

El placer más noble es el júbilo de comprender
Leonardo da Vinci

CONTENIDOS

- Temperatura
- Escalas termométricas
- Los termómetros
- Dilatación
- Calor
- Calor específico
- Propagación del calor
- Los cambios de estado
- Calor de fusión y calor latente de vaporización

8

CALOR Y TEMPERATURA

Conceptos como los de calor y temperatura forman parte de nuestro lenguaje cotidiano y están presentes en la explicación de muchos fenómenos de la naturaleza. Acercarse a la construcción de estos conceptos científicos permitirá una mejor comprensión del funcionamiento de numerosos aparatos de uso habitual.

Es posible explicar con ellos, por ejemplo, qué ocurre con los cuerpos de distintas temperaturas cuando se ponen en contacto, por qué los materiales generalmente se dilatan al calentarse o cómo puede transmitirse el calor en sólidos, líquidos y gases, entre otros conceptos.

Cuando se habla de las condiciones térmicas de un sistema, es habitual utilizar indistintamente calor o temperatura. Se suele decir, por ejemplo, que el agua para preparar el café está demasiado caliente o que el helado que se saca del congelador está frío, cuando lo

que realmente se intenta expresar es que la temperatura del agua es elevada o que el helado del congelador se encuentra a baja temperatura.

También suele decirse que en verano hace calor o en invierno frío, pero lo que se percibe en realidad no es el calor sino la sensación térmica.

En este capítulo se analizarán las diferencias entre los conceptos de temperatura y calor.





El Glaciar Perito Moreno, Provincia de Santa Cruz.

Temperatura

La palabra temperatura es muy familiar para todos, pero es necesario precisar en términos científicos este concepto para diferenciarlo del concepto de calor.

A nuestro alrededor existen muchos cuerpos u objetos formados por distintos tipos de materiales. Cada uno de estos materiales puede caracterizarse si se analizan sus propiedades. La madera, el plástico, los metales, el cemento, el papel, etc. son distintos tipos de materiales, con diferentes características propias (densidad, punto de fusión, resistencia, etc.). En términos químicos, los materiales pueden clasificarse y estudiarse de acuerdo con los elementos que los componen.

Para analizar las características de un cuerpo o de una sustancia, es necesario conocer ciertos parámetros, o variables de estado, que de alguna forma permiten determinar sus propiedades.

Un cuerpo o una sustancia están formados por **materia**. Ésta a su vez está formada por **partículas** que están en permanente movimiento. Cuanto más rápido se muevan, mayor será la temperatura del cuerpo o de la sustancia.

La **temperatura** es, entonces, una variable de estado de la materia relacionada con la energía cinética promedio de sus partículas.

Conocer la temperatura de un cuerpo o una sustancia, así como también otras variables de estado como la presión, la densidad, el punto de ebullición, la resistencia eléctrica, la resistividad o la conductividad, aporta mayor información sobre sus propiedades físicas. Es importante remarcar entonces, que los cuerpos no tienen calor ni frío, sino una determinada temperatura que los caracteriza, y que si este parámetro varía, pueden modificarse algunas de sus propiedades.

La **temperatura** es una magnitud que se relaciona con la velocidad promedio del movimiento molecular de la materia. Cuanto mayor es el movimiento de sus moléculas, mayor es la energía cinética (energía de movimiento), ya que estas moléculas se trasladan y rotan con mayor rapidez. En este caso, también la temperatura es mayor.

Materiales

Tres recipientes. Agua fría, tibia y caliente.

Procedimiento

1. Tomen los tres recipientes y coloquen cantidades iguales de agua fría en uno de ellos, tibia en otro y caliente en el tercero.
2. Pongan una mano en el agua caliente y otra en el agua muy fría por 30 segundos.
3. Pasen ambas manos al recipiente con agua templada.



Contesten las siguientes preguntas.



1. ¿Cómo se siente el agua en la mano que estaba antes en el agua fría?
2. ¿Cómo se siente el agua en la mano que estaba antes en el agua caliente?
3. ¿Qué pueden decir respecto de la temperatura del agua tibia?

¿Qué es la sensación térmica?

Se denomina **sensación térmica** a la temperatura detectada por la piel de cada persona, frente a determinadas condiciones climáticas que no solo dependen de la temperatura del aire, sino también de la velocidad del viento, y de la humedad o vapor de agua que contiene el aire. Aunque la sensación térmica es una medida muy subjetiva, es posible calcularla y tabularla teniendo en cuenta los parámetros señalados.

La sensación de frío está relacionada con la velocidad de transferencia o intercambio de energía desde la piel expuesta al aire. De esta manera, si la temperatura es baja y hay viento, éste aumenta la disipación de calor del cuerpo, haciendo que la sensación sea la que se experimentaría en un ambiente con una temperatura menor. De igual modo, si hace calor y hay viento, éste contribuye a evaporar más rápidamente la transpiración, provocando la sensación de una temperatura menor que la real. También la humedad del aire es un factor a tener en cuenta. Así, por ejemplo, si la temperatura del aire es 27 °C, la sensación térmica es igual a esa temperatura si la humedad relativa es 40%. Sin embargo, si la humedad aumenta a 80% la persona se siente como si estuviera en un ambiente a 32 °C.

Escalas termométricas

En la vida cotidiana resulta útil conocer la temperatura del aire, ya que brinda información sobre el estado del tiempo y las condiciones climáticas. También puede resultar útil controlar la temperatura corporal en los enfermos, o la temperatura de conservación de algunos alimentos. Para medir la temperatura es necesario disponer de un instrumento llamado **termómetro**. Los termómetros pueden tener distintas escalas que permiten asignar un número a cada estado térmico. Para calibrar un termómetro se deben considerar dos puntos de referencia, llamados **puntos fijos**. Algunas variantes en su determinación son las siguientes.

