

INTERPRETA LA IMAGEN

- **¿Por qué se dice que la termografía muestra la temperatura en colores falsos?**

Porque no son colores reales, sino una correspondencia entre la temperatura y un código de colores, de modo que los cuerpos con temperatura más baja se muestran con unos colores más azulados, y los que tienen una temperatura más elevada se muestran con tonos anaranjados y rojizos.

- **Al calentar un vaso de leche en un microondas, ¿por qué se calienta menos el vidrio que la leche?**

Porque en el vidrio no hay moléculas de agua, de modo que el vidrio no es capaz de absorber la energía que transportan las microondas. En la leche sí hay agua, por lo que se calienta directamente absorbiendo la energía de las microondas. El vidrio, en cambio, se calienta debido al contacto con la leche.

- **¿Cómo calentarías agua para ahorrar energía, en una vitrocerámica o en un microondas?**

A la vista del gráfico, se aprovecha mejor la energía mediante el microondas, por lo que necesitaríamos una menor cantidad de energía para calentar agua que si usamos una cocina vitrocerámica.

CLAVES PARA EMPEZAR

- **¿Cómo se mide la temperatura de un cuerpo? ¿Qué unidades de temperatura conoces? ¿Y de calor?**

La temperatura se mide mediante un termómetro. Las unidades más empleadas de temperatura son el grado Celsius, el grado Fahrenheit y el kelvin. El calor se mide en julios o en calorías, por ejemplo.

- **¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto dos cuerpos a diferente temperatura?**

Que pasa calor desde el cuerpo con una temperatura más elevada hacia el otro, hasta que las temperaturas de ambos cuerpos se igualan.

- **¿Qué efectos puede tener el hecho de que un cuerpo absorba calor? ¿Y si cede calor?**

Si un cuerpo absorbe calor, puede aumentar su temperatura, cambiar de estado (por ejemplo, de sólido a líquido) y dilatarse. Si cede calor, puede disminuir su temperatura, cambiar de estado (por ejemplo, de líquido a sólido) y contraerse.

ACTIVIDADES

- 1 Calentamos cierta cantidad de agua de forma que su temperatura aumenta 10 °C. ¿Tendremos que aplicar más calor para que su temperatura aumente 10 K? ¿Y para que aumente 10 °F?**

Para que aumente 10 K tendremos que aplicar la misma cantidad de calor, pero para que aumente 10 °F deberemos aplicar menos calor, pues una variación de 1 °F es menor que una variación de 1 °C.

- 2 Encuentra un valor de temperatura medida en la escala Celsius que coincida con el mismo valor de temperatura en la escala Fahrenheit. ¿Podrías encontrar un valor en el que coincidan la temperatura Celsius y la Kelvin?**

Si la temperatura es la misma en la escala Celsius y Fahrenheit, tendremos:

$$\frac{t(^{\circ}\text{F}) - 32}{180} = \frac{t(^{\circ}\text{C})}{100} \rightarrow \frac{t - 32}{180} = \frac{t}{100} \rightarrow (t - 32) \cdot 100 = 180 \cdot t \rightarrow$$
$$\rightarrow 100 \cdot t - 3200 = 180 \cdot t \rightarrow 80 \cdot t = -3200 \rightarrow t = \frac{-3200}{80} = -40$$

Por tanto, -40°C es la misma temperatura que -40°F .

No existe un valor en que coincidan la temperatura Celsius y la Kelvin, pues la temperatura Kelvin es siempre 273 unidades mayor que la Celsius. $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$.

3 ¿Existe un límite para el valor más alto de temperatura que se puede alcanzar? ¿Y para el más bajo?

No existe un límite para el valor más alto, pero sí para el valor más bajo, que es la temperatura de 0 K, pues a esa temperatura cesa por completo el movimiento de las partículas de un cuerpo. Por tanto, no puede descender más la temperatura.

INTERPRETA LA IMAGEN Página 250

- **Los tres hornillos están encendidos el mismo tiempo y a la misma potencia, por tanto, aportan la misma cantidad de calor. ¿De qué depende el valor de la temperatura final?**

Depende del tipo de sustancia que estamos calentando y de la cantidad de materia que estamos calentando.

4 Para preparar una infusión el agua debe estar a 90 °C. Calcula la cantidad de calor que hay que aportar a 150 mL de agua para que su temperatura pase de 20 °C a 90 °C.

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

Empleamos la equivalencia en masa de ese volumen de agua: 150 g, y la expresamos en kilogramos. Una variación de temperatura de 1 °C es lo mismo que una variación de temperatura de 1 K. La cantidad de calor se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T = 150 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (90 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) = 43890 \text{ J}$$

5 Observa la tabla de calores específicos y la relación entre Q y ΔT y razona si es cierto que cuando se comunica calor a un cuerpo, el aumento de su temperatura es mayor cuanto menor sea su calor específico.

En la imagen vemos que la temperatura de 200 g de aceite aumenta más que la temperatura de 200 g de agua. Y en la tabla vemos que el calor específico del aceite es menor que el del agua. Por tanto, sí es cierto que cuanto menor sea el calor específico de una sustancia, más aumenta su temperatura al comunicarle calor.

6 Calcula el calor específico del aluminio a partir de los datos del ejemplo resuelto, pero despreciando el calor absorbido por el calorímetro. Compáralo con el resultado obtenido en el ejemplo resuelto y halla el porcentaje de error en este cálculo.

En este caso igualamos el calor cedido por el agua con el calor absorbido por el cilindro de aluminio. Entonces, para el aluminio. 100 g = 0,1 kg; 50 g = 0,05 kg

$$\begin{aligned} Q_{\text{absorbido Al}} + Q_{\text{cedido agua}} &= 0 \rightarrow m_{\text{Al}} \cdot c_{e \text{ Al}} \cdot \Delta T_{\text{Al}} + m_{\text{agua}} \cdot c_{e \text{ agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua}} = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow m_{\text{Al}} \cdot c_{e \text{ Al}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 100 \text{ °C}) + m_{\text{agua}} \cdot c_{e \text{ agua}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20 \text{ °C}) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow m_{\text{Al}} \cdot c_{e \text{ Al}} \cdot (100 \text{ °C} - T_{\text{eq.}}) = m_{\text{agua}} \cdot c_{e \text{ agua}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20 \text{ °C}) \rightarrow \\ &\rightarrow c_{e \text{ Al}} = \frac{m_{\text{agua}} \cdot c_{e \text{ agua}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20 \text{ °C})}{m_{\text{Al}} \cdot (100 \text{ °C} - T_{\text{eq.}})} = \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (26 \text{ °C} - 20 \text{ °C})}{0,05 \text{ kg} \cdot (100 \text{ °C} - 26 \text{ °C})} = 677,8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \end{aligned}$$

En el ejemplo resuelto se obtiene un valor mucho mayor. El porcentaje de error es:

$$\text{Error} = \frac{c_{e \text{ Al}}}{c_{e \text{ Al Ejemplo}}} = \frac{677,8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}{895 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 0,76 \rightarrow 76\%$$

El error cometido al despreciar el calor absorbido por el calorímetro es muy grande, lo que quiere decir que el calorímetro absorbe bastante calor.

INTERPRETA LA IMAGEN Página 252

- Busca en las tablas los datos precisos y calcula el calor necesario para:
 - a) Fundir 50 g de hielo a 0 °C y para fundir 50 g de benceno a 5 °C.
 - b) Calentar 50 g de agua de 10 °C a 60 °C y para calentar 50 g de benceno de 10 °C a 60 °C.
 - c) Hervir 50 g de agua a 100 °C y para hervir 50 g de benceno a 80 °C.

Observa la gráfica y explica los resultados obtenidos.

