

## 1 Energía térmica. Temperatura

Página 318

### Trabaja con la imagen

Observa las imágenes de abajo, en las que se representa una misma sustancia en sus tres estados. ¿En qué estado contiene más energía térmica? ¿En cuál menos?

Un mismo cuerpo, como el que se muestra en la figura, cuando se encuentra en estado sólido, sus partículas se mueven menos que cuando se encuentra en líquido, y aún menos que cuando se encuentra en estado gaseoso. Por tanto, cuando está en estado gaseoso, tiene más energía térmica que cuando está en líquido, y en líquido más que cuando está en sólido.

Página 319

**1** ¿Qué tendrá más energía térmica, un cubito de hielo, o el agua líquida que queda después de derretirse?

Las partículas del cubito de hielo están vibrando. Al tomar energía de su entorno, aumentan su movimiento de vibración. Llega el momento en que las fuerzas de cohesión entre las partículas no son capaces de contener las partículas con tanto movimiento, y es cuando se inicia el proceso de fusión. Las partículas deslizan unas sobre otras. En consecuencia, el agua líquida tiene más energía térmica que cuando estaba formando el cubito de hielo.

**2** ¿Dónde crees que hay más energía térmica, en un clavo al rojo vivo o en el agua del mar Mediterráneo?

El agua del mar Mediterráneo está formado por muchísimas más partículas que las del clavo, de tal manera que, aunque en el clavo se muevan más energéticamente, al sumar sus energías se obtiene un valor inferior a las del agua del mar.

**3** Si para calentar un sistema material es necesario suministrarle energía a sus partículas, ¿qué habrá que hacer para enfriarlo? ¿Se podrá enfriar todo lo que se quiera?

Enfriar un sistema material consiste en extraer energía cinética a las partículas que forman el sistema, de tal manera que cada vez quedan con menor energía cinética.

Un cuerpo en el que se le quite toda la energía cinética a sus partículas no se puede enfriar más. Así que la temperatura debe tener un tope inferior.

**4**  Visita la página web de Anaya, y observa y manipula el applet sobre el calentamiento.

Se trata de un applet hecho en flash que puede servir para que el alumno visualice el movimiento de las partículas que forman un sistema material, y el significado de calentar y enfriar.

**5**  ¿Qué partículas tendrán una energía cinética media mayor, las que forman un clavo al rojo vivo, o las que forman el mar Mediterráneo?

La media de las energías cinéticas de las partículas nos da una medida de la temperatura a la que se encuentra un sistema material. Evidentemente, sabemos que la temperatura del clavo al rojo vivo es mayor que la del mar Mediterráneo, por eso, la media de las energías

cinéticas en el clavo es mayor, aunque, como hemos visto en el ejercicio 2, en el clavo haya menos energía térmica.

### 6 ¿Crees que una molécula o un átomo tiene alguna temperatura?

La temperatura es una propiedad microscópica, que, para calcularla, hay que realizar la media de las energías cinéticas de las partículas constituyentes del sistema material. Por tanto, las partículas no tienen temperatura, tienen energía cinética.

## Página 320

### Trabaja con la imagen

Imaginemos que la presión de la sustancia 1 de la imagen inferior a una temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  es de 2 atm. Encuentra la ecuación de la recta que representa la variación de presión de esta sustancia con la temperatura.

Es un ejercicio matemático en el que tenemos que encontrar la ecuación de la recta conocidos dos puntos de ella:  $(-273, 15, 0)$  y  $(0, 2)$ . El resultado aproximado es:  $p \simeq 7,32 \cdot 10^{-3} \cdot t + 2$ , donde  $t$  estaría en Celsius y  $p$  en atmósferas. Esta ecuación nos permite conocer la presión de este gas en función de su temperatura.

### 7 ¿Recuerdas qué ley experimental de los gases representa la gráfica de arriba?

Si la ecuación obtenida en el apartado «Trabaja con la imagen» se reescribe para que la temperatura esté en kelvin, se encuentra una expresión en la que la presión y la temperatura son directamente proporcionales:  $p \simeq 7,32 \cdot 10^{-3} \cdot T$ . La ley que nos dice que un gas a volumen constante mantiene su presión directamente proporcional a su temperatura en kelvin es la segunda ley de Charles y Gay-Lussac.

### 8 Imagínate que tenemos dos recipientes que contienen dos gases a la misma temperatura. Sabemos que el gas A tiene sus átomos más masivos que los del gas B. ¿Qué moléculas se estarán moviendo más rápido?

Si dos gases A y B están a la misma temperatura, sus partículas, en media, tienen la misma energía cinética. Teniendo en cuenta que  $E_c = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ , si los átomos del gas A son más masivos que los del B, sus velocidades tienen que ser menores para que su energía cinética sea igual a la del B.

### 9 Indica si en los siguientes procesos se absorbe o se desprende energía:

a) Cuando el agua líquida se congela.

b) Cuando una colonia se evapora.

a) Cuando hablamos sobre la congelación del agua, nos estamos refiriendo a la solidificación. En este caso, las partículas pasan de estar deslizando a vibrar más lentamente en torno a un punto de equilibrio. Así que pierden energía cinética, implicando por tanto, un desprendimiento de energía.

b) En la evaporación de cualquier líquido, las partículas pasan de estar deslizando unas sobre otras, a moverse a grandes velocidades en línea recta, lo que implica un aumento de energía cinética. Por consiguiente, la colonia absorbe energía del medio para evaporarse. Muchas veces puede notarse el enfriamiento del recipiente que contiene el líquido que se evapora.

### 10 ¿Por qué crees que cuando regamos el patio en verano, se refresca el ambiente?

La respuesta ya está explicada en el apartado b) del ejercicio anterior.

## Página 321

- 11** Expresa estas temperaturas en grados Fahrenheit:  $36,5\text{ °C}$ ; cero absoluto; fusión del mercurio,  $-39\text{ °C}$ .

Debemos utilizar la expresión:  $9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32)$ . Despejamos previamente la incógnita:

$$T_F = \frac{9}{5} \cdot T_C + 32$$

Sustituimos en los distintos casos:

$$T_{F_1} = \frac{9}{5} \cdot 36,5\text{ °C} + 32 = 97,7\text{ °F}$$

$$T_{F_2} = \frac{9}{5} \cdot (-273,15)\text{ °C} + 32 = -459,67\text{ °F}$$

$$T_{F_3} = \frac{9}{5} \cdot (-39)\text{ °C} + 32 = -38,2\text{ °F}$$

- 12** La temperatura más baja en el fondo del universo es de  $2,7\text{ K}$ . Expresa este valor en  $^{\circ}\text{C}$  y en  $^{\circ}\text{F}$ .

Aplicamos primeramente:  $T_K = T_C + 273,15$ . Despejamos la incógnita:

$$T_C = T_K - 273,15 = 2,7\text{ K} - 273,15 = -270,45\text{ °C}$$

Ahora pasamos esta temperatura a Fahrenheit:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_F = \frac{9}{5} \cdot T_C + 32 = \frac{9}{5} \cdot (-270,45\text{ °F}) + 32 = -454,81\text{ °F}$$

- 13** La temperatura en Marte varía cada día entre  $68\text{ °F}$  y  $-67\text{ °F}$ . Expresa esos valores en Celsius.

Aplicamos la expresión de cambio de unidad  $9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32)$  y se obtiene:

$$T_C = \frac{5}{9} \cdot (T_F - 32) = \frac{5}{9} \cdot (68\text{ °F} - 32) = 20\text{ °C}$$

$$T_C = \frac{5}{9} \cdot (-67\text{ °F} - 32) = -55\text{ °C}$$

- 14** ¿A qué temperatura coinciden numéricamente las escalas Celsius y Fahrenheit?

Simplemente aplicamos  $9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32)$ , donde a esa temperatura la llamamos  $T$ .

$$9 \cdot T = 5 \cdot (T - 32) \rightarrow 4 \cdot T = -160 \rightarrow T = -\frac{160}{4} = -40$$

## 2 Equilibrio térmico. Calor y propagación

## Página 322

### Trabaja con la imagen

¿Crees que la temperatura del equilibrio térmico de la imagen inferior estará más cerca de la que tenía inicialmente el primer líquido o de la del segundo?

Supondremos que la sustancia que hay en los dos vasos es la misma, para que tengan el mismo calor específico, que se explicará más adelante. En este caso, la energía térmica que pierde la sustancia del primer vaso, donde hay menor cantidad, se repartirá entre la sustancia del segundo vaso, afectando menos a la media de la energía cinética de las partículas de la sustancia 2. Por consiguiente, la energía que pierde la sustancia 1, y que hace que disminuya su temperatura, causa un aumento más pequeño de temperatura en la sustancia 2, debido a que hay más cantidad.

- 15** Un sistema material **A** se encuentra a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y tiene una energía térmica de  $20\text{ J}$ . Se pone en contacto térmico con otro sistema **B** a  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  con  $30\text{ J}$  de energía térmica. ¿Hacia dónde fluirá el calor?

La energía en forma de calor fluye desde el de mayor temperatura hasta el de menor, es decir, desde el **A** hasta el **B**, aunque el **B** tenga más energía térmica que el **A**.

- 16** ¿Podemos decir que un sistema material tiene calor si su temperatura es muy elevada?