Escala Fahrenheit

A principios del siglo XVIII, Gabriel Fahrenheit (1686-1736) creó la escala que lleva su nombre. El punto fijo inferior de esta escala corresponde a la temperatura de fusión de una solución de cloruro de amonio en agua, a la que asignó el valor 0 °F. El punto fijo superior corresponde a la temperatura de agua en ebullición a la que asignó el valor 212 °F. Un termómetro así graduado indica que la temperatura de fusión del hielo a presión normal es 32 °F. Esta escala es muy utilizada en algunos países, como los Estados Unidos.

Escala Celsius

En 1743, Anders Celsius (1701-1744) creó la escala Celsius. En esta escala se asignó al punto de fusión del hielo a una temperatura de 0 °C y al punto de ebullición del agua 100 °C, ambos valores a presión normal. Es utilizada en la mayoría de los países de Europa y América latina.

Como en la escala Fahrenheit el punto de fusión del hielo corresponde a 32 °F, se tiene que 0 °C corresponde a 32 °F. Con lo cual, mientras en la escala Celsius el intervalo entre los puntos de fusión y ebullición del agua queda dividido en 100 partes iguales, la escala Fahrenheit divide al mismo intervalo en 180 partes iguales (de 32 °F a 212 °F). Puede deducirse entonces que:

$$\frac{T_c}{100^\circ\text{C}} = \frac{T_f - 32^\circ\text{F}}{180^\circ\text{F}} \Rightarrow T_c = \frac{5^\circ\text{C}}{9^\circ\text{F}} (T_f - 32^\circ\text{F}) \text{ y } T_f = 32^\circ\text{F} + \frac{9^\circ\text{F}}{5^\circ\text{C}} T_c$$

donde T_c es la temperatura medida en la escala Celsius y T_f es la temperatura medida en la escala Fahrenheit.

Escala Kelvin

Fue nombrada así en honor a William Thomson, el que más tarde sería Lord Kelvin (1824-1907), quien a los 24 años creó una escala termométrica de gran uso en muchos países del mundo. Esta escala se calibra en términos de la energía de los cuerpos, de modo tal que existe un límite de la temperatura mínima posible, que corresponde al menor estado térmico que puede alcanzar la materia. A este límite se lo denominó 0 K o cero absoluto.

Las unidades de la escala Kelvin se dimensionan de igual forma que los grados de la escala Celsius; esto significa que una variación de temperatura de diez grados Kelvin es lo mismo que una variación de 10 grados Celsius. Luego, sobre la base de la escala Celsius se asigna 273,15 K a la temperatura de fusión del hielo, es decir 0 °C, y 373,15 K para la temperatura de ebullición del agua, o sea 100 °C. De este modo el 0 K coincide con el -273,15 °C.

Esta escala es la única utilizada por los científicos para desarrollos teóricos y es la que se toma como la unidad de temperatura en el Sistema Internacional de Unidades (SI) y en el Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA). Se representa con la letra K, y no °K.

Se tiene además que:

$$T_K = 273,15 \text{ }^\circ\text{C} + T_C$$

donde T_C es la temperatura medida en la escala Celsius y T_K es la temperatura en la escala Kelvin.

Aplicaciones de las escalas termométricas

1. Un periodista del estado de California en EEUU anuncia el pronóstico del día, y dice que la temperatura máxima será de 50 °F. ¿Aconsejará a los habitantes llevar abrigo?

Para saber si hará frío o no, es necesario transformar la temperatura medida en la escala Fahrenheit a la escala Celsius, para ello, como

$$T_C = \frac{5 \text{ }^\circ\text{C}}{9 \text{ }^\circ\text{F}} \cdot (T_F - 32 \text{ }^\circ\text{F}) = \frac{5 \text{ }^\circ\text{C}}{9 \text{ }^\circ\text{F}} \cdot (50 \text{ }^\circ\text{F} - 32 \text{ }^\circ\text{F}) = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

la temperatura es de 10 °C, es decir, hay que llevar algo de abrigo.

2. La temperatura normal del cuerpo es de 37 °C, ¿cuál es esa temperatura medida en °F?

$$\text{Como } T_F = 32 \text{ }^\circ\text{F} + \frac{9 \text{ }^\circ\text{F}}{5 \text{ }^\circ\text{C}} \cdot T_C, \text{ entonces } T_F = 32 \text{ }^\circ\text{F} + \frac{9 \text{ }^\circ\text{F}}{5 \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 37 \text{ }^\circ\text{C} = 98,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

la temperatura normal del cuerpo es 98,6 °F.

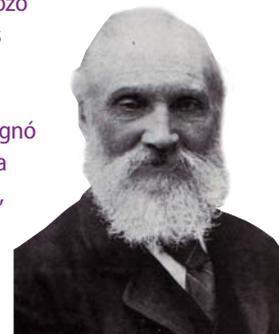
3. La temperatura ambiente del aula es 22 °C. ¿Cuál será la temperatura en la escala Kelvin?

$$\text{Como } T_K = 273,15 \text{ }^\circ\text{C} + T_C, \text{ entonces:}$$
$$T_K = 273,15 \text{ }^\circ\text{C} + 22 \text{ }^\circ\text{C} = 295,15 \text{ K}$$

William Thomson (Lord Kelvin, 1824-1907) fue

uno de los grandes maestros de la termodinámica del siglo XIX. Nació en Belfast y se hizo famoso por sus teorías y rico con sus inventos.

Como físico, esbozó los fundamentos de la teoría de las oscilaciones eléctricas, propugnó la escala absoluta de temperaturas, y repuso la doctrina de la disipación de la energía.



1. La temperatura de una habitación aumenta 6 °C. ¿Cuál fue el aumento medido en las escalas absoluta y Fahrenheit?

2. a. ¿Puede haber algún estado térmico para el que su temperatura en la escala Fahrenheit sea positiva y en Celsius negativa?

b. ¿Hay estados en los que ocurra lo contrario?