- a) Para fundir el hielo:

$$Q_{\text{hielo}} = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{fhielo}} = 50 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 334,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 16,72 \text{ kJ}$$

Para fundir el benceno:

$$Q_{\text{benceno}} = m_{\text{benceno}} \cdot L_{\text{fbenceno}} = 50 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 127 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 6,35 \text{ kJ}$$

- b) Para calentar el agua:

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot \Delta T = 50 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 10450 \text{ J}$$

Para calentar el benceno:

$$Q_{\text{benceno}} = m_{\text{benceno}} \cdot c_{\text{ebenceno}} \cdot \Delta T = 50 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 1750 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 4375 \text{ J}$$

- c) Para hervir el agua:

$$Q_{\text{hielo}} = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{vhielo}} = 50 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 2248,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 112,44 \text{ kJ}$$

Para hervir el benceno:

$$Q_{\text{benceno}} = m_{\text{benceno}} \cdot L_{\text{vbenceno}} = 50 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 396 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 19,8 \text{ kJ}$$

Aunque los dos hornillos aportan la misma cantidad de calor, el agua y el benceno no cambian de estado a la misma temperatura. Se necesita menos calor, tanto para aumentar la temperatura del benceno como para cambiar su estado de sólido a líquido y de líquido a gas que en el caso del agua.

7

Calcula la cantidad de calor que tienen que perder 5 kg de agua a 0 °C para que se congelen.

Pues es la misma cantidad de calor necesaria para fundir 5 kg de hielo. Por tanto:

$$Q = m_{\text{agua}} \cdot L_{\text{solidificación hielo}} = m_{\text{agua}} \cdot (-L_{\text{fhielo}}) = -5 \text{ kg} \cdot 334,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -1672 \text{ kJ}$$

8

¿Qué cantidad de hielo a 0 °C podremos derretir si disponemos de 100 kJ?

Aplicamos la misma expresión anterior y despejamos la masa de hielo:

$$Q = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{fhielo}} \rightarrow m = \frac{Q}{L_{\text{fhielo}}} = \frac{100 \text{ kJ}}{334,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,30 \text{ kg} = 300 \text{ g}$$

9

¿Cuál será la temperatura final tras mezclar 200 g de hielo a -10 °C con 0,5 kg de agua a 40 °C?

El hielo se derretirá en el caso de que la cantidad de calor cedida por el agua sea suficiente. Vamos a calcular primero qué cantidad de calor necesita el hielo para fundirse:

$$Q = m \cdot c_{\text{ehielo}} \cdot \Delta T_{-10 \rightarrow 0^\circ\text{C}} + Q_{\text{fusión}} = m \cdot c_{\text{ehielo}} \cdot \Delta T + m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{fhielo}} = \\ = 0,2 \text{ kg} \cdot 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})] + 0,2 \text{ kg} \cdot 334400 \text{ J/kg} = 71060 \text{ J}$$

Ahora calculemos el calor cedido por el agua si pasa desde 40 °C hasta 0 °C.

$$Q_{\text{cedido } 40^{\circ}\text{C} \rightarrow 0^{\circ}\text{C}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{40^{\circ}\text{C} \rightarrow 0^{\circ}\text{C}} = 0,5 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (0^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}) = -83600 \text{ J}$$

Por tanto, el agua cede más calor del que necesita el hielo para fundirse. Esto quiere decir que se fundirá todo el hielo y que el equilibrio se logrará a una temperatura mayor de 0 °C.

Como el equilibrio se logra cuando todo el hielo se ha fundido, la cantidad de calor absorbida por el hielo es igual a la cantidad de calor cedida por el agua. Por tanto, como el calor absorbido se considera positivo, el cedido, negativo, y empleando kilogramos, °C y julios como unidades:

$$\begin{aligned} Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} = 0 &\rightarrow \underbrace{m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{e hielo}} \cdot \Delta T_{\text{hielo}} + m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{f hielo}}}_{71\,060 \text{ J}} + m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua líq.}} + m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua}} = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow 71060 + 0,2 \cdot 4180 \cdot (T_{\text{eq.}} - 0) + 0,5 \cdot 4180 \cdot (T_{\text{eq.}} - 40) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow 71060 + 0,2 \cdot 4180 \cdot (T_{\text{eq.}} - 0) = 0,5 \cdot 4180 \cdot (40 - T_{\text{eq.}}) \rightarrow \\ &\rightarrow 71060 + 836 \cdot T_{\text{eq.}} = 83600 - 2090 \cdot T_{\text{eq.}} \rightarrow \\ &\rightarrow 2927 \cdot T_{\text{eq.}} = 12540 \rightarrow T_{\text{eq.}} = \frac{12540}{2926} = 4,29^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

10

¿Qué cantidad de hielo fundirá si se mezclan 1 kg de hielo a -10 °C y 1 kg de agua a 80 °C?

Calculamos el calor que necesita el hielo para fundirse:

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c_{\text{e hielo}} \cdot \Delta T_{-10 \rightarrow 0^{\circ}\text{C}} + Q_{\text{fusión}} = m \cdot c_{\text{e hielo}} \cdot \Delta T + m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{f hielo}} = \\ &= 1 \text{ kg} \cdot 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot [0^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C})] + 1 \text{ kg} \cdot 334\,400 \text{ J/kg} = 355\,300 \text{ J} \end{aligned}$$

Calculamos ahora la cantidad de calor cedida por el agua si pasa de 80 °C a 0 °C.

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T = 1 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (0^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}) = -334\,400 \text{ J}$$

Este valor es menor que el calor que necesita el hielo para calentarse hasta 0 °C y fundirse. Por tanto, no se fundirá todo el hielo. El calor empleado para fundir hielo será:

$$Q_{\text{fusión}} = |Q_{\text{agua}}| - m \cdot c_{\text{e hielo}} \cdot \Delta T_{-10^{\circ}\text{C} \rightarrow 0^{\circ}\text{C}} = 334\,400 \text{ J} - 1 \text{ kg} \cdot 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot [0^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C})] = 313\,500 \text{ J}$$

Y la masa de hielo que se fundirá es:

$$Q_{\text{fusión}} = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{f hielo}} \rightarrow m_{\text{hielo}} = \frac{Q_{\text{fusión}}}{L_{\text{f hielo}}} = \frac{313\,500 \text{ J}}{334\,400 \text{ J/kg}} = 0,94 \text{ kg}$$

La temperatura final de la mezcla será de 0 °C.

11

Si mezclamos 30 g de vapor de agua a 110 °C con medio litro de agua a 20 °C, ¿cuál será el resultado de la mezcla?

De nuevo debemos determinar si el equilibrio se logra en el estado líquido o vapor. Veamos la cantidad de calor que absorbe el agua para pasar de 20 °C a 100 °C.

$$Q_{\text{absorbido } 20^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 20^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}} = 0,5 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot [100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}] = 167\,200 \text{ J}$$

Ahora calculamos la cantidad de calor cedida por el vapor de agua desde la temperatura inicial hasta pasar a agua líquida a 100 °C:

$$\begin{aligned} Q_{\text{cedido}} &= m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{e vapor}} \cdot \Delta T_{\text{vapor}} + m_{\text{vapor}} \cdot L_{\text{condensación vapor}} = m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{e vapor}} \cdot \Delta T_{\text{vapor}} + m_{\text{vapor}} \cdot (-L_{\text{v agua}}) = \\ &= 0,03 \text{ kg} \cdot 1920 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (100^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}) - 0,03 \text{ kg} \cdot 2\,248\,800 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = -68\,040 \text{ J} \end{aligned}$$

Vemos que el agua necesita más calor para pasar a 100 °C que el calor que puede ceder el vapor desde su temperatura inicial hasta pasar a la fase líquida. Esto nos indica que el equilibrio se alcanzará en la fase líquida, a una temperatura inferior a 100 °C.

Si el equilibrio se alcanza con todo el agua en estado líquido, entonces el calor cedido por el vapor de agua será igual al calor absorbido por el agua. Es decir:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} &= 0 \rightarrow m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua}} + m_{\text{vapor}} \cdot L_{\text{condensación vapor}} + m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{e vapor}} \cdot \Delta T_{\text{vapor}} = 0 \rightarrow \\
 &\rightarrow 0,5 \cdot 4180 \cdot (T_{\text{eq.}} - 20) + 0,03 \cdot (-2248800) + 0,03 \cdot 1920 \cdot (T_{\text{eq.}} - 100) = 0 \rightarrow \\
 &\rightarrow 0,5 \cdot 4180 \cdot (T_{\text{eq.}} - 20) = 0,03 \cdot 2248800 + 0,03 \cdot 1920 \cdot (100 - T_{\text{eq.}}) \rightarrow \\
 &\rightarrow 2090 \cdot T_{\text{eq.}} - 41800 = 67464 + 5760 - 57,6 \cdot T_{\text{eq.}} \rightarrow \\
 &\rightarrow 2147,6 \cdot T_{\text{eq.}} = 115024 \rightarrow T_{\text{eq.}} = \frac{115024}{2147,6} = 53,56 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

12 Si mezclamos 10 kg de hielo a $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$ y 10 kg de agua a $5 \text{ } ^\circ\text{C}$, ¿cuál será el resultado de la mezcla?