Si la temperatura de un sistema material es elevada significa que la energía cinética media de las partículas que lo forman es muy grande. Importante recalcar que los sistemas materiales no tienen calor, tienen energía térmica, que es la suma de las energías cinéticas de todas las partículas.

- 17** Un sistema material **A** tiene  $40\text{ J}$  de energía térmica, y otro **B** tiene, también,  $40\text{ J}$ . Se ponen en contacto térmico, y aislados del exterior. Después de cierto tiempo, el sistema **A** se queda con  $48\text{ J}$ . ¿Estaban los dos sistemas inicialmente a la misma temperatura? ¿Con cuánta energía se habrá quedado el sistema **B**?

Puesto que se han transferido energía térmica, es decir, se han transferido energía mediante calor, significa que no estaban a la misma temperatura, aunque tuvieran la misma energía térmica. Puesto que el sistema material **A** gana  $8\text{ J}$ , significa que era el sistema de menor temperatura, ya que ha recibido la energía mediante calor. Evidentemente, esos  $8\text{ J}$  los ha perdido el sistema **B**, que era el de mayor temperatura.

## Página 323

- 18** ¿Por qué las sartenes tienen el mango de plástico?

Los recipientes de cocina son metálicos porque son buenos conductores del calor, y así se reparte la energía térmica por todo el recipiente para calentar la comida. Sin embargo, el mango o las asas de estos recipientes deben ser de materiales aislantes, como los plásticos, para dificultar que les llegue energía térmica y aumenten su temperatura.

- 19** ¿Crees que es correcto decir desde el punto de vista físico: «la habitación se enfrió porque entró frío»?

Como ya vimos, el frío no es ninguna entidad física, si algo se enfría, como una habitación, es porque pierde energía mediante calor.

- 20**  ¿De qué manera piensas que el Sol calienta la Tierra? ¿Y la hoguera de la imagen a su entorno?

Entre el Sol y la Tierra no hay materia, luego la energía del Sol nos tiene que estar llegando mediante radiación, ya que esta siempre ocurre y puede viajar por el espacio vacío.

El fuego de la chimenea de la imagen está calentando la habitación por radiación (siempre ocurre), y en menor medida por convección, puesto que el aire de la habitación es un fluido. Así, en la habitación se forman pequeñas corrientes de convección que podríamos detectar mediante ligeros papelitos que dejáramos caer.

## Página 324

### Trabaja con la imagen

Busca en Internet las principales propiedades de las distintas franjas de radiaciones que aparecen en la imagen. ¿Dónde se encuentran las ondas más energéticas en cada una de las dos gráficas de esta página?

En la primera parte, mediante la búsqueda propuesta, queremos que el estudiante se familiarice con el espectro electromagnético, asociando propiedades a cada franja de espectro. Hay una propiedad básica común que dice que cuanto mayor es la frecuencia, más penetrante en los medios materiales es la onda.

Las ondas más energéticas son las de mayor frecuencia. En la imagen de esta página, se encuentran a la derecha; sin embargo, en la primera imagen de la página 325 se encuentra a la izquierda.

## Página 325

### 21 ¿De qué color crees que serán las estrellas más frías? ¿Y las más calientes?

La ley de desplazamiento de Wien nos dice que la longitud de onda de la radiación que más cantidad se emite es inversamente proporcional a la temperatura. Por tanto, si una estrella está fría (baja temperatura), emite más radiación de la de mayor longitud de onda, que corresponde al rojo. De manera inversa, la estrella más caliente emite de la radiación de longitud de onda más corta, azul.

### 22 Cuando empezamos a calentar un cuerpo, llega el momento en que empieza a emitir luz propia, ¿de qué color?

Conforme la temperatura de un cuerpo va aumentando, la longitud de onda de la radiación más emitida se va haciendo más corta, o lo que es lo mismo, la frecuencia va aumentando (ley de desplazamiento de Wien).

Así, primeramente se emitirá luz donde predomina el color rojo, luego el amarillo, hasta llegar al azul, correspondiente a la mayor temperatura. Antes de llegar al azul, el cuerpo se ilumina de color blanco, ya que cuando se esté emitiendo centrado todo el espectro de colores, la cantidad de cada color será más o menos similar y, como sabemos, la suma de todos nos da blanco.

## 3 Efectos del calor

## Página 326

### 23 Determina la longitud que tendrá un raíl de acero ( $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ) de 15 m cuando aumente su temperatura 50 °C.

Utilizamos la expresión que rige el fenómeno:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 15 \text{ m} \cdot (1 + 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 50 \text{ }^\circ\text{C}) = 15,009 \text{ m}$$

### 24 Un material de $\alpha = 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ tiene una longitud de 12,00 m a 30°C. ¿Cuánto medirá a 5°C?


Expresión de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 12,00 \text{ m} \cdot [1 + 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (-25 \text{ }^\circ\text{C})] = 11,97 \text{ m}$$

### 25 Determina el coeficiente de dilatación lineal del plomo si al incrementar la temperatura de una varilla de 1,5 metros en 30 °C, se dilata 1,35 mm.

Utilizamos la expresión de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow \alpha = \frac{L - L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{1,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1,5 \text{ m} \cdot 30 \text{ }^\circ\text{C}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

- 26**  ¿Qué crees que sucederá si incrementamos la temperatura de una plancha de plomo en la misma cantidad que en el ejercicio anterior? ¿Y si es un cubo?

Se puede encontrar en Internet que el coeficiente de dilatación superficial  $\beta$  es, aproximadamente, igual a  $2 \cdot \alpha$ . Por otra parte, el coeficiente de dilatación cúbica  $\gamma$  es, aproximadamente, igual a  $3 \cdot \alpha$ .

No es difícil demostrar estas relaciones a partir del coeficiente de dilatación lineal y despreciando términos pequeños.

## Página 327

- 27** Disponemos de  $10 \text{ cm}^3$  de agua líquida a  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Si se calienta gracias a un aporte de energía de  $800 \text{ J}$ , ¿qué temperatura alcanzará?

Utilizamos la expresión que define el calor específico de una sustancia:

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0)$$

Puesto que la densidad del agua es  $1 \text{ g/cm}^3$ , los  $10 \text{ cm}^3$  tienen una masa de  $10 \text{ g}$ .

$$T = \frac{Q}{m \cdot c} + T_0 = \frac{800 \text{ J}}{10 \text{ g} \cdot 4,186 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}} + 2 \approx 21,1^\circ\text{C}$$

- 28** Una masa de  $28 \text{ g}$  de aluminio se enfría desde  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ . ¿Cuánta energía se desprende?

La energía desprendida se hace mediante calor, por tanto:

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0) = 28 \text{ g} \cdot 0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (-10 - 30)^\circ\text{C} \approx -1005 \text{ J}$$

- 29** Un trozo de hierro de  $1 \text{ kg}$  está a  $10 \text{ m}$  de altura. Cuando caiga, va a transformar toda la energía potencial en térmica. ¿Cuántos grados se va a calentar?

La energía potencial del hierro se transformará en térmica, aumentando su temperatura.

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 98 \text{ J}$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0) \rightarrow T - T_0 = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{98 \text{ J}}{1000 \text{ g} \cdot 0,450 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}} \approx 0,22^\circ\text{C}$$

Habrà que tener cuidado con el valor de la masa, ya que habrá que expresarlo en kg en la expresión de la energía potencial, y en gramos, en la del calor.

- 30** ¿Qué se calienta más fácilmente, el agua líquida o el hierro sólido? Justifica tu respuesta.

El calor específico del hierro es unas nueve veces menor que la del agua líquida. Esto quiere decir que el hierro necesita nueve veces menos energía que el agua para elevar un gramo, un grado centígrado.

## Página 329

- 31** Determina la energía absorbida cuando se evaporan  $50 \text{ g}$  de alcohol etílico (etanol).

Es un fenómeno de cambio de estado, de líquido a gas, luego se trata de energía absorbida.

$$Q = L_v \cdot m = 846 \text{ J/g} \cdot 50 \text{ g} = 42\,300 \text{ J}$$

Calor positivo indica calor absorbido.

- 32** ¿Qué masa de plomo podremos fundir con  $1\,000 \text{ J}$  si ya está a su temperatura de fusión? ¿Y de aluminio?

Si el plomo ya se encuentra a la temperatura de fusión, el calor que le proporcionemos a partir de este momento será para que se produzca el cambio de estado:

$$Q = L_f \cdot m \rightarrow m = \frac{Q}{L_f} = \frac{1000 \text{ J}}{22,5 \text{ J/g}} \approx 44,4 \text{ g}$$

Análogamente para el aluminio:

$$m = \frac{Q}{L_f} = \frac{1000 \text{ J}}{394 \text{ J/g}} \simeq 2,5 \text{ g}$$

Como vemos, puesto que el calor latente del aluminio es mucho mayor que el del plomo, con 1000 J se puede fundir mucho menos gramos de aluminio que de plomo.

- 33** Un vaso con 200 cm<sup>3</sup> de agua a 10 °C se saca a la calle, donde hay una temperatura inferior a 0 °C. ¿Cuánta energía cederá el agua al ambiente justamente cuando toda ella se congele?

Al ser la densidad del agua 1 g/cm<sup>3</sup>, esos 200 cm<sup>3</sup> de agua son 200 g. Primeramente, el agua tendrá que ceder calor para enfriarse de 10 °C hasta 0 °C, que es la temperatura de fusión.