3. ¿Cuál es el valor para el cual la temperatura medida en grados Celsius y en grados Fahrenheit está representada por el mismo número?

Los termómetros como el de la imagen permiten medir la temperatura en grados Celsius y en grados Fahrenheit.



Los termómetros

Existen diversos tipos de termómetros que se construyen para fines específicos. Tanto los termómetros clínicos que sirven para medir la temperatura corporal, como las termocuplas que regulan la temperatura de algunos procesos industriales, o los termómetros de alcohol coloreado usados en meteorología, basan su funcionamiento en distintas variables termométricas.

Los termómetros clínicos

Constan de un tubo de vidrio que contiene mercurio (metal líquido de fácil dilatación) con un estrangulamiento cerca del bulbo para impedir que el mercurio descienda a él luego de dilatarse, lo cual facilita la lectura de la temperatura.

La escala de los termómetros clínicos se extiende por lo general desde 35,5 °C hasta 42 °C con una división mínima de la escala de 0,1 °C.



Las termocuplas

Constan de dos alambres de diferentes materiales que están soldados en un extremo, y terminan en una ficha especial en el otro.

Cuando aumenta la temperatura en la unión de los metales, se produce una fuerza electromotriz que se mide con instrumento llamado voltímetro. Si se calibra adecuadamente la escala, se puede establecer una comparación entre el registro del instrumento y la temperatura de la unión entre estos metales.



Los metales utilizados pueden ser aleaciones de níquel-cromo, níquel-aluminio, hierro y cobre, etc. Estos termómetros permiten medir temperaturas dentro de un rango aproximado de -150 °C a 1500 °C.

Los termorresistores

Son termómetros construidos con un material que presenta una significativa variación de su resistencia eléctrica con la temperatura. Los más usuales son los termorresistores de platino, que son alambres finos o láminas delgadas encapsuladas en un material cerámico. Se trata de sensores de gran sensibilidad y especificidad.

Los termómetros de alcohol

Estos termómetros se utilizan en meteorología para medir la temperatura del aire.

Permiten medir temperaturas inferiores a los -39 °C, lo cual resulta ideal para los registros de bajas temperaturas del aire. En estos casos el mercurio se solidifica y es por ello que se usa el alcohol.



Dilatación

Generalmente la variación de temperatura de un cuerpo provoca un cambio en sus dimensiones. Si la temperatura aumenta, se produce un aumento del volumen del cuerpo. En ese caso se dice que el cuerpo sufrió una **dilatación**.

Las amplias variaciones de la temperatura ambiente pueden provocar cambios en casi todos los cuerpos. Éstos se dilatan o se contraen ante un aumento o disminución importante de la temperatura.

Para evitar que estos fenómenos produzcan daños, por ejemplo, en las vías de los ferrocarriles, en las grandes estructuras metálicas o de concreto armado, se dejan **juntas de dilatación** que son simplemente espacios que permiten la expansión de estos materiales.

Los puentes, las calles asfaltadas y otras grandes estructuras se construyen en bloques que se unen entre sí con algún tipo de material, como el alquitrán, que se acomoda o adapta a los espacios libres y no impide la expansión térmica, evitando así, una rotura importante.

Los vidrios comunes pueden romperse fácilmente si se los somete a un aumento de temperatura. Por este motivo, los elementos de un laboratorio, o los que se usan en hornos de cocina, están compuestos por un vidrio especial conocido como **Pyrex** (marca de este tipo especial de vidrios) que soporta más las altas temperaturas. Este material se dilata casi tres veces menos que el vidrio común ante igual variación de temperatura.

No solo los sólidos se dilatan, también este fenómeno se da en los líquidos y gases.

El aumento de la temperatura del aire hace que aumente su volumen y por lo tanto disminuya su densidad. Las masas de aire caliente tienden a elevarse desplazando las masas de aire de menor temperatura.

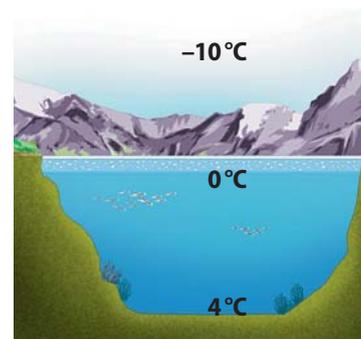


En esta imagen puede verse una junta de dilatación de las vías del ferrocarril.

Dilatación anómala del agua

Generalmente los líquidos se dilatan al aumentar su temperatura, pero el agua se comporta de una manera anómala. Cuando su temperatura aumenta desde 0 °C a 4 °C, se contrae., y más arriba de los 4 °C comienza a dilatarse hasta llegar al punto de ebullición.

Este comportamiento poco habitual del agua es muy importante en la naturaleza ya que si se comportara como los demás líquidos, la vida de las especies acuáticas no sería posible. Por ejemplo, el fondo de un lago se cubriría de gran cantidad de hielo lo cual dificultaría la vida de seres que habitan este ecosistema.



Dilatación de los gases

Materiales

Vaso de precipitados. Agua. Mechero Bunsen. Jeringa.

Procedimiento

1. Coloquen el agua en el vaso de precipitados.
2. Pongan el vaso en contacto con el mechero hasta que el agua llegue al punto de ebullición.
3. Introduzcan la jeringa dentro del

recipiente dejando un poco de aire en su interior.

Contesten las siguientes preguntas.

1. ¿Hacia dónde se desplaza el émbolo de la jeringa luego de unos minutos?
2. ¿Por qué creen que ocurre esto?