Podemos calcular el calor necesario para que el hielo pase de $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{hielo}} = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{e hielo}} \cdot \Delta T = 10 \text{ kg} \cdot 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot [0 \text{ } ^\circ\text{C} - (-5 \text{ } ^\circ\text{C})] = 104500 \text{ J}$$

Ahora calculamos el calor desprendido cuando el agua pasa de $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T = 10 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (0 \text{ } ^\circ\text{C} - 5 \text{ } ^\circ\text{C}) = -209000 \text{ J}$$

Es un calor negativo porque el agua desprende calor. Vemos que el agua desprende más calor del que absorbe el hielo. Esto quiere decir que habrá calor suficiente para fundir, al menos, cierta cantidad de hielo.

Veamos cuánto hielo puede fundirse con el calor restante:

$$209000 \text{ J} - 104500 \text{ J} = L_{\text{f hielo}} \cdot m_{\text{hielo}} \rightarrow m_{\text{hielo}} = \frac{209000 \text{ J} - 104500 \text{ J}}{L_{\text{f hielo}}} = \frac{209000 \text{ J} - 104500 \text{ J}}{334400 \text{ J/kg}} = 0,31 \text{ kg}$$

Es decir, no se funde todo el hielo. Quedan $10 \text{ kg} - 0,31 \text{ kg} = 9,69 \text{ kg}$ sin fundir. Por tanto, el resultado de la mezcla será cierta cantidad de hielo (la que no se ha fundido) más el agua procedente del hielo más el agua inicial, todo ello a una temperatura de $0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Habrá $9,69 \text{ kg}$ de hielo y $10,31 \text{ kg}$ de agua.

13 Observa las tablas de la página anterior. ¿Por qué el calor latente de fusión de una sustancia es menor que el de vaporización?

Cuando una sustancia se funde, pasa del estado sólido al estado líquido. En el estado líquido todavía hay cierta unión entre las partículas. Y al pasar de líquido a gas, las partículas quedan con mucha más libertad. En general, se necesita más energía para modificar las fuerzas que mantienen unidas a las partículas en el cambio de sólido a líquido que en el cambio de líquido a gas.

14 ¿Qué tamaño alcanzará una barra de aluminio de 5 m de longitud y 2 kg de masa si su temperatura aumenta $50 \text{ } ^\circ\text{C}$? ¿Qué calor hubo que comunicar a la barra para ello?

El aumento de longitud debido al aumento de temperatura puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 5 \text{ m} \cdot (1 + 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 50 \text{ } ^\circ\text{C}) = 5,006 \text{ m}$$

Es decir, la longitud ha aumentado en 3 mm.

El calor necesario para provocar este aumento de temperatura es:

$$Q = m_{\text{barra}} \cdot c_{\text{e Al}} \cdot \Delta T = 2 \text{ kg} \cdot 878 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 50 \text{ } ^\circ\text{C} = 87800 \text{ J}$$

15 Zamora puede alcanzar $-12 \text{ } ^\circ\text{C}$ en invierno y $42 \text{ } ^\circ\text{C}$ en verano. ¿Cuál es la máxima variación de longitud que pueden experimentar los raíles de una vía si miden 15 m de longitud y son de hierro?

El aumento de longitud debido a la variación de temperatura puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 l &= l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow l - l_0 = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow \\
 \rightarrow l - l_0 &= 15 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot [42 \text{ } ^\circ\text{C} - (-12 \text{ } ^\circ\text{C})] = 0,00972 \text{ m} = 9,72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 16** Imagina que reproduces el *Saber hacer* con agua a 20 °C. Dibuja y razona dónde estarían las marcas A, B y C si el baño está a 4 °C. ¿Y si está a 50 °C?

Con el baño a una temperatura más baja que el agua del matraz, este se enfriará y entonces se contraerá. La marca B estará por encima de la marca A. La marca C estará por debajo de la marca A.

Si el agua está a 50 °C, el matraz se calentará y tendremos la misma situación expuesta en el *Saber hacer*.

- 17** ¿Cómo podrías aumentar el volumen de un gas en el interior de un globo? ¿Ocurriría lo mismo en un balón de baloncesto?

En el interior del globo al proporcionar calor al globo, aumenta su temperatura y las paredes del globo se expanden, permitiendo que aumente el volumen del gas.

En un balón de baloncesto no ocurre lo mismo, puesto que el volumen es fijo y al calentar el aire del interior aumentaría la presión del gas.

- 18** El científico Humphry Davy (1778-1829) realizó la siguiente experiencia: frotó dos trozos de hielo aislados a 0 °C uno contra otro y observó que se fundía parte del hielo. ¿Cómo se explica este hecho?

En este caso el calor no procede de otro cuerpo que se encuentra a mayor temperatura, sino que al frotar un trozo de hielo contra otro, una parte de la energía cinética de los trozos de hielo se convierte en calor debido a la fricción. Este calor hace que una parte del hielo se funda.

REPASA LO ESENCIAL

- 19** Razona en tu cuaderno si las siguientes frases relativas a un vaso con agua están expresadas correctamente.

- a) Contiene mucho calor.
 - b) Se encuentra a temperatura elevada.
 - c) Tiene mucha energía.
- a) No. El calor es una energía en tránsito. Los cuerpos no tienen calor.
- b) Sí. La temperatura puede ser alta o baja, aunque tengamos poca cantidad de materia.
- c) Sí. Puede tener mucha energía si se encuentra a una temperatura muy elevada. La energía térmica contenida en el vaso dependerá de su temperatura y de la cantidad de agua que hay en el vaso.

- 20** Contesta en tu cuaderno. Al mezclar un litro de agua a 20 °C con dos litros de agua a 60 °C, podemos deducir que la temperatura final de equilibrio será:

- a) 40 °C.
- b) Entre 20 °C y 40 °C.
- c) Entre 40 °C y 60 °C.

Como hay más agua a 60 °C, la temperatura de equilibrio estará más cerca de 60 °C que de 20 °C, ya que se ponen en contacto agua y agua. Comentar a los alumnos que si las sustancias que se ponen en contacto son diferentes (tienen diferentes calores específicos) la afirmación anterior no será siempre cierta.

- 21** Contesta en tu cuaderno. La cantidad de calor que absorbe un líquido para conseguir un incremento de temperatura es directamente proporcional a:

- a) La masa del líquido.
 - b) El volumen del líquido.
 - c) Su naturaleza.
 - d) La densidad del líquido.
 - e) La variación de temperatura experimentada.
 - f) El tiempo.
- a) Verdadero. El calor es directamente proporcional a la masa.
- b) Falso. El calor depende de la masa, no del volumen.

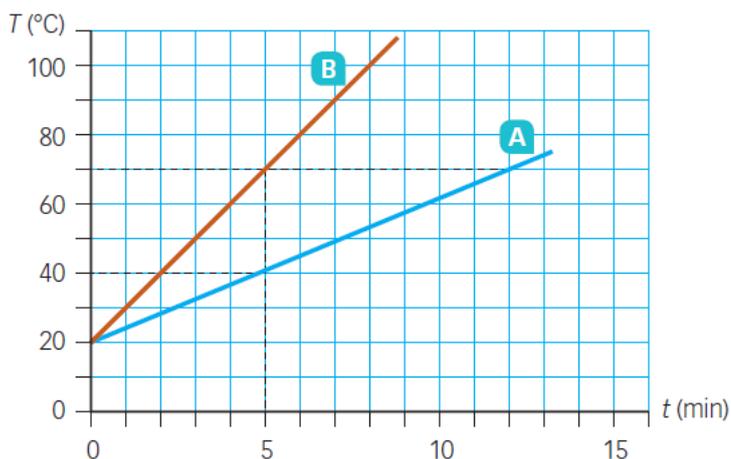
- c) Verdadero, pues cada sustancia tiene un calor específico característico.
- d) Falso.
- e) Verdadero. Cuando más grande sea la variación de temperatura, más calor habrá que proporcionar.
- f) Falso.

