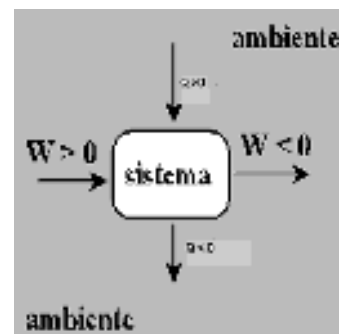
$$- 58 \cdot \text{kJ} \cdot \frac{10^3 \text{ J}}{\text{kJ}} = 2 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = - 6,9 \text{ K} = - 6,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

Por tanto, la temperatura final es:  $t = - 6,9 \text{ }^\circ\text{C} + 70 \text{ }^\circ\text{C} = 63,1 \text{ }^\circ\text{C}$

**27. Determina los signos del calor intercambiado, trabajo efectuado y variación de la energía interna de los siguientes sistemas sometidos a los procesos que se detallan: a) Un trozo de metal a 60 °C que se introduce en un tanque de agua fría. b) Un muelle que se estira. c) La gasolina que se quema dentro del cilindro de un motor, suponiendo que el cilindro está aislado térmicamente. d) Un gas que se calienta dentro de un recipiente metálico y rígido.**

Eligiendo el convenio de signos internacional, se tiene:

- a)  $Q < 0$ ;  $W = 0$ ;  $\Delta U < 0$
- b)  $Q = 0$ ;  $W > 0$ ;  $\Delta U > 0$
- c)  $Q = 0$ ;  $W < 0$ ;  $\Delta U < 0$
- d)  $Q > 0$ ;  $W = 0$ ;  $\Delta U > 0$



**28. Calcula el rendimiento de una turbina de vapor, que realiza un trabajo de 0,1 kW·h por cada  $9,1 \cdot 10^5$  J que recibe en forma de calor de la caldera.**

Expresando el trabajo realizado en unidades del S.I.:

$$W = 0,1 \text{ kW} \cdot h = 0,1 \cdot \frac{1000 \text{ W}}{\text{kW}} \cdot \frac{\text{J}}{\text{W}} \cdot h \cdot \frac{3600 \text{ s}}{h} = 360000 \text{ J}$$

Y aplicando la definición de rendimiento, resulta:

$$\eta = \frac{|W_{\text{realizado}}|}{|Q_{\text{absorbido}}|} \cdot 100 = \frac{360\,000 \text{ J}}{9,1 \cdot 10^5 \text{ J}} \cdot 100 = 39,6 \%$$

**29. Una máquina térmica proporciona  $3 \cdot 10^6$  J cada minuto y cede al refrigerante  $2,25 \cdot 10^6$  J en el mismo tiempo. Halla: a) El trabajo realizado en un minuto. b) El rendimiento de la máquina. c) Su potencia expresada en CV.**

a) El trabajo realizado es la diferencia entre la energía intercambiada en forma de calor con el foco caliente y con el refrigerante.

$$|W_{\text{realizado}}| = |Q_{\text{absorbido}}| - |Q_{\text{cedido}}| = 3 \cdot 10^6 \text{ J} - 2,25 \cdot 10^6 \text{ J} = 7,5 \cdot 10^5 \text{ J}$$

b) El rendimiento del motor es:

$$\eta = \frac{|W_{\text{realizado}}|}{|Q_{\text{absorbido}}|} \cdot 100 = \frac{7,5 \cdot 10^5 \text{ J}}{3 \cdot 10^6 \text{ J}} \cdot 100 = 25 \%$$

c) A partir de la definición de potencia: 
$$P = \frac{W}{t} = \frac{7,5 \cdot 10^5 \text{ J}}{1 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ W}$$

Que expresado en CV es: 
$$P = 1,25 \cdot 10^4 \text{ W} \cdot \frac{\text{CV}}{735 \text{ W}} = 17 \text{ CV}$$

**30. La gasolina tiene un poder calorífico de  $5 \cdot 10^7$  J/L. Determina el rendimiento del motor de un automóvil que realiza un trabajo de  $12 \cdot 10^6$  J por cada L de gasolina quemada. ¿Qué ocurre con el resto de la energía interna de la gasolina?**

Como el poder calorífico de un combustible líquido es la energía interna que se intercambia en forma de calor al quemar 1 L de ese combustible en el interior del motor, entonces:

El rendimiento del motor del automóvil es:

$$\eta = \frac{|W_{\text{realizado}}|}{|Q_{\text{absorbido}}|} \cdot 100 = \frac{12 \cdot 10^6 \text{ J}}{5 \cdot 10^7 \text{ J}} \cdot 100 = 24 \%$$

El resto de la energía en forma de calor se desaprovecha y se cede al exterior (degrada).

31. El poder calorífico de una madera es 3000 cal/kg. Explica su significado físico y determina la cantidad de agua que puede elevar su temperatura desde 20 °C hasta 50 °C en una cocina alimentada con 1 kg de madera, si el rendimiento del proceso se supone que es del 30 %.

Dato:  $c_{e, \text{agua}} = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .

El poder calorífico de un combustible sólido es la energía interna que se intercambia en forma de calor al quemar 1 kg de esa sustancia.

Hay que tener en cuenta que también se cumple que:

$$c_{e, \text{agua}} = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = 4180 \frac{\text{J} \cdot \frac{\text{cal}}{4,18 \text{ J}}}{\text{kg} \cdot \text{K} \cdot \frac{^\circ\text{C}}{\text{K}}} = 1000 \frac{\text{cal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

La energía química transformada al quemar la madera es:

$$Q = m \cdot \text{poder calorífico} = 1 \text{ kg} \cdot 3000 \frac{\text{cal}}{\text{kg}} = 3000 \text{ cal}$$

Con la que la cantidad de agua que se puede calentar es:

$$Q = 3000 \text{ cal} \cdot \frac{30}{100} = 900 \text{ cal}$$

Luego como:  $Q = m \cdot c_{e, \text{agua}} \cdot \Delta t$ , entonces:

$$900 \text{ cal} = m \cdot 1000 \frac{\text{cal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (50 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C}) \Rightarrow m = 0,03 \text{ kg} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} = 30 \text{ g}$$

### INVESTIGA-PÁG. 332

1. Introduciendo el texto: “aislamiento de viviendas” en el buscador [www.google.es](http://www.google.es), se puede encontrar abundante información sobre dicho tema, aunque existe una página muy interesante en [www.arquinstal.com.ar](http://www.arquinstal.com.ar), sobre conservación de energía en viviendas y edificios y con consejos para ahorrar energía, que te permitirá realizar un trabajo-monográfico en el que diseñes una vivienda, mostrando su situación o emplazamiento, materiales de construcción a emplear, tipo de calefacción a utilizar, con la indicación de la situación de radiadores, puertas y ventanas en las distintas habitaciones de la vivienda.

Es una actividad abierta, de forma que al consultar en internet sobre el tema obtendrás relevante información de cómo se debe situar, orientar, o emplazar una vivienda, qué tipo de materiales de construcción se deben emplear, el tipo de calefacción a utilizar, la indicación de la situación de los radiadores, las puertas y las ventanas en las distintas habitaciones de la vivienda.