El coeficiente de dilatación lineal de un sólido indica cual es la variación de su longitud inicial, por unidad de longitud y por unidad de temperatura. Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$

donde ΔL es la variación de longitud luego de la dilatación, L_0 es la longitud inicial del cuerpo y ΔT la variación de temperatura. La unidad de α es $\frac{m}{m \cdot ^\circ C} = \frac{1}{^\circ C}$ o bien $^\circ C^{-1}$.

Si el coeficiente de dilatación lineal del hierro es $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ C^{-1}$ significa que por cada metro de hierro, este material se dilata $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ cuando su temperatura varía en $1 \text{ }^\circ C$.

Tabla de coeficientes de dilatación lineal de algunos materiales

Material	$\alpha (^\circ C^{-1})$
Concreto	$0,7 - 1,2 \cdot 10^{-5}$
Plata	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Oro	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Invar	$0,04 \cdot 10^{-5}$
Plomo	$3,0 \cdot 10^{-5}$
Zinc	$2,6 \cdot 10^{-5}$
Hielo	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Aluminio	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Latón	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Vidrio	$0,4 - 0,9 \cdot 10^{-5}$
Hierro	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Cuarzo	$0,04 \cdot 10^{-5}$
Acero	$1,2 \cdot 10^{-5}$

Algo más sobre la dilatación

No todas las sustancias dilatan de igual forma frente a un mismo aumento de temperatura. La mayor o menor dilatación depende de distintos factores como por ejemplo las características de cada material, su composición y su estructura molecular o cristalina. Iguales volúmenes de hierro y de vidrio sufren dilataciones distintas frente a un mismo aumento de temperatura. Además, la dilatación de un cuerpo es directamente proporcional a la variación de temperatura y al volumen inicial. En dos cuerpos de distinto volumen e igual material que sufren un mismo aumento de temperatura, se observará mayor dilatación en el cuerpo de mayor volumen inicial.

Lo expuesto se puede resumir en la siguiente expresión matemática que permite el cálculo de la dilatación de un cuerpo:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

donde ΔV es la variación del volumen producida durante la dilatación, V_0 es el volumen inicial, es decir el volumen del cuerpo antes de este fenómeno, γ es el coeficiente de dilatación, que depende de cada material, y ΔT variación de temperatura que sufre el cuerpo.

Muchas veces se considera una sola dimensión para los cálculos de dilatación. Por ejemplo puede resultar necesario conocer las variaciones de la longitud del cuerpo que prevalece sobre otras de sus dimensiones. Por esto se habla de la dilatación lineal de los cuerpos.

La expresión matemática para el cálculo de la dilatación lineal es:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

donde ΔL es la variación de longitud producida durante la dilatación, L_0 es la longitud inicial, α es el coeficiente de dilatación lineal y ΔT es la variación de temperatura.

La dilatación térmica de algunos materiales se aprovecha para fabricar termostatos que son unos aparatos diseñados para el control de variables o procesos dependientes de la temperatura. Pueden encontrarse en planchas, calventores, radiadores, etc.

Los termostatos están contruidos por bandas o cintas bimetalicas formadas por la unión o soldadura de dos láminas de metales distintos. Cuando la cinta se calienta, uno de los metales dilata más que el otro, y esto hace que la banda se flexione en forma de curva. En cambio, cuando se enfría, vuelve a la posición inicial. Este movimiento de las bandas puede accionar por ejemplo una válvula o cerrar un interruptor de suministro de energía eléctrica.



Aplicaciones del coeficiente de dilatación lineal

¿En cuánto se incrementa la longitud de una barra de hierro de 100 m de largo cuando su temperatura aumenta 15 °C?

En el lateral de la página 146 se puede observar que el coeficiente de dilatación lineal del hierro es de $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, por lo tanto:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T = 100 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 15 \text{ }^\circ\text{C} = 0,018 \text{ m} = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Cuando la temperatura aumenta 15°C la barra de hierro de 100 m aumenta entonces 0,018 m.

Calor

Las personas suelen decir frases como las siguientes ;*Qué caliente que está el agua!*, ;*Hoy hace mucho calor, hay más de 30 grados!*, *Cerremos la ventana que entra frío*, *El calor hizo que la puerta de hierro se hinchara*, *El calor de la estufa subió a las habitaciones de la parte superior de la casa*, etc. Si bien forman parte de un lenguaje cotidiano, estas expresiones tienen poca precisión científica, y es necesario aproximarse a una definición de los conceptos físicos que permita interpretar y diferenciar el significado de cada término que se utiliza desde el lenguaje científico.

Cabe señalar que algunas de estas manifestaciones personales están muy próximas a las ideas científicas que se manejaron sobre el calor entre mediados del siglo XVIII y las primeras décadas del siglo XIX, bajo la teoría del calórico.

El calor era considerado como un fluido material, llamado **calórico** que estaba en el interior de los cuerpos. Esta especie de sustancia capaz de pasar desde los cuerpos de mayor temperatura a los de menor temperatura, explicaba el enfriamiento de los cuerpos por pérdida del calórico, y calentamiento por su ganancia.

Las primeras críticas de la teoría del calórico, que ponen en duda la existencia de dicho fluido, surgen cuando en 1798 Benjamin Thompson (1753-1814), conde de Rumford y ministro de Guerra de Baviera, observó que al taladrar grandes piezas de metal para fabricar cañones, se desprendían importantes cantidades de calor por frotamiento. El conde dudó de la existencia del calórico, pues si se trataba de una sustancia debería acabarse en algún momento de ese proceso de frotamiento, sin embargo, esto no ocurría.

Mucho tiempo después, las ideas del calórico como sustancia en movimiento fueron sustituidas por una nueva concepción científica, que plantearía la posibilidad de unificar los fenómenos mecánicos, luminosos, eléctricos, magnéticos, térmicos, y químicos bajo el concepto de **energía**.