22 Razona en tu cuaderno la veracidad de estas frases.

- a) Masas iguales de sustancias diferentes adquieren la misma cantidad de calor para un mismo aumento de temperatura.
- b) Cuando se ponen en contacto dos cuerpos, el que está a más temperatura cede calor al que está a menos temperatura hasta que ambos alcanzan la misma temperatura.
- c) Cuando se ponen en contacto dos cuerpos que están a distinta temperatura, la cantidad de calor absorbida por el cuerpo caliente ha de ser igual a la cedida por el cuerpo frío.
 - a) Falso. La cantidad de calor dependerá del calor específico. Cuando más alto sea el calor específico, más calor se requerirá.
 - b) Verdadero.
 - c) Falso. La cantidad de calor cedida por el cuerpo caliente es igual a la cantidad de calor absorbida por el cuerpo frío.

23 En un laboratorio se calienta la misma masa de dos líquidos, A y B, obteniéndose las gráficas de la figura. Analízalas y responde en tu cuaderno a las preguntas.

- a) Tras calentar durante cinco minutos, ¿cuál es la temperatura de cada una?
- b) ¿Cuánto tiempo necesita cada sustancia para alcanzar los 70 °C?
- c) El líquido B, ¿puede ser agua? Razona la respuesta.
- d) ¿Pueden ser A y B dos muestras de la misma sustancia? ¿Por qué?
- e) ¿Cuál de ellas tiene un mayor calor específico?



- a) La temperatura de A es de 40 °C, y la de B, 70 °C.
- b) La A necesita 12 min; la B necesita 5 min.
- c) No, pues su temperatura sigue aumentando al llegar a 100 °C; no hay ningún tramo horizontal en la gráfica, como correspondería a la existencia de un cambio de estado a 100 °C.
- d) No, pues su variación de temperatura es distinta, lo que indica que tienen diferentes calores específicos.
- e) Tiene mayor calor específico la que presenta un menor aumento de temperatura; es decir, la sustancia A.

24 Completa en tu cuaderno las frases siguientes referidas a la curva de calentamiento de una sustancia.

- a) Para una presión exterior dada, cada sustancia pura cambia de estado a una temperatura **fija**.
- b) Mientras dura el cambio de estado, la temperatura permanece **constante**.
- c) La **presión** exterior influye muy poco sobre las temperaturas de fusión y solidificación; en cambio, su influencia es grande sobre la temperatura de **ebullición**.
- d) Si la presión exterior aumenta, la temperatura de ebullición **aumenta**.

25 Indica en tu cuaderno si son correctas las siguientes afirmaciones:

- a) El agua puede llegar a hervir a 120 °C.
- b) La fusión es el cambio de estado de líquido a sólido.
- c) El calor específico de una sustancia depende de la temperatura.
- d) El calor de fusión de una sustancia es igual al calor de vaporización.

- a) Verdadero. Si la presión es superior a la presión atmosférica, el agua hierve por encima de 100 °C.
- b) Falso. Es el cambio de sólido a líquido.
- c) Falso. Podemos considerar que es aproximadamente constante mientras no se produce un cambio de estado.
- d) Falso. El calor de vaporización es mayor que el calor de fusión.

26 Justifica por qué la unidad del coeficiente de dilatación es $^{\circ}\text{C}^{-1}$, tanto si es el coeficiente de dilatación lineal como si lo es de dilatación superficial o cúbica.

Porque determina el cociente entre la longitud, superficie o volumen final y la longitud, superficie o volumen inicial cuando se produce un cambio de temperatura, que se expresa en $^{\circ}\text{C}$.

27 En un recipiente tenemos una cierta cantidad de aceite a 10 °C. Analiza en tu cuaderno si las siguientes propiedades aumentan, disminuyen o permanecen constantes cuando su temperatura pasa a ser 50 °C:

masa – volumen – densidad – calor específico

La masa permanece constante.

El volumen aumenta, pues los líquidos aumentan de volumen cuando se les comunica calor.

La densidad disminuye, pues la masa permanece constante y el volumen aumenta.

El calor específico permanece aproximadamente constante.

28 Razona en tu cuaderno cuál o cuáles de las siguientes máquinas térmicas pueden existir y cuáles no.

Máquina	Energía (J)	Trabajo (J)
A	1500	1000
B	1050	1000
C	1000	1000
D	950	1000
E	700	1000

Pueden existir la A, la B, la C (caso ideal). No pueden existir la D y la E, pues son máquinas que proporcionan un trabajo mayor que la energía que reciben.

PRACTICA

29 Si tocamos un trozo de mármol y otro de madera que se encuentran a la misma temperatura, nos parecerá que la madera está a mayor temperatura que el mármol.

a) Explica esta sensación aparente.

b) ¿Cómo se podría comprobar si la sensación coincide con la realidad?

a) Se debe a que el mármol conduce mejor el calor que la madera y, al tocarlos, suponiendo que estén a una temperatura menor que la de nuestra mano, pasa el calor más rápidamente de la mano al mármol que de la mano a la madera. Por eso nos parece que el mármol está más frío.

b) Midiendo la temperatura de ambos cuerpos con un termómetro.

30 Nuestro congelador mantiene el hielo a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si sacamos cubos de hielo del congelador y los dejamos sobre la mesa de la cocina, observamos que se acaban derritiendo.

- a) ¿Qué temperatura alcanzarán como máximo los cubos de hielo que están sobre la mesa de la cocina?
b) ¿De dónde sale el calor que derrite los cubos de hielo que dejamos sobre la mesa de la cocina?
- a) Una temperatura igual a la temperatura del aire de la cocina.
b) Del aire que los rodea y de la superficie de la mesa.

31 Calcula la cantidad de calor que deben perder 50 g de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ para estar a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$.

50 g = 0,05 kg. La cantidad de calor es:

$$Q = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T = 0,05 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (37\text{ }^{\circ}\text{C} - 100\text{ }^{\circ}\text{C}) = -13\,167 \text{ J}$$

Es negativo porque es calor perdido.

32 Calcula la cantidad de calor que deben perder 50 g de vapor de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ para estar a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$.

50 g = 0,05 kg. En este caso, además del calor que pierden cuando pasan de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, primero pierden calor cuando el vapor se convierte en agua:

$$Q = -m_{\text{agua}} \cdot L_{\text{v agua}} = -0,05 \text{ kg} \cdot 2248800 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = -112440 \text{ J}$$

El calor total perdido será esta cantidad más la obtenida en la actividad anterior:

$$Q = -112440 \text{ J} - 13\,167 \text{ J} = -125607 \text{ J}$$

33 Teniendo en cuenta el resultado de las actividades 8 y 9, explica si es igual de grave que se derrame sobre ti agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ o que te alcance un chorro de vapor de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Es peor que nos alcance un chorro de vapor de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, pues el calor que pierde al enfriarse es mucho mayor que el que perdería el agua.

34 Si comunicas la misma cantidad de calor a 100 g de agua, a 100 g de aluminio y a 100 g de aceite, ¿en qué caso se produce un mayor aumento de temperatura?

Se produce un mayor aumento de temperatura en el caso en que el calor específico es menor. Es decir, en el aluminio. Y menor aumento de temperatura en el agua, pues es la sustancia de las tres con un mayor calor específico.

35 Sobre una fina lámina de cera se colocan tres bolas de igual masa, una de cobre, otra de plomo y otra de hierro, que están a la misma temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- a) ¿Qué bola atravesará la lámina en primer lugar?
b) ¿Qué bola la atravesará en último lugar?
- a) El plomo tiene un calor específico más bajo que el cobre o el hierro. Esto quiere decir que se enfría y se calienta más rápidamente. Entonces, atravesará la lámina en primer lugar la bola que cede el calor más rápidamente; es decir, la que tiene el calor específico más bajo. En este caso, la bola de plomo.
b) Atravesará la lámina en último lugar la bola que cede el calor más lentamente; es decir, la que tiene el calor específico más alto. En este caso, la bola de hierro.

36 Para fundir un lingote de oro de 4 kg se han necesitado 251,2 kJ de energía calorífica. ¿Podemos afirmar que es un lingote de oro puro?