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 4,186 \text{ J/g} \cdot \text{°C} \cdot 200 \text{ g} \cdot (0 - 10) \text{ °C} = -8372 \text{ J}$$

Seguidamente, cederá energía mediante calor en el cambio de estado de líquido a sólido. Al ser calor cedido, hay que introducir el signo menos:

$$Q_2 = -L_f \cdot m = -334 \text{ J/g} \cdot 200 \text{ g} = -66800 \text{ J}$$

El calor total:

$$Q = Q_1 + Q_2 = -8372 \text{ J} - 66800 \text{ J} = -75172 \text{ J}$$

- 34** Deseamos solidificar 7 g de mercurio que están (o se encuentran) a 12 °C. ¿Qué cantidad de energía debemos extraerle? Dato: el calor específico del mercurio líquido es de 138 J/(kg · K).

Igual que en el ejercicio anterior, el mercurio primero debe ceder energía para enfriarse desde 12 °C (285 K) hasta -38,9 °C (234,1 K):

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,138 \text{ J/g} \cdot \text{K} \cdot 7 \text{ g} \cdot (234,1 - 285) \text{ K} \simeq -49,2 \text{ J}$$

Y posteriormente ceder energía para solidificarse. Puesto que es energía cedida, introduciremos el signo menos:

$$Q_2 = -L_f \cdot m = -11,73 \text{ J/g} \cdot 7 \text{ g} = -82,1 \text{ J}$$

La energía total cedida es:

$$Q = Q_1 + Q_2 = -49,2 \text{ J} - 82,1 \text{ J} = -131,3 \text{ J}$$

- 35** Queremos fundir una pieza de hierro de 6 g que se encuentra a 20 °C. ¿Cuánta energía es necesaria?

Debemos calcular la energía necesaria para calentar el hierro hasta la temperatura de fusión:

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,450 \text{ J/g} \cdot \text{°C} \cdot 6 \text{ g} \cdot (1530 - 20) \text{ °C} = 4077 \text{ J}$$

Y la energía que habrá que proporcionar para que se funda una vez alcanzada la temperatura de fusión:

$$Q_2 = L_f \cdot m = 293 \text{ J/g} \cdot 6 \text{ g} = 1758 \text{ J}$$

La energía absorbida total es:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 4077 \text{ J} + 1758 \text{ J} = 5835 \text{ J}$$

- 36** Se mezcla 500 g de un líquido a 50 °C con 750 g del mismo líquido a 5 °C. ¿Cuál es la temperatura final?

El líquido de mayor temperatura, al enfriarse, cede energía, que será absorbida por el líquido más frío al calentarse. Por tanto, son dos números opuestos (uno positivo y el otro negativo), que, al sumarlos, da cero:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow c \cdot m_1 \cdot (T - T_{01}) + c \cdot m_2 \cdot (T - T_{02}) = 0 \rightarrow \\ m_1 \cdot (T - T_{01}) + m_2 \cdot (T - T_{02}) = 0$$

Sustituyendo datos numéricos:

$$500 \text{ g} \cdot (T - 50)^\circ\text{C} + 750 \text{ g} \cdot (T - 5)^\circ\text{C} = 0 \rightarrow$$

$$500 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot T - 25\,000 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} + 750 \text{ g} \cdot T - 3\,750 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} = 0 \rightarrow$$

$$T = \frac{(25\,000 + 3\,750) \text{ g} \cdot ^\circ\text{C}}{(500 + 750) \text{ g}} = 23,0^\circ\text{C}$$

Como vemos, no hemos necesitado conocer el calor específico de la sustancia, puesto que tanto la que se calienta como la que se enfría es la misma.

## 4 Motor térmico


### Página 330

#### Trabaja con la imagen

**Busca en Internet el fundamento teórico del funcionamiento de un motor frigorífico, e intenta buscar una analogía con el agua de un pozo que se pretende extraer.**

Las máquinas térmicas pueden ser: motores térmicos, como los que estamos estudiando, máquina frigorífica o bomba de calor. Tanto una máquina frigorífica como una bomba de calor funcionan inversamente a un motor térmico; se realiza trabajo sobre la máquina, consiguiendo que se absorba energía del foco frío y se ceda al foco caliente. La diferencia entre estas dos está en cuál es el fin que se persigue. En la máquina frigorífica se pretende enfriar el foco frío, por eso, se diseñan para que la cantidad de energía extraída del foco frío sea la máxima posible. Sin embargo, el fin de la bomba de calor es calentar el foco caliente, y por ello, se diseñan para que la cantidad de calor cedida al foco caliente sea la máxima posible.

### Página 331

**37**  Un motor térmico produce un trabajo de 100 J en cada ciclo. ¿Cuánta energía desprende al foco frío en cada ciclo si el rendimiento es de 0,16?

Según el principio de conservación de la energía:

$$Q_c = W + Q_f$$

El rendimiento es:

$$r = \frac{W}{Q_c}$$

Con estas dos expresiones, podemos escribir una que esté en función de las variables que conocemos y nuestra incógnita:

$$\frac{W}{r} = W + Q_f \rightarrow \frac{100 \text{ J}}{0,16} = 100 \text{ J} + Q_f \rightarrow Q_f = 525 \text{ J}$$

**38**  Un motor térmico ideal, cuyo rendimiento es el máximo, funciona desde un foco caliente a 300 °C y un foco frío a 10 °C. Si absorbe 50 J en cada ciclo, ¿qué trabajo producirá?

Si el rendimiento es el máximo, entonces es igual al de un motor de Carnot:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 10) \text{ K}}{(273 + 300) \text{ K}} \simeq 0,506$$



Puesto que:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r \cdot Q_c = 0,506 \cdot 50 \text{ J} = 25,3 \text{ J}$$

**39** ¿Puede fabricarse un motor térmico que funcione entre un foco a 800 °C y otro a 20 °C que de cada 100 J absorbidos del foco caliente convierta en trabajo útil 70 J?

El rendimiento máximo entre estos dos focos es:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 20) \text{ K}}{(273 + 800) \text{ K}} = 0,75$$

Si las energías del motor fueran las especificadas, significaría que su rendimiento sería:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{70 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0,70$$

Luego sí se puede, ya que no supera al máximo posible.

**40** Un motor absorbe 25 J del foco caliente a 900 °C y desprende 18 J al foco frío en cada ciclo. ¿Cuál es el rendimiento? Si el rendimiento es el máximo, ¿a qué temperatura está el foco frío?

Del principio de conservación de la energía, deducimos que el trabajo que se realiza en cada ciclo es:

$$Q_c = W + Q_f \rightarrow 25 \text{ J} = W + 18 \text{ J} \rightarrow W = 7 \text{ J}$$

El rendimiento es:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{7 \text{ J}}{25 \text{ J}} = 0,28$$

Si este rendimiento fuese el máximo posible, entonces la temperatura del foco frío sería:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{T_f}{(273 + 900) \text{ K}} = 0,28 \rightarrow T_f = 844,56 \text{ K} = 571,56 \text{ °C}$$

## 5 Degradación de la energía

### Página 332

#### Trabaja con la imagen

Para cada una de las fotografías inferiores, dibuja un esquema de las partículas que constituyen los sistemas materiales antes y después de aumentar su energía térmica.

Al realizar esta tarea, el estudiante debería reflexionar acerca de que aumentar la temperatura (calentar) significa aumentar el movimiento de agitación térmica de las partículas constituyentes de la materia. En algunos casos, se verá muy claro que el movimiento ordenado de las partículas, como las que forman el disco del freno, se transforma en movimiento desordenado, en el momento en el que el disco gira más lentamente pero con mayor temperatura.

### Página 333

**41** Explica una situación física en la que la energía cinética de un cuerpo se transforme en energía potencial, luego otra vez en cinética, y finalmente en térmica.

Estas transformaciones energéticas son las que ocurren cuando se lanza un objeto hacia arriba y, después, dejamos que caiga al suelo.

Parte de la energía química almacenada en los músculos de la persona se invierte en comunicar energía cinética al objeto.

Mientras sube el objeto, va transformando su energía cinética en potencial, de tal manera que, en su punto más alto, toda la energía cinética ha quedado transformada en potencial. Cuando el objeto baja, nuevamente la energía potencial se transforma en cinética, y cuando vaya a golpear el suelo toda la energía será cinética. Al producirse el choque del objeto con el suelo, toda la energía cinética se transformará en térmica, calentando el propio objeto y parte del suelo.

Como vemos, la transformación neta de energía ha sido transformar la energía química de los músculos de la persona en energía térmica; se ha calentado el objeto y el suelo.

**42** ¿En cuál de las manifestaciones de la energía crees que se transformará toda la energía química de la gasolina de una motocicleta una vez que se haya agotado el depósito de combustible? Justifica tu respuesta.

Los vehículos utilizan para moverse la energía química del combustible, que se transforma en cinética, pero como sabemos, debido a los rozamientos, también se produce energía térmica no deseada. Se calienta las distintas partes del motor del vehículo, los neumáticos, el aire con el que roza, etc. Tarde o temprano, el vehículo frena y se detiene, luego pierde toda la energía cinética que tenía transformándose en térmica en los discos de freno, etc. Cuando la motocicleta consume el depósito de combustible, toda la energía química que se ha utilizado de la gasolina se habrá transformado íntegramente en energía térmica.