El calor como intercambio de energía

Todos los cuerpos o sistemas materiales tienen asociada una **energía interna** que permite conocer y caracterizar sus propiedades. El **calor** es una forma de intercambio de energía desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura.

Por ejemplo, cuando se deja olvidada una taza con café recién preparado sobre la mesa de la cocina, luego de un cierto tiempo se enfría dado que entre el café y el aire que rodea la taza se produjo un intercambio de energía. El café recién preparado a mayor temperatura que el aire del ambiente que rodea a la taza transfirió energía (en forma de calor) al medio.

■ Todos los cuerpos tienen asociada una cierta energía interna como consecuencia del movimiento de sus partículas. Esta energía interna puede variar cuando se intercambia energía con el medio o con otros cuerpos. Si dos o más cuerpos a distintas temperaturas se ponen en contacto térmico, intercambian espontáneamente energía en forma de calor. Así el **calor** es una forma de transferencia de energía, aunque existen otras maneras de intercambio de energía no asociadas a las diferencias de temperaturas, sino a las fuerzas y a las ondas electromagnéticas. Estas dos formas se denominan respectivamente, **trabajo y radiación**.

Una forma de intercambiar energía entre dos cuerpos o sistemas materiales es por calor. Siempre que dos o más cuerpos que se encuentran a distintas temperaturas se ponen en contacto térmico, se produce un intercambio de energía en forma de calor. En los fenómenos espontáneos este proceso continúa hasta que dichos cuerpos alcanzan el **equilibrio térmico**, es decir igualan sus temperaturas.

Los cuerpos no tienen frío o calor sino que poseen cierta energía interna que puede variar, por ejemplo cuando entran en contacto con otros cuerpos de diferentes temperaturas.

Otras formas de intercambio de energía

Además del calor, existen otras dos formas básicas de transferencia de energía.

Por trabajo

Si una persona empuja una mesa, ejerce una fuerza sobre la mesa, de tal manera que logra desplazarla de su posición inicial. Se produce un intercambio de energía entre la persona y la mesa. La mesa aumenta su energía cinética ya que la persona le transfiere cierta cantidad de energía como consecuencia de ejercer una fuerza sobre dicha mesa. Se dice que los cuerpos intercambiaron energía por trabajo cuando interactúan entre sí mediante fuerzas.



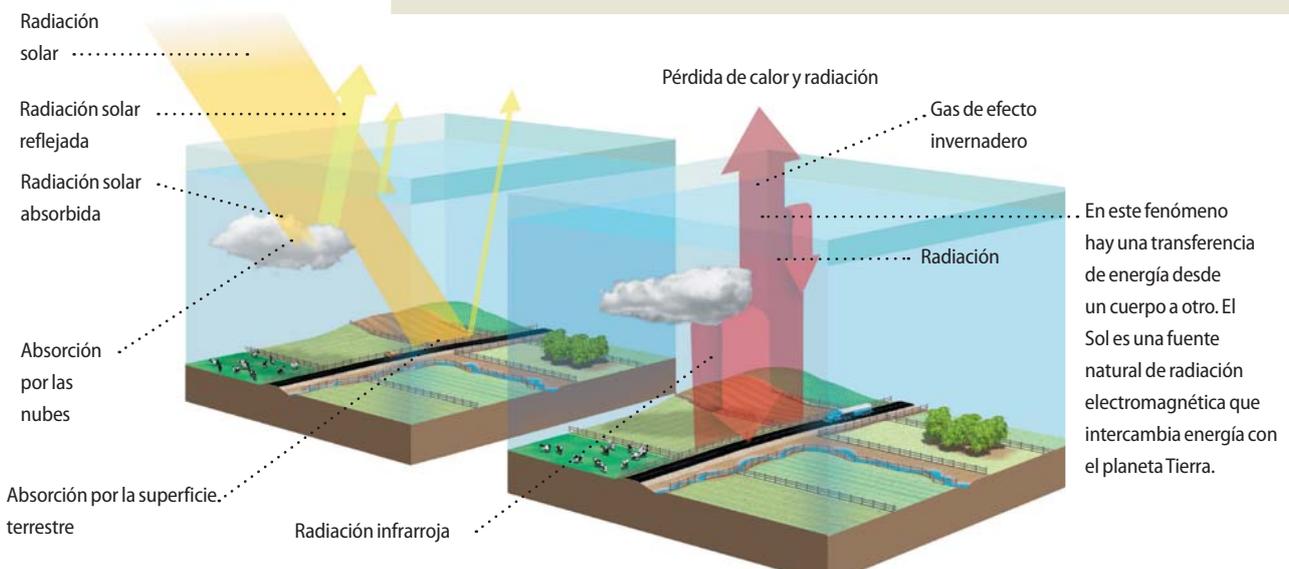
Por radiación

Cuando una señal que transporta información llega a una antena como, por ejemplo, la señal satelital que receptiona la antena de un celular, se produce un intercambio de energía, pero en este caso no hay acción de fuerzas ni calor.

La radiación emitida por una fuente emisora es captada por un receptor que decodifica la señal según el tipo de información que se transmite. En este caso, la energía se transfiere desde la fuente al receptor por ondas electromagnéticas que se caracterizan porque no necesitan un medio material de propagación. A diferencia de las ondas mecánicas, pueden hacerlo en el vacío.



● La Tierra absorbe el 70% de la energía que proviene del Sol. Parte de esta energía es absorbida por el suelo, y parte por los gases de la atmósfera. A su vez, el suelo terrestre emite también radiación que en parte es reflejada por algunos gases presentes en la atmósfera, lo que genera el efecto invernadero.



Calor específico

Las sustancias tienen distintas capacidades de absorber energía en forma de calor, ya que frente a la misma cantidad de calor, sus temperaturas varían en formas diferentes.