Dato: calor latente de fusión del oro = 62,8 kJ/kg.

Con estos datos podemos calcular el calor de fusión de la sustancia que forma el lingote del enunciado:

$$Q = L_f \cdot m \rightarrow L_f = \frac{Q}{m} = \frac{251,2 \text{ kJ}}{4 \text{ kg}} = 62,8 \text{ kJ/kg}$$

Por tanto, como el valor coincide con el calor de fusión del oro, podemos afirmar que el lingote es de oro puro.

37 Para fundir un lingote de plata se han necesitado 210 kJ. ¿Cuál era la masa del lingote?

Dato: calor latente de fusión de la plata = 105 kJ/kg.

De nuevo empleamos la expresión que relaciona el calor de fusión con la masa de una sustancia:

$$Q = L_f \cdot m \rightarrow m = \frac{Q}{L_f} = \frac{210 \text{ kJ}}{105 \text{ kJ/kg}} = 2 \text{ kg}$$

38 Calcula la temperatura final de una mezcla de 10 L de agua a 80 °C y 50 L de agua a 20 °C. Supón que no hay pérdidas de energía al exterior.

La mezcla alcanzará una temperatura de equilibrio comprendida entre 20 °C y 80 °C. Como hay más cantidad de agua a 20 °C, el equilibrio se alcanzará a una temperatura más cercana a 20 °C que a 80 °C. El calor cedido por el agua que está más caliente debe ser igual al calor absorbido por el agua que se encuentra más fría.

Teniendo en cuenta el criterio de signos, podemos escribir:

$$\begin{aligned} Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} &= 0 \rightarrow m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} + m_{\text{agua } 80^\circ\text{C}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 80^\circ\text{C}} = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow 50 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20^\circ\text{C}) + 10 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 80^\circ\text{C}) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow 50 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20^\circ\text{C}) = 10 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (80^\circ\text{C} - T_{\text{eq.}}) \rightarrow \\ &\rightarrow 209000 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} - 4180000 \text{ J} = 3344000 \text{ J} - 41800 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} \rightarrow \\ &\rightarrow 250800 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} = 7524000 \text{ J} \rightarrow T_{\text{eq.}} = \frac{7524000 \text{ J}}{250800 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}} = 30^\circ\text{C} \end{aligned}$$

39 Una bañera contiene 50 L de agua a 70 °C. ¿Cuántos litros de agua a 20 °C habrá que añadir para que la temperatura final sea de 40 °C? Supón que no hay pérdidas de energía al exterior.

Planteamos la ecuación del equilibrio térmico como en el problema anterior. Como 40 °C está más cerca de 20 °C que de 70 °C, habrá que echar más de 50 L. Calculemos cuántos litros:

$$\begin{aligned} Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} &= 0 \rightarrow m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} + m_{\text{agua } 70^\circ\text{C}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 70^\circ\text{C}} = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20^\circ\text{C}) + 50 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 70^\circ\text{C}) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 50 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (70^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) \rightarrow \\ &\rightarrow 83600 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} = 6270000 \text{ J} \rightarrow m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} = \frac{6270000 \text{ J}}{83600 \text{ J/kg}} = 75 \text{ kg} \rightarrow V_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} = 75 \text{ L} \end{aligned}$$

40 En un calorímetro que contiene 150 g de agua a 20 °C se introduce rápidamente un cilindro de aluminio, de 50 g, que se encuentra a 100 °C, y se cierra herméticamente. Cuando se alcanza el equilibrio, se comprueba que la temperatura del sistema es 25 °C. Calcula el equivalente en agua de este calorímetro.

El equivalente en agua es la cantidad de agua que absorbe la misma cantidad de calor que el calorímetro.

$$\begin{aligned} Q_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} + Q_{\text{calorímetro}} + Q_{\text{aluminio}} &= 0 \rightarrow \\ &\rightarrow m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} + Q_{\text{calorímetro}} + m_{\text{aluminio}} \cdot c_{\text{e aluminio}} \cdot \Delta T_{\text{aluminio}} = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow 0,150 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20^\circ\text{C}) + Q_{\text{calorímetro}} + 0,05 \text{ kg} \cdot 878 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 100^\circ\text{C}) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow Q_{\text{calorímetro}} = 0,05 \text{ kg} \cdot 878 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100^\circ\text{C} - T_{\text{eq.}}) - 0,150 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20^\circ\text{C}) = \\ &= 0,05 \text{ kg} \cdot 878 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) - 0,150 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (25^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 157,5 \text{ J} \end{aligned}$$

Ahora podemos escribir:

$$Q_{\text{calorímetro}} = m_{\text{eq. agua calorímetro}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{calorímetro}} \rightarrow m_{\text{eq. agua calorímetro}} = \frac{Q_{\text{calorímetro}}}{c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{calorímetro}}} = \frac{157,5 \text{ J}}{4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (25^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})} = 0,0075 \text{ kg} = 7,5 \text{ g}$$

- 41** En un calorímetro que contiene 150 g de agua a 20 °C se introduce rápidamente un cilindro de aluminio de 50 g que se encuentra a 100 °C y se cierra de forma hermética. ¿Cuál será la temperatura del agua una vez que el sistema haya alcanzado el equilibrio?

Dato: equivalente en agua del calorímetro = 15 g.

El calor que cede el cilindro de aluminio es absorbido, una parte, por el agua que contiene el calorímetro; y otra parte, por el propio calorímetro. Podemos escribir la ecuación de equilibrio térmico así:

$$\begin{aligned} Q_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} + Q_{\text{calorímetro}} + Q_{\text{aluminio}} &= 0 \rightarrow \\ \rightarrow m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} + m_{\text{eq. agua calorímetro}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{calorímetro}} + m_{\text{aluminio}} \cdot c_{\text{e aluminio}} \cdot \Delta T_{\text{aluminio}} &= 0 \rightarrow \\ \rightarrow (m_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} + m_{\text{eq. agua calorímetro}}) \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{calorímetro}} + m_{\text{aluminio}} \cdot c_{\text{e aluminio}} \cdot \Delta T_{\text{aluminio}} &= 0 \rightarrow \\ \rightarrow (0,150 \text{ kg} + 0,015 \text{ kg}) \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20^\circ\text{C}) + 0,05 \text{ kg} \cdot 878 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 100^\circ\text{C}) &= 0 \rightarrow \\ \rightarrow (0,150 \text{ kg} + 0,015 \text{ kg}) \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 20^\circ\text{C}) = 0,05 \text{ kg} \cdot 878 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100^\circ\text{C} - T_{\text{eq.}}) &\rightarrow \\ \rightarrow 689,7 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} - 13794 \text{ J} = 4390 \text{ J} - 43,9 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} &\rightarrow \\ \rightarrow 733,6 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} = 18184 \text{ J} \rightarrow T_{\text{eq.}} = \frac{18184 \text{ J}}{733,6 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}} = 24,79^\circ\text{C} & \end{aligned}$$

- 42** ¿Por qué los cables utilizados en el transporte de energía eléctrica entre las ciudades se colocan flojos y no tensos?

Porque los cables se dilatan algo con el calor y se contraen cuando la temperatura desciende. Si se colocaran tensos y bajara la temperatura, el cable podría llegar a romperse. Al colocarlos algo flojos, cuando el cable se contrae simplemente se tensa un poco más, pero no se rompe.

- 43** Un cable de acero tiene una longitud de 500 cm a 0 °C. Indica qué temperatura debe alcanzar para que su longitud sea de:

- a) 499 cm. b) 503 cm.

- a) Para que la longitud disminuya, la temperatura debe disminuir también.

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha_{\text{acero}} \cdot \Delta T) \rightarrow \frac{l}{l_0} = 1 + \alpha_{\text{acero}} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\frac{l}{l_0} - 1}{\alpha_{\text{acero}}} = \frac{\frac{499 \text{ cm}}{500 \text{ cm}} - 1}{1,05 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}} = -190,5^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$T = T_0 + \Delta T = 0^\circ\text{C} - 190,5^\circ\text{C} = -190,5^\circ\text{C}$$

- b) Para que la longitud aumente, la temperatura debe aumentar también:

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha_{\text{acero}} \cdot \Delta T) \rightarrow \frac{l}{l_0} = 1 + \alpha_{\text{acero}} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\frac{l}{l_0} - 1}{\alpha_{\text{acero}}} = \frac{\frac{503 \text{ cm}}{500 \text{ cm}} - 1}{1,05 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}} = 571,4^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$T = T_0 + \Delta T = 0^\circ\text{C} + 571,4^\circ\text{C} = 571,4^\circ\text{C}$$

Como se aprecia, son necesarias grandes variaciones de temperatura para que la longitud varíe de un modo apreciable.