## TIC. Geogebra

### Página 339

- En esta actividad, profundizaremos en el funcionamiento de la herramienta *homotecia*; para ello:
  - Dibuja un punto (A), y a una distancia a su derecha de unas 2 unidades, coloca un segundo punto (B). Procura que no coincida sobre ningún eje. Pon el punto B de color verde.
  - Crea un deslizador (a), con valores entre -5 y 5.
  - Con la herramienta *homotecia*, haz clic en el punto A y, después, en el B. Como factor de escala escribimos a. Se ha creado un nuevo punto, A', cuya posición cambia dependiendo de los valores de a.
  - Observa el comportamiento del punto A', y describe cómo funciona la herramienta *homotecia*.

La herramienta *homotecia* puede ser la más complicada de entender, pero con la experiencia que proponemos en esta actividad podemos observar que lo que hace es escalar una figura. En nuestro caso es la distancia del punto A a otro punto B, según el factor de escala que se introduzca. Si en lugar de representar el punto A como un punto redondo, ponemos un triángulo, veremos que con esta herramienta también se escala el propio triángulo, algo que no se observó en el caso anterior porque se trataba de un punto que no tenía área.

- Realiza un montaje en el que, utilizando un deslizador para introducir temperaturas, y la herramienta *homotecia*, se observe cómo se dilata una varilla, que dibujaremos, para un determinado valor de su coeficiente de dilatación.

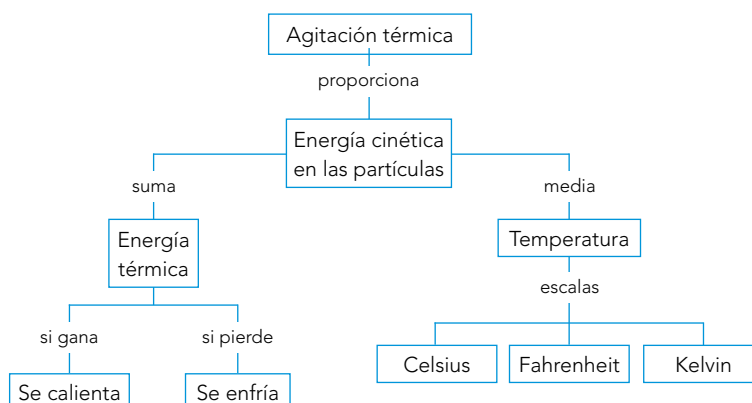
Si el alumnado ha comprendido el montaje de la práctica, no le costará realizar la actividad aquí propuesta. Se trata únicamente de crear un rectángulo que se alargará y contraerá dependiendo de la temperatura a la que se someta, que introduciremos mediante un deslizador. La ecuación que rige el fenómeno de dilatación habrá que introducirla como factor de escala de la herramienta *homotecia* tal y como se hizo en la práctica con las anchuras de los rectángulos que representaban el flujo de energía.

## Taller de ciencias

### Página 340

### Organizo las ideas

El mapa conceptual completo es el siguiente:



## Trabajo práctico

### Página 341

---

#### 1 ¿Eres capaz de explicar la expresión matemática que hemos utilizado?

La ecuación que usamos para calcular el calor latente significa que el calor cedido por el agua caliente es el absorbido por el hielo, utilizándolo para fundirse primeramente, y para calentar el agua líquida resultante de la fusión del hielo desde  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta la temperatura final del equilibrio térmico.

#### 2 Compara el valor obtenido con el que aparece en los libros.

El calor latente de fusión del agua es de unos  $334\text{ J/g}$ . Es normal que con este procedimiento bastante casero se comentan errores y que el resultado esté bastante distante del que nos dan las tablas de calores latentes. Lo importante es que el alumnado vea que hay maneras de proceder para medir distintas propiedades de los sistemas materiales, que se suelen cometer errores en la experimentación, y que pueden hacerse más pequeños si se va refinando el procedimiento experimental.

#### 3 Realiza una lista de errores que hemos podido cometer y cómo podríamos minimizarlos.

Aparte de los errores lógicos que cometemos al medir la masa de hielo y de agua, y también las distintas temperaturas, habremos cometido errores en:

- Parte de la energía del agua caliente se invertirá en calentar el termo y no en fundir el hielo. Hemos tratado de minimizar algo este efecto, dejando que caliente el termo antes de introducir el hielo y empezar el procedimiento de medición. Lo ideal sería que el termo quedara a la temperatura de la habitación para que no transfiriera calor con ella.
- Antes de introducir el hielo, hay que esperar a que este se caliente hasta alcanzar su temperatura de fusión, para no tener que considerar la energía invertida en calentar el hielo. Para ello observaremos cuando el hielo comienza a fundirse. En este momento, estará a su temperatura de fusión. Claro está que un poquito de la masa de hielo se perderá.
- Por la tapadera, se perderá energía cada vez que la abramos para comprobar si se ha fundido todo el hielo. Habrá que hacerlo el menor número de veces posible y abriendo solo un poquito.
- Justamente cuando se funda el hielo, el agua procedente de él estará a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y deberá calentarse hasta la temperatura del resto de agua. Será un poco difícil apreciar cuándo se alcanza exactamente el equilibrio. Observaremos el termómetro, y nos fijaremos en cuando deja de descender apreciablemente la temperatura.

#### 4 ¿Por qué crees que es mejor no calentar demasiado el agua?

Como hemos explicado en el apartado anterior, es conveniente que la temperatura del termo en el momento en el que echamos el hielo sea la de la habitación para procurar que este ya esté en equilibrio térmico con ella y evitemos que transfiera calor con la habitación. Así, inicialmente se calentará el agua un poco más que la temperatura de la habitación, para que, cuando dejemos que caliente el termo, el agua se enfríe hasta la temperatura de esta.

Si calentásemos mucho el agua, tendríamos que esperar más tiempo para que se alcanzase el equilibrio térmico entre el agua, el termo y la habitación.

## Trabaja con lo aprendido

Página 342

### Energía térmica y temperatura

- 1 ¿Qué crees que tendrá más energía térmica, un tornillo a 10 °C, o el mismo tornillo a 11 °C? Justifica tu respuesta.**

Para un mismo cuerpo, cuanto mayor sea su energía térmica (suma de las energías cinéticas de todas sus partículas), mayor será su temperatura, ya que esta es una medida de la energía cinética media de las partículas.

Sin embargo, para dos cuerpos distintos no podemos asegurar que el que tenga más energía térmica es el que está a mayor temperatura, puesto que el de mayor energía térmica puede ser más grande que el otro y contener muchas más partículas; aunque cada partícula sume poco, hay muchas más partículas que contribuyen con su energía cinética.

- 2 ¿Qué crees que tendrá más energía térmica, una tuerca pequeña de hierro a 15 °C, o una grande de hierro a la misma temperatura?**

Si las dos tuercas están a la misma temperatura, la energía cinética media de las partículas en ambos casos es la misma. Pero habrá más energía térmica en la tuerca grande, ya que aunque sus partículas se mueven igual que las de la pequeña, hay más, contribuyendo a la energía total en mayor medida.

- 3 ¿Qué partículas crees que se moverán más rápido en media, las que forman una moneda de cobre a 12 °C, o las que forman una moneda exactamente igual pero de oro a la misma temperatura? Dato: las partículas de oro son más de tres veces más masivas que las de cobre.**

Si las dos monedas están a la misma temperatura, sus partículas, en media, vibran con la misma energía cinética. Puesto que las partículas de oro son más pesadas que las de aluminio, se moverán más lentamente. Recordemos que la energía cinética de cada partícula es:  $E_c = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ .

- 4 ¿Qué partículas tendrán una energía cinética media mayor, las que forman una aguja a 20 °C, o las que forman unas pinzas a 60 °F?**

Puesto que la temperatura es una medida de la energía cinética media de las partículas constituyentes de los sistemas materiales, tendrán más energía cinética las partículas que correspondan al cuerpo de mayor temperatura. Así, tendremos que comprobar qué temperatura es mayor. Para ello, convertimos 60 °F a Celsius:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (60^\circ\text{F} - 32)}{9} \simeq 15,6^\circ\text{C}$$

Así pues, tienen más energía cinética las partículas que forman la aguja.

- 5 La temperatura media de Plutón es de 44 K. Expresa esta temperatura en grados Celsius y en grados Fahrenheit.**

Utilizamos las expresiones que relacionan las distintas escalas.

$$T_K = T_C + 273,15 \rightarrow T_C = T_K - 273,15 = 44^\circ\text{C} - 273,15 = -229,15^\circ\text{C}$$

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_F = \frac{9 \cdot T_C}{5} + 32 = \frac{9 \cdot (-229,15^\circ\text{C})}{5} + 32 = -380,47^\circ\text{F}$$

**6 ¿Crees que una persona con 101 °F tiene fiebre?**

Veamos esta temperatura en Celsius:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (101^\circ\text{F} - 32)}{9} \simeq 38,3^\circ\text{C}$$

Luego sí tiene fiebre.

**7 ¿Alguna vez has estado en un lugar a una temperatura de 0 °F?**

Veamos esta temperatura en Celsius para que cada uno pueda valorar:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (0^\circ\text{F} - 32)}{9} \simeq -17,8^\circ\text{C}$$

**8 ¿Cómo crees que se encontrarán las partículas de un sistema material a -463 °F?**

Veamos esta temperatura en Celsius:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (-463^\circ\text{F} - 32)}{9} = -275^\circ\text{C}$$

Esta temperatura no existe, puesto que es menor al cero absoluto. Luego no tiene sentido preguntarse cómo se encontrarán sus partículas.