Por ejemplo, si se entrega igual cantidad de calor a una cuchara de aluminio y a una masa equivalente de agua, al cabo de un cierto tiempo se podrá observar que la cuchara registra un mayor aumento de temperatura que el agua.

Las sustancias tienen capacidades distintas de almacenamiento de energía, y esto es muy evidente con los alimentos.

Si se colocan en un horno al mismo tiempo una fuente de papas y una cantidad de masa equivalente de pollo, se advierte que las papas tardan más tiempo en llegar a la temperatura en equilibrio. Esto ocurre porque diferentes sustancias requieren distintas cantidades de calor para alcanzar una misma temperatura. Se dice que estos alimentos tienen distintas capacidades caloríficas específicas o calores específicos.

El **calor específico** o **capacidad calorífica específica**, c , de una sustancia es la cantidad de calor necesaria para variar su temperatura en una unidad por unidad de masa. Por ejemplo, el calor específico del agua es $1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$, lo que significa que cada gramo de agua necesita intercambiar una caloría para variar su temperatura un grado Celsius. El agua tiene una mayor capacidad de almacenar energía que muchas otras sustancias. Por tal razón, una pequeña masa de agua absorbe una gran cantidad de calor, con un aumento relativo de temperatura bastante pequeño. Por el mismo motivo se puede explicar que el agua se enfría más lentamente que otras sustancias. Es por esto que el agua se usa como refrigerante en muchas maquinarias o sistemas, como por ejemplo los automóviles.

Calorimetría

Se denomina **calorimetría** a la medición y el cálculo de las cantidades de calor que intercambia un sistema.

Intuitivamente se sabe que cuanto mayor sea la cantidad de calor suministrada, el cuerpo alcanzará una mayor variación de la temperatura. Es posible verificar experimentalmente que entre el calor y la temperatura existe una relación de proporcionalidad directa. La constante de proporcionalidad depende tanto de la sustancia que constituye el cuerpo como de su masa, y resulta el producto del calor específico por la masa del cuerpo.

Por lo tanto la ecuación que permite calcular intercambios de calor es:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

donde Q es el calor intercambiado por un cuerpo de masa m , constituido por una sustancia cuyo calor específico es c , siendo ΔT la variación de temperatura experimentada

Por convención, se adopta el signo positivo para Q cuando la variación de temperatura es mayor que cero, es decir cuando el cuerpo aumenta su temperatura. En caso contrario, cuando la variación de temperatura es menor que cero, el cuerpo disminuye su temperatura y el signo de Q será negativo.

Es decir que la cantidad de calor que intercambian dos cuerpos del mismo material, pero de masas diferentes, para variar de igual manera sus temperaturas, depende de sus masas.

Por ejemplo, si se entrega la misma cantidad de calor a 500 g de agua y luego a 1000 g de agua que inicialmente se encuentran a temperatura ambiente, se espera que la variación de temperatura de la masa menor de agua sea mayor que la correspondiente a la masa mayor de agua.

La unidad elegida para medir la cantidad de energía es el **joule**, J , aunque existe otra unidad muy utilizada, la **caloría (cal)** que se define como la cantidad de calor necesario para que un gramo de agua pura pase de $14,5^\circ\text{C}$ a $15,5^\circ\text{C}$. En alimentación y nutrición se suelen usar mucho las calorías para medir el valor energético de los alimentos. Se utiliza la Cal (escrita con mayúscula) donde:

$$1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

La relación entre los joules y las calorías es la siguiente:
 $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$, o bien $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$

Algunos cálculos de calorimetría

Es importante tener en cuenta que en esta transferencia se cumple el Principio de Conservación de la Energía ya que se puede afirmar que:

Si dos cuerpos o sistemas aislados intercambian energía en forma de calor, la cantidad recibida por uno de ellos es igual a la cantidad cedida por el otro cuerpo.

Es decir, la energía total intercambiada se conserva. Esto se puede escribir matemáticamente de la siguiente forma $\Sigma Q = 0$.

Si se consideran dos cuerpos de masas diferentes m_1 y m_2 que se encuentran a diferentes temperaturas T_1 y T_2 respectivamente y se colocan en contacto térmico, al cabo de un tiempo equiparán sus temperaturas a una cierta temperatura final T_f , es decir, alcanzarán el **equilibrio térmico**. En este intercambio se cumple el principio de conservación de la energía, es decir, la cantidad de energía que absorbe un cuerpo es igual a la cantidad de energía que cede el otro, por lo cual se puede escribir que:

$$Q_2 = -Q_1 \quad \text{que es lo mismo que escribir que: } c_2 \cdot m_2 \cdot (T_f - T_2) = -c_1 \cdot m_1 \cdot (T_f - T_1)$$

La temperatura final alcanzada luego del intercambio es:

$$T_f = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot T_2}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2}$$

Aplicación de cálculos calorímetros

1. Se colocan 500 gramos de agua líquida a 10 °C en un calorímetro ideal (se desprecia el intercambio de calor del calorímetro) y se la mezcla con 1000 gramos de agua a 70 °C. Calculen la temperatura de equilibrio de esta mezcla.

Como

$$T_f = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot T_2}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2}$$

entonces,

$$T_f = \frac{500 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ } ^\circ\text{C} + 1000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot 70 \text{ } ^\circ\text{C}}{1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \cdot (500 \text{ g} + 1000 \text{ g})}$$

Se obtiene como resultado:

$$T_f = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura de equilibrio de la mezcla es de 50 °C.

Un **calorímetro** es un recipiente adiabático o térmicamente aislado en el que se puede calcular la cantidad de energía en forma de calor que se intercambia cuando se colocan en contacto térmico sustancias de diferentes masas y a diferentes temperaturas. También puede utilizarse para calcular el calor específico de una determinada sustancia.



2. Calculen la cantidad de calor necesaria en kcal y J que deben ceder 1500 gramos de agua que se encuentra en su punto de ebullición para disminuir su temperatura hasta 20 °C.