44 La superficie de una plancha de cobre es de $10\,000\text{ m}^2$ cuando su temperatura es de $20\text{ }^\circ\text{C}$. Señala cuál será su superficie a:

- a) $100\text{ }^\circ\text{C}$. b) $<-20\text{ }^\circ\text{C}$.

a) Si la temperatura aumenta, la superficie aumenta también.

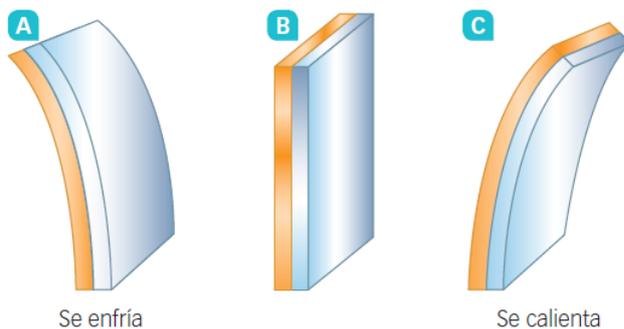
$$S = S_0 \cdot (1 + \beta_{\text{cobre}} \cdot \Delta T) = S_0 \cdot (1 + 2 \cdot \alpha_{\text{cobre}} \cdot \Delta T) = 10000\text{ m}^2 \cdot [1 + 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] = 10025,6\text{ m}^2$$

b) Si la temperatura desciende, la superficie disminuye:

$$S = S_0 \cdot (1 + \beta_{\text{cobre}} \cdot \Delta T) = S_0 \cdot (1 + 2 \cdot \alpha_{\text{cobre}} \cdot \Delta T) = 10000\text{ m}^2 \cdot [1 + 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (-20^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] = 9987,2\text{ m}^2$$

Como se aprecia, son necesarias grandes variaciones de temperatura para que la superficie varíe de un modo apreciable.

45 Algunos aparatos eléctricos tienen un termostato formado por dos láminas de diferente metal unidas entre sí (lámina bimetalica). Supón que se han soldado dos láminas de la misma superficie, una de aluminio y otra de acero. El dibujo muestra cómo se doblan cuando se calientan y cuando se enfrían. Identifica cuál es la lámina de aluminio y cuál la de acero.



El acero tiene un coeficiente de dilatación lineal menor que el aluminio. Por tanto, se dilatará menos cuando se calienta y se contraerá menos cuando se enfría.

En la figura A vemos que la lámina de color naranja se contrae más que la otra. Así, la naranja es la de aluminio y la gris es la de acero.

Cuando se calientan, figura C, se dilata más aquella con el coeficiente de dilatación más alto, es decir, la lámina de aluminio. Por tanto, aquí también se deduce que la lámina de aluminio es la naranja.

46 Una esfera de aluminio de 3 cm de radio pasa por un orificio de $6,1\text{ cm}$ de diámetro.

- a) ¿Podrá pasar por el mismo orificio si su temperatura aumenta en $100\text{ }^\circ\text{C}$?
 b) ¿Cuánto tendría que aumentar su temperatura para que la bola ya no pudiese pasar por el orificio?

a) Cuando la temperatura aumenta, la esfera metálica se dilata. Para saber si pasará por el orificio hay que calcular cuál será el nuevo volumen tras dilatarse:

$$\begin{aligned} V &= V_0 \cdot (1 + \gamma_{\text{aluminio}} \cdot \Delta T) = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot (1 + 3 \cdot \alpha_{\text{aluminio}} \cdot \Delta T) = \\ &= \frac{4}{3} \pi \cdot (3\text{ cm})^3 \cdot [1 + 3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100^\circ\text{C}] = 113,9\text{ cm}^3 \end{aligned}$$

A partir del nuevo volumen calculamos el diámetro de la esfera:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \rightarrow R = \frac{d}{2} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} \rightarrow d = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 113,9\text{ cm}^3}{4 \cdot \pi}} = 6,014\text{ cm}$$

Por tanto, la esfera sí podrá pasar por ese orificio, pues el diámetro es menor que el tamaño del orificio.

b) La bola debería adquirir un diámetro igual al tamaño del orificio. Entonces, retomando la expresión anterior:

$$V_{\text{limite}} = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{6,1\text{ cm}}{2}\right)^3 = 118,8\text{ cm}^3$$

Calculemos ahora la variación de temperatura necesaria para que adquiriera este nuevo volumen:

$$V_{\text{límite}} = V_0 \cdot (1 + \gamma_{\text{aluminio}} \cdot \Delta T) \rightarrow \frac{V_{\text{límite}}}{V_0} = 1 + \gamma_{\text{aluminio}} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\frac{V_{\text{límite}}}{V_0} - 1}{\gamma_{\text{aluminio}}} = \frac{\frac{118,8 \text{ cm}^3}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (3 \text{ cm})^3} - 1}{3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}} = 706 \text{ } ^\circ\text{C}$$

47 Desde una altura de 3 m se hace caer un bloque de 50 kg atado a una cuerda enrollada en un eje. Al caer la piedra, la cuerda provoca la rotación de unas palas en el interior de un calorímetro que contiene un litro de agua, inicialmente a 20 °C. Calcula.

- a) La energía potencial del bloque.
b) El calor que absorbe el agua y la temperatura final.

a) La energía potencial del bloque se calcula a partir de su masa y la altura a la que se encuentra.

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 3 \text{ m} = 1470 \text{ J}$$

b) Suponiendo que toda la energía se convierte en calor que absorbe el agua que hay dentro del calorímetro (no hay pérdidas). $Q = E_p = 1470 \text{ J}$.

$$E_p = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{E_p}{m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}}} = \frac{1470 \text{ J}}{1 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}} = 0,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, la temperatura final del agua será:

$$T = T_0 + \Delta T = 20 \text{ } ^\circ\text{C} + 0,35 \text{ } ^\circ\text{C} = 20,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

48 Una máquina térmica consume 30 kJ en un ciclo y produce un trabajo de 20 kJ. ¿Cuál es su rendimiento?

El rendimiento se calcula a partir del cociente entre el trabajo producido y la energía suministrada. En este caso:

$$\eta = \frac{W_{\text{útil}}}{E_{\text{consumida}}} \cdot 100 = \frac{20 \text{ kJ}}{30 \text{ kJ}} \cdot 100 = 66,6\%$$

49 El foco caliente de una máquina térmica produce 100 kJ/min y cede al foco frío 60 kJ/min. Calcula:

- a) El trabajo desarrollado por la máquina en media hora.
b) El rendimiento y la potencia de la máquina.

a) El trabajo por minuto producido será.

$$W_{\text{útil}} = Q_1 - Q_2 = 100 \text{ kJ} - 60 \text{ kJ} = 40 \text{ kJ}$$

En media hora:

$$W_T = 40 \text{ kJ/min} \cdot 30 \text{ min} = 1200 \text{ kJ}$$

b) El rendimiento de la máquina es:

$$\eta = \frac{W_{\text{útil}}}{E_{\text{consumida}}} \cdot 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100 = \frac{100 \text{ kJ/min} - 60 \text{ kJ/min}}{100 \text{ kJ/min}} \cdot 100 = 40\%$$

Y la potencia desarrollada será el cociente entre el trabajo realizado y el tiempo transcurrido:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1200 \cancel{\text{ kJ}} \cdot \frac{1000 \text{ J}}{1 \cancel{\text{ kJ}}}}{30 \cancel{\text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \cancel{\text{ min}}}} = 666,6 \text{ W}$$

50

En la segunda mitad del siglo XVIII tuvo lugar la revolución industrial que supuso los mayores cambios para la historia de la humanidad desde el Neolítico. Infórmate y prepara una presentación que recoja:

- Las razones por las que se asocia la revolución industrial a la máquina de vapor.
- Dónde surgió la revolución industrial y por qué en esos países.
- Los cambios económicos, tecnológicos y sociales que supuso para los países donde se implantó.