**9 Revisa el «enunciado de inaccesibilidad». ¿Eres capaz de poner un ejemplo de algo que se acerque cada vez más a cero y que nunca llegue?**

Imaginemos una serie de números, empezando por un número positivo, donde el siguiente se obtiene de dividir el anterior entre 2. Por ejemplo, si empezamos en 4, la serie sería: 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, etc., acercándonos cada vez más al cero, pero sin llegar.

Con las velocidades ocurre lo mismo. Un objeto material puede acelerar, acercándose cada vez más a la velocidad de la luz, pero nunca llega a ella.

**10 Explica con tus palabras por qué hay una temperatura tope inferior.**

Como hemos visto, aumentar la temperatura de un cuerpo significa hacer que se muevan más sus partículas. Por tanto, reducir la temperatura consiste en disminuir la velocidad de las partículas. Puesto que la velocidad tiene un límite inferior, que es cero, la temperatura también lo tiene.

**11 Un sistema material A tiene una energía térmica de 50 J, y otro sistema B tiene una energía térmica de 10 J. ¿Se puede decir qué sistema material está a mayor temperatura?**

La energía térmica no nos informa de la temperatura de los sistemas materiales. Por tanto, no sabremos nada de las temperaturas de estos dos sistemas materiales.

El sistema material de 50 J podría estar formado por más partículas que el de 10 J, y tener por tanto, una media de la energía cinética de sus partículas menor que el de 10 J.

## Equilibrio térmico. Calor y propagación

**12 Realiza la siguiente práctica casera. Coloca tu mano cerca y sin tocar por el lateral de un objeto caliente, como puede ser un radiador. Después coloca tu mano a la misma distancia, pero por la parte superior. ¿Notas alguna diferencia? Justifica tu experiencia.**

Cuando colocamos la mano lateralmente a una cierta distancia del objeto caliente, nos llega el calor mediante radiación, pero cuando la colocamos a la misma distancia y por la parte de arriba, nos llega la misma cantidad de calor por radiación, pero ahora también nos llega por convección. Así que percibimos un poco de más calor que antes.

- 13** Cuando se dice que dos sistemas materiales están en contacto térmico, quiere decir que pueden intercambiar energía mediante calor. ¿Significa esto que los dos sistemas deben tener un contacto físico real? Justifica tu respuesta.

Evidentemente, contacto térmico no significa contacto físico. El Sol calienta la Tierra porque está en contacto térmico, pero ambos no se tocan.

- 14** Sabemos que un sistema material en equilibrio térmico mantiene su temperatura estable. ¿Cómo es posible, si sabemos que cualquier sistema material siempre radia energía?

Efectivamente, cualquier sistema material radia energía, y, como sabemos, su cantidad y frecuencias dependen de la temperatura. Pero los sistemas materiales también absorben parte de la radiación que les llega. Un sistema en equilibrio térmico absorbe la misma cantidad de energía que la que emite por unidad de tiempo.

- 15** Un sistema material A tiene 60 J de energía térmica, y se pone en contacto térmico con otro sistema material B con 50 J de energía térmica. En el equilibrio térmico, se observa que el sistema A tiene 65 J de energía térmica. ¿Qué sistema material estaba a mayor temperatura inicialmente?

Recordemos que la energía térmica no nos dice qué sistema material está a mayor temperatura, puesto que no sabemos nada de sus tamaños. Como sabemos, el calor pasa del sistema de mayor temperatura hasta el de menos. Si el sistema material A gana 5 J en el equilibrio térmico, es que era el de menor temperatura. Por tanto, el de mayor temperatura era el sistema B, y en el equilibrio térmico habrá quedado con 45 J. B le ha transferido 5 J a A.

- 16** Si dos sistemas materiales están en equilibrio térmico, ¿significa eso que tienen la misma cantidad de energía térmica?

No, dos sistemas en equilibrio térmico, están a la misma temperatura. Sobre la energía térmica no se puede saber nada.

- 17** Si los sistemas materiales tienden a alcanzar el equilibrio térmico, ¿por qué una persona no se enfría hasta alcanzar la temperatura ambiente?

Los sistemas materiales alcanzan el equilibrio térmico cuando están en contacto térmico, siempre y cuando no tengan un aporte de energía diferente a la transmisión de calor. Por ejemplo, si tenemos una estufa encendida, no se va a enfriar mientras transmite energía a la habitación porque tiene un aporte de energía eléctrica que va supliendo la energía térmica emitida. Igualmente ocurre con una persona, si está a mayor temperatura que el exterior, pierde energía térmica, emitiéndola al exterior, pero es suplida por la energía que se obtiene de la oxidación de los alimentos ingeridos en sus células. Sin embargo, cuando una persona fallece, y en consecuencia, sus células dejan de funcionar, el cuerpo se enfría hasta entrar en equilibrio térmico con el ambiente.

- 18** Cuando estás en la cama y te tapas con la manta, al poco rato notas que te has calentado. ¿Por qué ocurre esto si la manta no estaba caliente antes de taparte?

Si el cuerpo está a mayor temperatura que el exterior, pierde energía térmica mediante calor hacia el ambiente exterior. Cuando nos tapamos con una manta, simplemente estamos aislando nuestro cuerpo del exterior, para que la energía emitida por nuestro cuerpo no se escape y que quede calentando el aire que queda entre la manta y nosotros. Luego, la manta no nos calienta, nos calentamos nosotros.

- 19** Cuando una clase está vacía, se aprecia que está más fría que cuando está llena de estudiantes. ¿Tienes alguna explicación para ello?

Si la temperatura exterior es menor que la del cuerpo humano, las personas emiten energía mediante calor al ambiente, calentándolo.

**20 ¿Por qué en invierno pasamos menos frío con ropa que desnudos?**

La ropa nos aísla del ambiente exterior. Nuestro cuerpo pierde energía (cuando el exterior es más frío), y parte de ella se invierte en calentar el aire que queda entre nosotros y nuestra ropa.

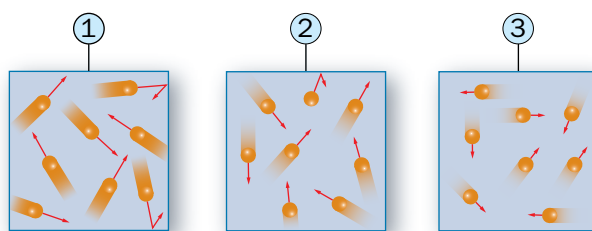
**21 ¿Por qué se pasa más frío cuando estás en un ambiente húmedo y a unos 5 °C que cuando estás a la misma temperatura pero en un ambiente seco?**

El aire húmedo es mejor conductor térmico que el aire seco. Por tanto, si estamos rodeados de aire húmedo, nuestro cuerpo pierde energía a un ritmo mayor que con aire seco. La percepción de frío la notamos cuando nuestro cuerpo pierde energía a un gran ritmo.

**22 Cuando estamos a una temperatura ambiente de 22 °C estamos a gusto; sin embargo, si estamos en el agua a la misma temperatura, sentimos frío al poco rato. ¿Puedes explicarlo?**

El agua es mejor conductor térmico que el aire, por eso perdemos energía más rápidamente cuando estamos sumergidos en agua. Como hemos comentado en el ejercicio anterior, notamos frío cuando nuestro cuerpo pierde energía a gran ritmo.

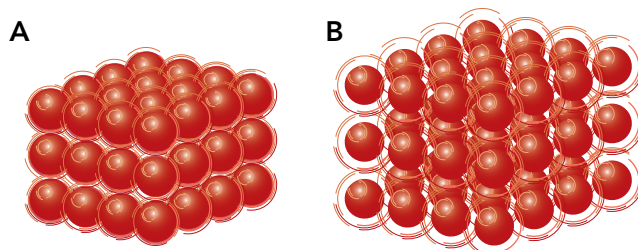
**23 Si consiguiéramos ver las partículas de un cuerpo en varios instantes consecutivos, y estuvieran como en los dibujos, ¿qué dirías, que está a mayor temperatura que el ambiente o menor?**



En las imágenes, vemos que sucesivamente las partículas se mueven menos; van perdiendo energía cinética y, por lo tanto, el cuerpo va perdiendo energía térmica. En consecuencia, el cuerpo está emitiendo energía al exterior. Esto quiere decir que su temperatura es mayor que la del exterior.

**Página 343**

**24 Si pudiéramos ver algunas de las partículas que forman dos trozos de hierro, y las observáramos tal y como aparecen en la imagen, ¿qué fragmento dirías que está a mayor temperatura?**



**Si el sistema material A fuese mucho más grande que el B, ¿podrías asegurar que el sistema material B tiene más energía térmica que el A?**

Al observar las partículas de los dos trozos de hierro, vemos que se mueven más las del sistema material B. Puesto que todas las partículas son iguales, tienen la misma masa y, en consecuencia, tienen más energía cinética las partículas que más se mueven.



Puesto que la temperatura es una medida de la energía cinética media de las partículas, podemos asegurar que el sistema *B* está a mayor temperatura.