Como $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ entonces:

$$Q = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1500 \text{ g} \cdot (20^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}) = -120\,000 \text{ cal} = -120 \text{ kcal}$$

Como además $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ entonces $-120\,000 \text{ cal} = -120\,000 \cdot 4,18 \text{ J} = -501,600 \text{ J}$. Es decir, la cantidad de calor necesaria es -120 kcal o $-501,600 \text{ J}$.

3. ¿Cuál será el aumento de temperatura de una barra de 3 kg de hierro si se coloca en un horno industrial que le suministra 30 kcal? Consulten la tabla de calores específicos.

Como $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$, si se despeja ΔT se obtiene que:

$$\Delta T = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{30\,000 \text{ cal}}{0,113 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot 3000 \text{ g}} = 88,5^\circ\text{C}$$

porque $Q = 30 \text{ kcal} = 30\,000 \text{ cal}$, $m = 3 \text{ kg} = 3000 \text{ g}$ y en la tabla de calores específicos, se observa que el calor específico del hierro es de $0,113 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

Luego, la variación de temperatura es aproximadamente $\Delta T = 88,5^\circ\text{C}$.

4. Calculen el calor específico de una sustancia que constituye un cuerpo de 20 g de masa, sabiendo que para elevar su temperatura 6 °C se necesitan 96 cal.

Como $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$, si se despeja c , se obtiene:

$$c = \frac{Q}{\Delta T \cdot m} = \frac{96 \text{ cal}}{6^\circ\text{C} \cdot 20 \text{ g}} = 0,8 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$$

5. El sistema de refrigeración de un camión contiene 20 litros de agua. ¿Cuál es la variación de la temperatura del agua si se debe extraer una cantidad de energía en forma de calor de 836 000 J?

La energía extraída en forma de calor por el sistema refrigerante pasa al agua. Como $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$ entonces $836\,000 \text{ J} = 836\,000 \cdot 0,24 = 200\,640 \text{ cal}$.

Por otro lado, $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$, con lo cual si se despeja ΔT se obtiene:

$$\Delta T = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{200\,640 \text{ cal}}{1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot 20\,000 \text{ g}} = 10^\circ\text{C}$$

La temperatura del agua aumenta en 10°C .

Tabla de calores específicos de algunas sustancias

Sustancia	$c \left(\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$
Agua	1,00
Agua de mar	0,945
Aire	0,000053
Alcohol	0,58
Aluminio	0,212
Arena	0,20
Bronce	0,092
Cobre	0,093
Hielo	0,55
Hierro	0,113
Lana de vidrio	0,00009
Latón	0,094
Mercurio	0,033
Oro	0,031
Plata	0,060
Plomo	0,031
Vidrio	0,199
Zinc	0,092

Determinación del calor específico de un metal



Determinación del calor específico de un metal

Materiales

Un termo o sistema aislado (como los recipientes para conservar la comida) con un termómetro. 200 g de agua a temperatura ambiente, por ejemplo 20 °C. 70 g de cobre o de algún otro metal. Un calentador eléctrico de inmersión de 500/600W. Un recipiente de vidrio (tipo Pyrex). Pinzas de madera. Vasos de precipitado o probetas graduadas. Una balanza.

Procedimiento

1. Midan con la balanza la masa de agua a temperatura ambiente necesaria para realizar este experimento.
2. Coloquen el agua a temperatura ambiente dentro del termo.

3. Midan, usando la balanza, la masa del trozo de cobre.

4. Calienten el trozo de cobre dentro de un recipiente de vidrio (tipo Pyrex) con agua hasta 100 °C, en ese caso el cobre tendrá la misma temperatura.

5. Extraigan con las pinzas de madera rápidamente la masa de cobre y colóquenla dentro del termo con el agua a temperatura ambiente.

6. Mezclen los contenidos del termo para asegurarse la obtención de una temperatura uniforme.

7. Efectúen la lectura de la temperatura de equilibrio.

8. Realicen los cálculos necesarios para obtener el calor específico del cobre.

Contesten las siguientes consignas.

a. Expliquen en términos físicos qué sucedió en esta mezcla de sustancias dentro del termo.

b. ¿Qué calor específico obtuvieron?

c. Comparen con la tabla de valores aportada en este capítulo. ¿Coincide con el registrado?

d. Si no coincide, ¿a qué factores atribuyen las diferencias entre los resultados obtenidos?

e. ¿Cómo podrían mejorar estos resultados? Propongan algunas hipótesis para optimizar el diseño experimental.

4. En un calorímetro hay 200 g de agua a 20 °C. Se agregan 100 g de agua y se obtiene una temperatura de equilibrio de 30 °C. Calculen la temperatura de la masa de agua agregada.

5. Se toma un trozo de 50 g de un metal desconocido a 100 °C y se lo coloca en un calorímetro en el que hay 150 g de agua a 20 °C. El sistema llega a una temperatura de equilibrio de 25,3 °C. A partir de los datos de la tabla de la página 151 determinen de qué metal podría ser el trozo analizado.

6. Se colocan dentro de un horno de microondas dos vasos idénticos. Uno contiene 100 g de agua y el otro 100 g de alcohol, ambos a una temperatura de 15 °C. Al hacer funcionar el horno durante medio minuto, suministra a cada uno de ellos 1500 calorías. Determinen las temperaturas finales del agua y del alcohol.

7. Se colocan en un horno dos cubos de iguales masas, uno de aluminio y el otro de plomo, a iguales temperaturas de 20 °C. Al encenderse el horno, ¿cuál de ellos alcanzará primero la temperatura de 150 °C? Justifiquen su respuesta.

Propagación del calor

La transmisión de energía por diferencia de temperatura entre cuerpos o sistemas que interactúan entre sí se produce a través de diferentes procesos como la conducción, o la convección.