- La extensión de la revolución industrial y los cambios que conlleva al resto del mundo.

Respuesta personal.

- La máquina de vapor fue el detonante del desarrollo industrial, pues permitió que una máquina llevase a cabo el trabajo que hasta entonces era realizado por personas y/o animales.
- Surgió en Gran Bretaña, donde existía la necesidad de achicar el agua de las minas a un ritmo elevado. Esto impulsó el desarrollo de las primeras máquinas de vapor capaces de realizar este trabajo a un ritmo más elevado que los métodos empleados hasta entonces, que se basaban en el uso de la fuerza de las personas y de los animales.
- La revolución industrial supuso el desarrollo de numerosas máquinas que comenzaron a utilizarse para aumentar el ritmo en la producción en las industrias, de modo que muchas personas emigraron desde el campo hacia las ciudades, donde se concentraban dichas industrias. La sociedad se transformó de una sociedad eminentemente rural a una sociedad más urbana. Surgieron también por esa época los primeros sindicatos para defender los derechos de los trabajadores.
- La revolución industrial se extendió al resto de países occidentales en pocas décadas, de modo que se transformó por completo el mundo en que vivimos. La revolución se completó, desde el punto de vista tecnológico, con la aparición de las primeras máquinas eléctricas en la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del XX. Por ejemplo, los medios de transporte comenzaron a estar basados más en máquinas que usaban combustibles para propulsarse en lugar de la fuerza animal.

51

Los motores de combustión interna revolucionaron el transporte. Busca información y prepara una presentación TIC con la historia de estos motores y los cambios más importantes que se han producido en su diseño a lo largo del tiempo.

Respuesta personal. Los cambios producidos han estado relacionados con la potencia del motor, el tipo de combustible empleado o su eficiencia a la hora de aprovechar mejor el combustible.

AMPLÍA

52

En un calorímetro que contiene 500 g de agua a 20 °C se introducen 25 g de vapor de agua a 105 °C. Calcula la temperatura final de la mezcla suponiendo que no hay pérdidas de calor ni al ambiente ni al calorímetro.

Vamos a comprobar primero si el equilibrio se alcanza en la fase líquida o en la fase vapor. *A priori* parece que, dado que hay más cantidad de agua a 20 °C que de vapor, el equilibrio se alcanzará en la fase vapor.

Calculamos la cantidad de calor que debe absorber el agua para pasar de 20 °C a 100 °C.

$$Q_{\text{agua } 20^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 20^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}} = 0,5 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 167200 \text{ J}$$

Calculamos la cantidad de calor que cede el vapor desde el estado inicial hasta que se convierte en agua a 100 °C:

$$Q_{\text{cedido vapor } 105^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{agua}} = m_{\text{vapor}} \cdot L_{\text{condensación vapor}} + m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{e vapor}} \cdot \Delta T_{\text{vapor}} = m_{\text{vapor}} \cdot (-L_{\text{v agua}}) + m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{e vapor}} \cdot \Delta T_{\text{vapor}} =$$

$$= -0,025 \text{ kg} \cdot 2248800 \frac{\text{J}}{\text{kg}} + 0,025 \cdot 1920 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (100^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}) = -56460 \text{ J}$$

Como hace falta más calor para calentar todo el agua que para que el vapor llegue a ser agua a 100 °C, el equilibrio térmico se alcanzará a una temperatura menor de 100 °C, en fase líquida. Planteamos entonces la ecuación de equilibrio. El vapor se enfría primero hasta 100 °C, luego cambia de estado a agua a 100 °C y luego esta agua sigue enfriándose hasta alcanzar la temperatura de equilibrio.

$$Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua}} + \underbrace{m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{vapor}} \cdot \Delta T_{\text{vapor } 105^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}} + m_{\text{vapor}} \cdot L_{\text{condens. vapor}}}_{-56460 \text{ J}} + m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua } 100^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{\text{eq}}} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow 0,5 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot [T_{\text{eq.}} - 20] - 56460 \text{ J} + 0,025 \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (T_{\text{eq.}} - 100) = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow 0,5 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot [T_{\text{eq.}} - 20] = 56460 \text{ J} + 0,025 \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (100 - T_{\text{eq.}}) \rightarrow$$

$$\rightarrow 2090 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} - 41800 \text{ J} = 56460 \text{ J} + 10450 \text{ J} - 104,5 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} \rightarrow$$

$$\rightarrow 2194,5 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}} \cdot T_{\text{eq.}} = 108710 \text{ J} \rightarrow T_{\text{eq.}} = \frac{108710 \text{ J}}{2194,5 \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}}} = 49,54^{\circ}\text{C}$$

53 Un bloque de hielo de 0,05 m³ que se encuentra a 0 °C cae desde una altura de 20 m. Calcula la energía mecánica del bloque y el calor producido al chocar contra el suelo. ¿Qué masa de hielo se fundirá si todo el calor es absorbido por el bloque? $d_{\text{hielo}} = 916,8 \text{ kg/m}^3$.

La energía mecánica del bloque coincide con su energía potencial gravitatoria, pues el bloque está parado. Podemos calcular la masa del bloque de hielo, que tiene una densidad algo menor que la del agua:

$$m = d \cdot V = 916,8 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,05 \text{ m}^3 = 45,84 \text{ kg}$$

La energía potencial del bloque se calcula a partir de su masa y la altura a la que se encuentra.

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 45,84 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 20 \text{ m} = 8984,64 \text{ J}$$

Si el hielo absorbe todo el calor producido al caer, podemos calcular la masa de hielo que se funde:

$$Q = E_p \rightarrow m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{f hielo}} = E_p \rightarrow m_{\text{hielo}} = \frac{E_p}{L_{\text{f hielo}}} = \frac{8984,64 \text{ J}}{334400 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 0,027 \text{ kg} = 27 \text{ g}$$

Es decir, se funde solo una pequeña parte del bloque de hielo.

54 Un motor quema 2 kg de combustible con un poder calorífico de 2500 kJ/kg y utiliza la energía liberada para elevar 4 toneladas de agua a una altura de 30 m.

- ¿Qué energía se produce al quemar el combustible?
- ¿Cuánta energía se necesita para elevar el agua?
- ¿Qué porcentaje de calor se transforma en trabajo?

a) La energía producida al quemar el combustible es:

$$E = 2500 \text{ kJ/kg} \cdot 2 \text{ kg} = 5000 \text{ kJ}$$

b) La energía necesaria para elevar el agua es la energía potencial que tiene esa masa de agua a dicha altura. Es decir:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 4000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 30 \text{ m} = 1176000 \text{ J} = 1176 \text{ kJ}$$

- c) El porcentaje que se transforma en trabajo es el cociente entre la energía potencial del agua a esa altura y la energía consumida:

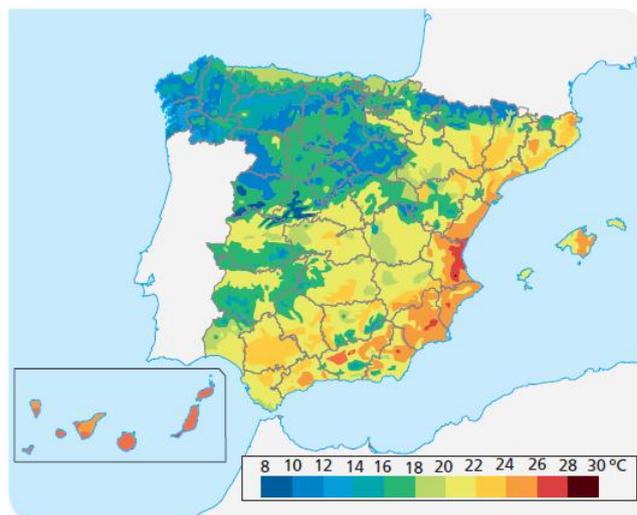
$$\% W = \frac{E_p}{E} = \frac{1176 \text{ kJ}}{5000 \text{ kJ}} \cdot 100 = 24\%$$

El resto de la energía se disipa en el proceso. Por ejemplo, se invierte en calentar las piezas del motor o se disipa calor al ambiente.