Recordemos que la energía térmica es la suma de todas las energías cinéticas de las partículas que forman un sistema material. Por esto, si el sistema *A* tuviera el mismo número de partículas que el *B*, entonces el sistema *B* tendría más energía térmica que el *A*, pero si hay más partículas del *A* que del *B*, ya no podemos asegurar que el *B* tenga más energía térmica.

**25 Si sacas un cubito de hielo de la nevera, y lo dejas encima de la mesa hasta que se funde completamente, ¿habrá calentado el ambiente o lo habrá enfriado?**

Un mismo sistema material en estado líquido tiene más energía térmica que cuando estaba en estado sólido a la misma temperatura. Por eso, hay que comunicar energía a los cuerpos sólidos para fundirlos. En consecuencia, si el cubito de hielo pasa de sólido a 0 °C a líquido a 0 °C, absorberá energía del ambiente aunque su temperatura no cambie y enfriará el ambiente. Esa cantidad de energía es la misma que desprendió cuando el agua líquida se solidificó para formar el cubito de hielo. Para que el cubito se funda, el ambiente debe estar a más de 0 °C, si no, se enfriaría en lugar de fundirse.

**26 Todos los cuerpos radian energía, es decir, emiten su propia radiación. Busca en Internet qué radiaciones pueden ser, desde la menos energética hasta la de mayor energía.**

No hay que buscar estrechas subdivisiones de la radiación, sino de que los estudiantes vean las más genéricas (ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma) con las propiedades que las caracterizan.

**27 Dependiendo de la temperatura a la que se encuentre un sistema material, la energía radiada es de una manera u otra y más energética o menos. Busca en Internet la temperatura mínima a la que debe estar una sustancia para que radie en el espectro visible.**

Dentro del espectro de colores, el rojo corresponde a la radiación menos energética. Es el color que se empieza a ver cuando al ir calentado un cuerpo, comienza a radiar luz. Sobre los 1 600 °C, un cuerpo empieza a emitir luz roja-naranja.

**28 Según la temperatura a la que un ser humano se encuentra, ¿qué tipo de radiación emite principalmente?**

La temperatura de una persona viene a estar sobre 36,5 °C, que corresponde a 309,5 K. La radiación que se emite mayormente a esta temperatura es la infrarroja; está entre la infrarroja cercana y media. Si queremos calcularla, podemos explicarles a los estudiantes la ley de desplazamiento de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{\delta}{T}$$

que nos dice la longitud de onda de la radiación que se emite en más cantidad, donde  $\delta = 0,29 \text{ cm} \cdot \text{K}$ , y  $T$ , la temperatura en kelvin. Al realizar este cálculo, obtenemos  $\lambda_{\text{máx}} \simeq 9\,370 \text{ nm}$ , correspondiendo a la franja de radiación que hemos especificado en el párrafo anterior.

## Efectos del calor

**29 ¿Eres capaz de explicar, utilizando algún modelo, qué mecanismo microscópico debe ocurrir para justificar la dilatación de los cuerpos sólidos con el aumento de la temperatura?**

En los cuerpos sólidos, las partículas se encuentran relativamente juntas, ordenadas y con un pequeño movimiento de vibración en torno a su posición de equilibrio.

Cuanto mayor es la temperatura del cuerpo, mayor es la energía cinética con la que vibran. Por tanto, al aumentar la temperatura, las partículas vibran más e interaccionan unas con otras, separándose para tener suficiente espacio para vibrar con mayores amplitudes.

**30** A 40 °C, la longitud de una varilla de plomo es de 156,6 cm. ¿Cuánto medirá a 5 °C?

Utilizamos la ecuación de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 156,6 \text{ cm} \cdot [1 + 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (5 - 40) \text{ }^\circ\text{C}] \simeq 156,4 \text{ cm}$$

**31** Una varilla de grafito de 1,6206 m de longitud se ha alargado 3 mm en un cambio de temperatura. ¿Cuánto ha variado la temperatura? ¿Ha aumentado o disminuido su temperatura durante el proceso?

Si la varilla se alarga, es porque se dilata, luego su temperatura aumenta. Veamos cuánto:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow \Delta T = \frac{L - L_0}{L_0 \cdot \alpha} = \frac{0,003 \text{ m}}{1,6206 \text{ m} \cdot 0,79 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}} \simeq 234,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

**32** Una varilla de un material se alarga un 1% cuando su temperatura aumenta 120 °C. ¿Cuál es su coeficiente de dilatación lineal?

Si la longitud inicial es  $L_0$ , entonces la longitud final es:

$$L = L_0 + \frac{1}{100} \cdot L_0 = \frac{101}{100} \cdot L_0$$

Utilizamos la ecuación de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow \alpha = \frac{L - L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{\frac{1}{100} \cdot L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{1}{100 \cdot \Delta T} = \frac{1}{100 \cdot 120 \text{ }^\circ\text{C}} \simeq 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

**33** Un trozo de cobre de 1,8 g se calienta desde 13,3 °C hasta 28,6 °C. ¿Qué cantidad de energía ha absorbido? Expresa el resultado en calorías.

Utilizamos la expresión del calor específico del cobre:

$$Q = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,385 \text{ J/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot 1,8 \text{ g} \cdot (28,6 - 13,3) \text{ }^\circ\text{C} \simeq 10,60 \text{ J}$$

Expresemos el resultado en calorías:

$$Q = 10,60 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,186 \text{ J}} \simeq 2,56 \text{ cal}$$

**34** ¿A qué velocidad podríamos lanzar un objeto de 1 kg si le aplicáramos la energía que se desprende de un litro de agua cuando se enfría desde 100 °C hasta 0 °C? Expresa el resultado en km/h. ¿Y si lo que se enfría fuese 1 kg de hierro entre las mismas temperaturas?

Veamos la energía que se desprende al enfriarse un kilogramo de agua desde 100 °C hasta 0 °C.

$$Q = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 4,186 \text{ J/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot 1000 \text{ g} \cdot (0 - 100) \text{ }^\circ\text{C} = -418 600 \text{ J}$$

Si esta energía desprendida se le suministra a un objeto de 1 kg para que aumente su energía cinética, que podría ser el propio agua, alcanzaría una velocidad:

$$|Q| = E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot |Q|}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 418 600 \text{ J}}{1 \text{ kg}}} \simeq 915 \text{ m/s} = 3 294 \text{ km/h}$$

Es una velocidad de más de dos veces y media la velocidad del sonido. Este resultado da una idea de la gran cantidad de energía que puede guardar el agua debido a su temperatura.

Si lo que se enfría es un kilogramo de hierro, se conseguirá una velocidad menor, ya que el calor específico del hierro es menor que el del agua.

$$Q = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,450 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 1000 \text{ g} \cdot (0 - 100) ^\circ\text{C} = -45\,000 \text{ J}$$

$$|Q| = E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot |Q|}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45\,000 \text{ J}}{1 \text{ kg}}} = 300 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1080 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- 35** Un cuerpo de masa 10 kg se mueve a 100 km/h cuando choca, quedándose en reposo. Si toda su energía cinética se transforma en térmica únicamente en dicho cuerpo, ¿cuánto se elevará su temperatura? Dato:  $c = 0,4 \text{ J/(g } ^\circ\text{C)}$ .

La energía cinética de un cuerpo de 10 kg que se mueve a 100 km/h (27,8 m/s aprox.) es:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ kg} \cdot (27,8 \text{ m/s})^2 \simeq 3864,2 \text{ J}$$

Si lo utilizamos en calentarlo, aumentaría su temperatura en:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{3864,2 \text{ J}}{0,4 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10\,000 \text{ g}} \simeq 0,97 ^\circ\text{C}$$

- 36** Se colocan en contacto térmico 10 g de aluminio a 30 °C con 10 g de oro a 10 °C. ¿Qué temperatura se alcanzará en el equilibrio si están aislados del exterior?

La energía térmica que desprende el aluminio al enfriarse se invierte en calentar el oro. Por eso, el calor absorbido por el aluminio es numéricamente igual al calor absorbido por el oro, salvo que para el aluminio es negativo, ya que es calor cedido. Por eso, la suma de estos dos calores es cero.

$$\begin{aligned} Q_{Al} + Q_{Au} &= 0 \rightarrow c_{Al} \cdot m_{Al} \cdot (T - T_{Al}) + c_{Au} \cdot m_{Au} \cdot (T - T_{Au}) = 0 \\ 0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot (T - 30) ^\circ\text{C} + 0,129 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot (T - 10) ^\circ\text{C} &= 0 \\ T &= \frac{0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot 30 ^\circ\text{C} + 0,129 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot 10 ^\circ\text{C}}{0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} + 0,129 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g}} \simeq 27,5 \end{aligned}$$

Aunque los dos metales tienen la misma masa, el oro es el que varía su temperatura mayormente, puesto que su calor específico es menor; es decir, se calienta más fácilmente.

- 37** En un recipiente aislado térmicamente se introducen 30 g de cobre a 50 °C con 10 g de un metal desconocido a 5 °C. El equilibrio se alcanza a los 30,33 °C. ¿Sabrías decir de qué metal podría tratarse?

Vamos a determinar el calor específico de la sustancia desconocida. Puesto que el calor específico es una propiedad característica, nos servirá para identificar la sustancia de la que se trata. Establecemos la condición de que el calor cedido por el cobre es igual al calor absorbido por la sustancia desconocida, tal y como hemos explicado en el ejercicio anterior.

$$\begin{aligned} Q_{Cu} + Q_1 &= 0 \rightarrow c_{Cu} \cdot m_{Cu} \cdot (T - T_{Cu}) + c_1 \cdot m_1 \cdot (T - T_1) = 0 \\ 0,385 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 30 \text{ g} \cdot (30,33 - 50) ^\circ\text{C} + c_1 \cdot 10 \text{ g} \cdot (30,33 - 5) ^\circ\text{C} &= 0 \\ -227,2 \text{ J} + 253,3 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot c_1 &= 0 \rightarrow c_1 = \frac{227,2 \text{ J}}{253,3 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C}} \simeq 0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Que corresponde al calor específico del aluminio.

- 38** Determina a qué temperatura se alcanza el equilibrio térmico al poner en contacto 200 g de naranjada a 10 °C con otros 50 g a 5 °C.

El calor cedido por la naranjada a 10 °C será el absorbido por la naranjada a 5 °C. Igualmente que en los ejercicios anteriores:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 &= 0 \rightarrow c \cdot m_1 \cdot (T - T_1) + c \cdot m_2 \cdot (T - T_2) = 0 \\ m_1 \cdot (T - T_1) + m_2 \cdot (T - T_2) &= 0 \rightarrow 200 \text{ g} \cdot (T - 10) ^\circ\text{C} + 50 \text{ g} \cdot (T - 5) ^\circ\text{C} = 0 \\ T &= \frac{200 \text{ g} \cdot 10 ^\circ\text{C} + 50 \text{ g} \cdot 5 ^\circ\text{C}}{(200 + 50) \text{ g}} = 9,0 ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

**39 ¿Qué cantidad de energía necesita absorber un litro de agua para que se evapore por completo?**

El calor que necesita absorber un litro de agua (1 kg) para vaporizarse, es decir, para pasar de líquido a gas, lo determinamos mediante el calor latente de vaporización:

$$Q = L_v \cdot m = 2260 \text{ J/g} \cdot 1000 \text{ g} = 2260000 \text{ J}$$

**40 Si disponemos de 5 g de hierro a la temperatura de fusión, ¿qué cantidad de energía habrá que aportarle para fundirlo completamente?**

Si el hierro ya se encuentra a la temperatura de fusión, el calor que le proporcionemos se invertirá en fundirlo. Utilizamos el calor latente de fusión del hierro.

$$Q = L_f \cdot m = 293 \text{ J/g} \cdot 500 \text{ g} = 146500 \text{ J}$$

**Página 344****41 ¿Qué cantidad de energía se desprende al solidificarse 15 g de plomo líquido estando a la temperatura de fusión?**

Si el plomo líquido ya está a la temperatura de fusión, cuando pierda energía, será para producirse el cambio de estado; se solidificará. En este caso la energía es negativa, y habrá que introducir el signo menos, ya que no se obtiene directamente de la ecuación. Por tanto:

$$Q = -L_f \cdot m = -22,5 \text{ J/g} \cdot 15 \text{ g} = -337,5 \text{ J}$$

**42 Si 4 g de estaño gaseoso se condensan, ¿qué energía desprende? Expresa el resultado en calorías.**

Utilizamos el calor latente de vaporización. Suponemos que los 4 g de vapor de estaño no se van a enfriar, sino que cuando pierdan energía será para cambiar de estado. La energía habrá que ponerla negativa para indicar que el calor es cedido.

$$Q = -L_v \cdot m = -3020 \text{ J/g} \cdot 4 \text{ g} = -12080 \text{ J}$$

En calorías es:

$$Q = -12080 \text{ J} \cdot \frac{4,186 \text{ cal}}{1 \text{ J}} \simeq -2886 \text{ cal}$$

**43 ¿Qué masa de etanol se puede evaporar con una energía de 2000 J?**

Utilizamos el calor de vaporización del etanol.

$$Q = L_v \cdot m \rightarrow m = \frac{Q}{L_v} = \frac{2000 \text{ J}}{846 \text{ J/g}} \simeq 2,4 \text{ g}$$

**44 ¿Qué energía tiene que absorber un cubito de hielo de 8 g para fundirse completamente si su temperatura es de  $-10^\circ\text{C}$ ?**

Dividimos todo el proceso en dos etapas: energía necesaria para calentar el cubito de hielo desde  $-10^\circ\text{C}$  hasta  $0^\circ\text{C}$ , y la energía necesaria para fundir el hielo una vez que se encuentra a la temperatura de fusión.

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 2,114 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 8 \text{ g} \cdot [0 - (-10)]^\circ\text{C} \simeq 169 \text{ J}$$

$$Q_2 = L_f \cdot m = 334 \text{ J/g} \cdot 8 \text{ g} = 2672 \text{ J}$$

El calor total es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 169 \text{ J} + 2672 \text{ J} = 2841 \text{ J}$$

- 45** Determina la energía que desprenden 100 g de agua en estado gaseoso a 110 °C cuando se transforma en hielo a -5 °C.

Dividimos el proceso completo en cinco etapas: el vapor de agua se enfría desde 110 °C hasta 100 °C, que es su temperatura de ebullición, seguidamente el cambio de estado de gas a líquido, a continuación el enfriamiento del agua desde 100 °C hasta 0 °C, ahora la solidificación del hielo, y, por último, el enfriamiento del hielo desde 0 °C hasta -5 °C.

$$Q_1 = c_1 \cdot m \cdot (T - T_0) = 2,080 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 100 \text{ g} \cdot (100 - 110) = -2080 \text{ J}$$

$$Q_2 = -L_v \cdot m = -2260 \text{ J/g} \cdot 100 \text{ g} = -226000 \text{ J}$$

$$Q_3 = c_3 \cdot m \cdot (T - T_0) = 4,186 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 100 \text{ g} \cdot (0 - 100) = -41860 \text{ J}$$

$$Q_4 = -L_f \cdot m = -334 \text{ J/g} \cdot 100 \text{ g} = -33400 \text{ J}$$

$$Q_5 = c_5 \cdot m \cdot (T - T_0) = 2,114 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 100 \text{ g} \cdot (-5 - 0)^\circ\text{C} = -1057 \text{ J}$$

El calor total desprendido es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = -304397 \text{ J}$$

## Motor térmico

- 46** Otras máquinas térmicas son el refrigerador y la bomba de calor. Busca en Internet la diferencia con el motor térmico.

La finalidad de un motor térmico es la de obtener trabajo a partir del calor obtenido de un foco caliente. En esta tarea, como sabemos, es inevitable desprender calor a un foco frío.

Tanto el refrigerador como la bomba de calor funcionan al revés de como lo hace un motor térmico: se les aplica trabajo, absorbiendo energía de un foco frío y expulsándola a un foco caliente. La diferencia entre estos dos, es que la finalidad de un refrigerador es extraer energía del foco frío, mientras que la de la bomba de calor es ceder energía al foco caliente.

- 47** Si el rendimiento del motor térmico del esquema inferior de la izquierda es 0,6 (actividad 48) calcula el calor del foco caliente y el del foco frío de cada ciclo de funcionamiento del motor.

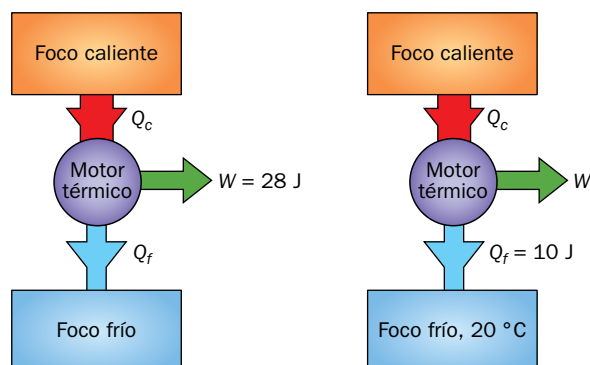
En la figura vemos que por cada ciclo se obtienen 28 J de trabajo útil. Si el rendimiento del motor es 0,6, el calor absorbido del foco caliente es:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow Q_c = \frac{W}{r} = \frac{28 \text{ J}}{0,6} \simeq 46,7 \text{ J}$$

El calor cedido al foco frío es:

$$Q_c = W + Q_f \rightarrow Q_f = Q_c - W = 46,7 \text{ J} - 28 \text{ J} = 18,7 \text{ J}$$

- 48** Si el motor de la imagen inferior de la derecha fuese de rendimiento máximo de valor 0,77, determina la temperatura del foco caliente, así como el calor del foco caliente y el trabajo realizado por el motor en cada ciclo.



Si el rendimiento es de 0,77, podemos escribir:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r \cdot Q_c = 0,77 \cdot Q_c$$

Por el principio de conservación de la energía:

$$Q_c = W + Q_f = 0,77 \cdot Q_c + 10 \text{ J} \rightarrow Q_c = \frac{10 \text{ J}}{0,23} \simeq 43,5 \text{ J}$$

Y por tanto:

$$W = 0,77 \cdot Q_c = 0,77 \cdot 43,5 \simeq 33,5 \text{ J}$$

Nos queda por determinar la temperatura del foco caliente. Si el rendimiento es el máximo posible, entonces:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

Debemos tener la precaución de escribir las temperaturas en kelvin.

$$T_f = 20 + 273,15 = 293,15 \text{ K}$$

Sustituimos:

$$0,77 = 1 - \frac{293,15 \text{ K}}{T_c} \rightarrow T_c = \frac{293,15 \text{ K}}{0,23} \simeq 1275 \text{ K} = 1001^\circ\text{C}$$

**49** ¿Qué rendimiento tiene un motor de Carnot que funciona entre  $500^\circ\text{C}$  y  $10^\circ\text{C}$ ? Si absorbe 20 J del foco caliente en cada ciclo, ¿cuánto se transforma en trabajo útil?