COMPETENCIA CIENTÍFICA

55 Observa el siguiente mapa que muestra la temperatura prevista para el día siguiente.

- Según el mapa, ¿en qué regiones será más alta la temperatura? ¿En cuáles hará más frío? ¿Cuál es la temperatura prevista para tu región?
- Imagina ahora que el viento previsto es de 40 km/h. ¿Cómo se modifica entonces la sensación térmica en las regiones con temperaturas más frías?
- Si la humedad relativa del aire en la zona costera de la región de Murcia es del 80 %, ¿cómo se modifica el valor de la sensación térmica?



- Será más alta en Canarias y en ciertas zonas de la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana. Hará más frío en la mitad norte y hacia el oeste de la Península: Galicia, Castilla y León, Asturias, Cantabria y norte de Aragón y de Navarra. Respuesta personal.
- Se intensifica la sensación de frío. Por ejemplo, en regiones con una temperatura de 10 °C la sensación térmica será de 0 °C.
- La sensación de calor aumenta. Por ejemplo, si la temperatura es de 28 °C, la sensación térmica con esa humedad relativa es de 32 °C.

56 **USA LAS TIC.** Visita la página de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET (<http://www.aemet.es>), u otro portal meteorológico. Busca el pronóstico del tiempo para tu municipio, tanto la temperatura esperada como la fuerza del viento. Con estos datos, ¿cuál es la sensación térmica esperable para las próximas horas o los próximos días?

Respuesta personal. Los alumnos dispondrán en su teléfono móvil, seguramente, de alguna aplicación que les muestre información sobre el tiempo. Pedir que expliquen qué información proporciona dicha aplicación, y comentar que son más fiables aquellas aplicaciones que elaboran organismos oficiales.

57 **COMPREENSIÓN LECTORA.** Resume con una sola frase cada uno de los apartados del texto.

Respuesta personal.

Los electrodomésticos más eficientes ahorran mucha energía.

Hay que adaptar el electrodoméstico a las necesidades.

Un buen mantenimiento también ahorra energía.

Eliminar hielo y escarcha también reduce el consumo de energía.

No poner una temperatura demasiado baja.

Hay que aislar perfectamente el frigorífico.

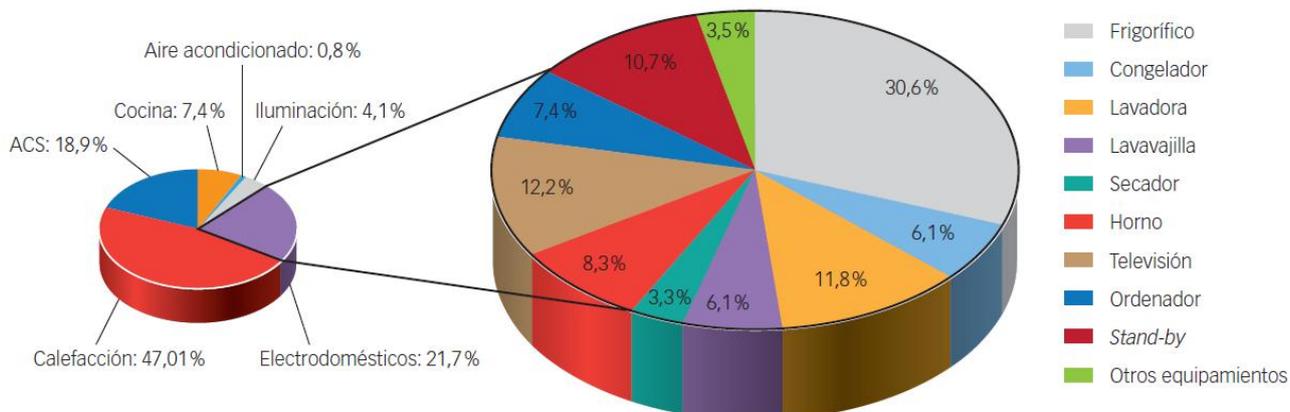
58 **EXPRESIÓN ESCRITA.** Reescribe la última frase del documento empleando la palabra calor en lugar de la palabra frío de modo que no se altere su significado.

Respuesta personal. Por ejemplo: «Comprueba que las gomas de las puertas están en buenas condiciones y hacen un buen cierre: evitarás que pase calor desde el exterior al interior del frigorífico».

59 Los gráficos de abajo muestran el gasto energético en hogares españoles. (Fuente: IDAE, 2011).

a) ¿Qué porcentaje del gasto total en un hogar se debe al frigorífico?

b) ¿Y al congelador?



a) Los electrodomésticos representan el 21,7 % del gasto, y el frigorífico, el 30,6 % de este porcentaje. Así, queda:

$$\% \text{ frigorífico total} = \% \text{ electrodomésticos} \cdot \% \text{ frigorífico} = \frac{21,7}{100} \cdot \frac{30,6}{100} \cdot 100 = 6,64\%$$

b) En este caso aplicamos el porcentaje del segundo gráfico correspondiente al congelador:

$$\% \text{ congelador total} = \% \text{ electrodomésticos} \cdot \% \text{ congelador} = \frac{21,7}{100} \cdot \frac{6,1}{100} \cdot 100 = 1,32\%$$

60 Explica el significado de la etiqueta energética.

La etiqueta energética clasifica un electrodoméstico con respecto a otros de su mismo tipo, indicando su eficiencia energética. Los electrodomésticos más eficientes son los que tiene la etiqueta A+++, A++, A+, A, B, mientras que los menos eficientes son aquellos clasificados con letras más avanzadas en el abecedario: F, G, H.

61 Justifica estos consejos que ayudan a ahorrar energía a la hora de usar un frigorífico.

a) Evitar que la luz solar incida sobre el frigorífico.

b) No tener el frigorífico demasiado vacío. (Ten en cuenta que los alimentos conservan el frío mejor que el aire).

a) La luz del sol calienta el frigorífico, por lo que este deberá consumir más energía para mantener los alimentos a una temperatura baja.

b) Si el frigorífico está vacío, será necesario extraer calor a un ritmo más elevado, puesto que el aire conserva peor el frío que los alimentos. Es más fácil calentar cierta cantidad de aire que calentar un alimento.

62 TOMA LA INICIATIVA. ¿Qué hábitos deberíais modificar tú y tu familia para ahorrar más energía a la hora de usar el frigorífico?

Respuesta personal. Podría ser interesante elaborar una lista con los hábitos citados por los alumnos y resaltar aquellos mencionados con más frecuencia.

Por ejemplo, no es aconsejable meter alimentos calientes en el frigorífico; es conveniente esperar a que se enfríen antes de hacerlo. Y no es una buena idea abrir continuamente el frigorífico, pues mientras el frigorífico está abierto entra aire más caliente desde el exterior. Tampoco conviene situar el aparato, por ejemplo, cerca de un radiador.

INVESTIGA

- 63** Compara el valor del calor específico del cobre que has obtenido en esta experiencia con el que aparece en el epígrafe de esta unidad. Valora los errores que se han podido cometer y piensa cómo los podrías reducir.

Respuesta en función de los resultados de la experiencia. Hay que tener en cuenta que en las experiencias en las que está involucrado el calor y la medida de temperatura es complicado conseguir buenos valores, puesto que existen fuentes de error nada despreciables. Por ejemplo, es muy difícil aislar térmicamente las sustancias y aparatos empleados en los experimentos.

Así, al echar la sustancia en el calorímetro es imposible evitar que una parte del calor se disipe al aire circundante.

- 64** Busca en la tabla del epígrafe el calor específico del aluminio y el del plomo. Si se hubiese hecho la experiencia con un cilindro de dichos materiales, ¿la temperatura de equilibrio sería mayor o menor que la que se obtuvo con el cilindro de cobre?

El aluminio tiene un calor específico mayor que el cobre, mientras que el plomo tiene un calor específico menor que el del cobre. La cantidad de calor cedida por el cilindro de metal (si la temperatura inicial de este es la misma) es proporcional al calor específico de la sustancia que lo forma, de manera que el aluminio cederá más calor al agua y, por tanto, la temperatura de equilibrio será mayor cuando se usa aluminio que cuando se usa cobre.

Por la misma razón, el cilindro de plomo cederá menos calor y, por consiguiente, la temperatura de equilibrio será menor cuando se usa plomo que cuando se usa cobre.