El rendimiento de un motor de Carnot es el máximo posible entre dos temperaturas. En este caso es:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 10) \text{ K}}{(273 + 500) \text{ K}} \simeq 0,634$$

El trabajo útil que se obtiene en cada ciclo es:

$$r_{\text{máx}} = r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r_{\text{máx}} \cdot Q_c = 0,634 \cdot 20 \text{ J} = 12,68 \text{ J}$$

**50** Un motor térmico funciona entre  $900^\circ\text{C}$  y  $0^\circ\text{C}$ . ¿Sería posible que de cada 100 J absorbidos del foco caliente transforme 80 J en trabajo útil?

El rendimiento de este motor sería:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{80 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0,80$$

El rendimiento máximo posible entre estas dos temperaturas es:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 0) \text{ K}}{(273 + 900) \text{ K}} \simeq 0,77$$

Luego no podría ser, ya que el rendimiento máximo posible es 0,77 y si absorbe 100 J y transforma en trabajo útil 80 J significaría que su rendimiento tendría que ser superior (0,80); situación que es imposible.

**51** Un motor con un rendimiento del 22% produce 47 J en cada ciclo. ¿Cuánta energía se desprende al foco frío en cada ciclo?

Un motor cuyo rendimiento sea del 22% quiere decir que  $r = 0,22$ . Utilizando la ecuación de conservación de la energía y la de la definición de rendimiento, podemos determinar el calor que se desprende al foco frío.

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{W}{W + Q_f} \rightarrow Q_f = \frac{W}{r} - W = \frac{47 \text{ J}}{0,22} - 47 \text{ J} \simeq 166,6 \text{ J}$$

- 52** Un motor térmico desprende al foco frío 56 J de cada 84 J que absorbe. ¿Cuál es su rendimiento?

Utilizando la ecuación de conservación de la energía y la de la definición de rendimiento:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{Q_c - Q_f}{Q_c} = \frac{84 \text{ J} - 56 \text{ J}}{84 \text{ J}} \simeq 0,33$$

- 53** Un motor térmico, cuyo foco frío es el exterior a una temperatura 12 °C, produce 78 J de trabajo útil en cada ciclo de cada 200 J absorbidos. Si su rendimiento es el máximo posible, ¿a qué temperatura está el foco caliente?

El rendimiento de este motor es:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{78 \text{ J}}{200 \text{ J}} = 0,39$$

Si sabemos que este rendimiento es el máximo posible, entonces también cumple:

$$r = r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} \rightarrow T_c = \frac{T_f}{1-r} = \frac{(273+12) \text{ K}}{1-0,39} \simeq 467 \text{ K} = 194 \text{ °C}$$

- 54** ¿Sería posible construir un motor térmico que funcionara cíclicamente y que de cada 100 J absorbidos transformara en trabajo útil 99 J? Encuentra una relación entre la temperatura del foco caliente y la del foco frío, expresada en grados Celsius, suponiendo que es una máquina de Carnot.

El rendimiento de este motor sería:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{99 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0,99$$

Si es una máquina de Carnot, su rendimiento es el máximo posible, y la expresión del rendimiento es también:

$$r = r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} \rightarrow T_c = \frac{T_f}{1-r} = \frac{T_f}{1-0,99} = 100 \cdot T_f$$

Esta relación es la que se cumple entre las temperaturas de los focos si expresamos las temperaturas en kelvin. Si las expresamos en grados Celsius, sería:

$$\begin{aligned} T_c &= 100 \cdot T_f \rightarrow T_c (\text{°C}) + 273,15 = 100 \cdot [T_f (\text{°C}) + 273,15] \rightarrow \\ &\rightarrow T_c (\text{°C}) = 100 \cdot T_f (\text{°C}) + 27\,041,85 \end{aligned}$$

- 55** ¿Crees que podría inventarse un motor térmico que tomara energía térmica del mar y la transformara en energía cinética de un barco?

Si el motor del barco tomara energía térmica del mar, significaría que este es el foco caliente. Para que funcione el motor térmico es necesario un foco frío. Luego habría que utilizar energía útil, que habría que sacar de algún sitio, para conseguirlo. El gasto energético de conseguir un foco frío y mantenerlo frío mientras se vierte energía procedente del motor térmico, es mayor que el trabajo que produce el motor. Luego el trabajo neto, es que nos costaría energía, en lugar de obtenerla.

- 56** Busca en Internet información sobre el primer motor de explosión: cuándo comenzó a fabricarse en serie, qué se utilizaba en los vehículos antes de él, el futuro que le aguarda, sus implicaciones medioambientales, etc., y realiza una presentación en el programa informático que desees para poder exponer tus hallazgos al resto de la clase.

Respuesta abierta, donde pretende que los estudiantes hagan una labor de investigación y búsqueda de información así como la familiarización en la utilización de las TIC.

## Degradación de la energía

- 57** En un motor térmico,  $r = 0,2$ , ¿qué porcentaje de energía absorbida se desperdicia en calentar el foco frío?

Un motor térmico cuyo rendimiento sea de 0,2 significa que se aprovecha el 20% de la energía absorbida, el resto, 80%, es energía que no se transforma en trabajo útil y es vertida al foco frío.

- 58** En un ambiente a  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se invierten  $600\text{ J}$  de energía útil, por cada ciclo del motor, para producir un foco caliente a  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  para que un motor térmico funcione entre este foco y el exterior. Si el rendimiento del motor fuese el máximo posible, calcula el trabajo útil en cada ciclo. ¿Qué porcentaje de esos  $600\text{ J}$  se desperdician en calentar el ambiente?

Si el rendimiento del motor es el máximo, entonces es:

$$r = r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 14)\text{ K}}{(273 + 120)\text{ K}} \simeq 0,27$$

Se dispone de  $600\text{ J}$  de energía del foco caliente cada ciclo de motor. De esos  $600\text{ J}$  se transforma en energía útil:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r \cdot Q_c = 0,27 \cdot 600\text{ J} = 162\text{ J}$$

Si el rendimiento es de 0,27, significa que es del 27%, luego el 73% de la energía del foco caliente va al foco frío.

Así, se invierten  $600\text{ J}$  cada ciclo en producir un foco caliente, y de este solo se aprovecha el 27%, el resto se desprende al ambiente exterior.

- 59** Si toda la energía del universo se quedara en forma de energía térmica, ¿por qué sería un universo estático?

Si toda la energía estuviera en forma de energía térmica, el universo estaría en equilibrio térmico consigo mismo; estando todo él a la misma temperatura.

Como hemos visto, la única manera de aprovechar la energía térmica para hacer trabajos útiles, como acelerar un vehículo o elevar un ascensor, es mediante el motor térmico. Pero el motor térmico necesita de fuentes a distinta temperatura. Si todo el universo está a la misma temperatura y no existe ningún otro tipo de energía para producir un foco caliente o un foco frío, es imposible fabricar un motor térmico.

Así, aunque todo el universo esté con la misma cantidad de energía que al principio, no puede existir ningún cambio, ya que eso implica transformaciones energéticas.

- 60** Seguramente hayas visto más de una vez cómo la energía potencial de un cuerpo se transforma en energía térmica; por ejemplo, cuando una manzana cae al suelo y queda parada con una temperatura un poquito mayor que al principio.

¿Has observado alguna vez la transformación energética contraria? Es decir, ¿una manzana que inicialmente está en el suelo, se enfría un poquito y sube hasta una altura? ¿Qué has estudiado con relación a este asunto? Explícalo.

Aunque la energía se conserve (principio de conservación de la energía, o lo que es lo mismo, primer principio de la termodinámica), no tiene siempre el mismo potencial para realizar cambios útiles para nosotros.



El segundo principio de la termodinámica nos dice que no toda la energía térmica disponible en un foco caliente puede transformarse en energía útil. Inevitablemente, hay que transformar el resto de energía en energía térmica, calentando el foco frío.

Hay un enunciado totalmente equivalente del segundo principio de la termodinámica que viene a decirnos que en los cambios que se producen en la naturaleza, siempre aumenta el desorden. Por eso, el movimiento ordenado de las partículas que forman una manzana mientras cae (todas ellas se mueven hacia abajo y con la misma velocidad) se transforma en movimiento desordenado una vez que la manzana golpee el suelo y quede en reposo. Las partículas se mueven a la misma velocidad que tenían justo antes del impacto, pero con un movimiento desordenado de agitación térmica. Así, decimos que la energía cinética de la manzana, se ha transformado en energía térmica.

Esta otra manera del enunciado del segundo principio de la termodinámica nos enseña que no se puede transformar el movimiento desordenado de las partículas de la manzana, en movimiento ordenado, produciendo, por tanto, un desplazamiento de esta. Es decir, no se puede transformar la energía térmica en cinética.