Conducción

Si se coloca un extremo de una cuchara de aluminio en contacto con una hornalla encendida de la cocina rápidamente se advierte que el calor se transmite hasta el otro extremo.

En el sector de la cuchara en contacto con el fuego se produce un aumento de la temperatura, que hace que las partículas comiencen a vibrar con mayor energía cinética (energía de movimiento), y esta energía se transfiere a las restantes partículas de la región de menor temperatura.

Esta transferencia de energía sin desplazamiento de materia desde zonas de un cuerpo que se encuentra a mayor temperatura a las de menor temperatura se denomina **conducción**.

Algunos materiales presentan la propiedad de ser mejores **conductores** del calor que otros. Los malos conductores del calor se denominan **aislantes** (aunque cabe aclarar que la aislación nunca es perfecta).

Los metales en general son mejores conductores del calor que otros materiales como la madera, el vidrio, el corcho, el telgopor, etc.

Es por eso que, por ejemplo, se suele usar madera en los mangos de los utensilios de cocina para minimizar la transferencia de calor y evitar quemaduras en la piel.

Se denomina **conducción** a la transferencia de energía sin desplazamiento de materia de un cuerpo que se encuentra a mayor temperatura a otro que se encuentra a menor temperatura.

Se llama **aislantes** a los materiales que son malos conductores de calor.

El corcho, el telgopor, la lana de vidrio son utilizados en las construcciones de viviendas como aislantes del calor y para mantener una temperatura ambiente agradable. Algunos de estos materiales son bastante porosos, lo que implica que tienen espacios con mayor cantidad de aire que es un buen aislante.



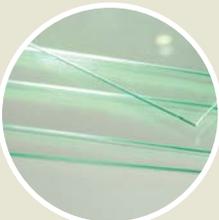
Lana de vidrio



Corcho



Telgopor



Vidrio

También algunas prendas de abrigo, como las camperas o los cubrecamas, utilizan dos recubrimientos, entre los cuales se colocan algunos materiales porosos como goma espuma, plumas, telas entramadas que contienen una buena cantidad de aire que permite la aislación térmica del medio.



Algunos materiales conducen el calor con mayor facilidad que otros, así los metales tienen alta conductividad térmica comparada, por ejemplo con la capacidad de transmitir el calor de la madera, algunos plásticos, cerámicas, etc. La conductividad térmica del cobre es de $330 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{K}$, la de la madera es de $0,1$ a $0,3 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{K}$ y la del telgopor $0,03 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{K}$.

¿De qué factores depende la transferencia de calor por conducción en los materiales sólidos? ¿Se puede calcular?

No todos los materiales conducen el calor de igual forma. La conductividad térmica es una medida de la capacidad de conducir el calor de cada material.

Cuando una persona se encuentra en una habitación cuya temperatura ambiente es, por ejemplo, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y toca con una mano un cenicero de cobre y con la otra un mantel, tiene la sensación de que el cenicero está más frío que el mantel. Esto



ocurre dado que como el cobre es un buen conductor térmico, el calor entregado por la mano a la zona de contacto del material se transmite rápidamente al resto del objeto. En cambio, como el mantel no es un buen conductor térmico, cuando se lo toca, la transferencia de calor al resto del material es muy lenta; la temperatura de la zona de contacto aumenta hasta equipararse con la piel y esto da la sensación de estar más caliente.

El cálculo es, por lo general, complicado. Pero si la transferencia de calor se produce en una sola dirección y la temperatura varía solo en esa dirección, se simplifica. Por ejemplo, si se considera un vidrio plano (como el de una ventana) se puede conocer qué cantidad de

energía transferida a través del vidrio va desde la superficie o cara de mayor temperatura hacia la de menor temperatura. Para esto es necesario tener en cuenta el tipo de vidrio, ya que no todos tienen la misma conductividad térmica.

La cantidad de calor que se transmite por unidad de tiempo en este caso se puede simbolizar mediante la siguiente expresión matemática:

$$\frac{Q}{\Delta\tau} = K \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

donde τ es el tiempo (para no confundirlo con T de temperatura) $\frac{Q}{\Delta\tau}$ es la cantidad de calor transmitida a través del vidrio por unidad de tiempo; K es el coeficiente de conductividad térmica, que depende del material, en este caso del vidrio; S es la superficie perpendicular a la dirección de propagación, y $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ la variación de temperatura entre las caras dividida por el espesor del vidrio.



Se puede decir entonces que la cantidad de calor que atraviesa por unidad de tiempo una placa de vidrio, es mayor cuanto mayor sea la superficie considerada y la variación de temperatura entre sus caras, y cuanto menor sea el espesor o distancia entre dichas caras.

Convección

Se si desea colocar estufas en las habitaciones de una casa para calefaccionarla hay que decidir cuál es el lugar más adecuado para que se aproveche la energía de la mejor manera posible.

Es necesario tener en cuenta no solo las dimensiones de las habitaciones que se desean calefaccionar sino también el fenómeno físico que se denomina transmisión de calor por **convección**.



La masa de aire cercana a la estufa aumenta su temperatura, por lo cual el aire se torna menos denso que el resto de aire alejado de la estufa.

Se origina así, un movimiento ascendente y descendente de la masa de aire y se generan las denominadas **corrientes convectivas** con un permanente desplazamiento de materia.

Este fenómeno se puede observar también en las capas de aire que rodean la Tierra que provocan cambios climáticos según sus características. Estas masas de aire pueden ser más cálidas en ciertas zonas que en otras, más húmedas (por contener mayor cantidad de

vapor de agua), más secas, de mayor o menor presión.

La temperatura del aire puede ser influida por la propiedad de la superficie terrestre, hecho que es muy relevante para algunos estudios meteorológicos.

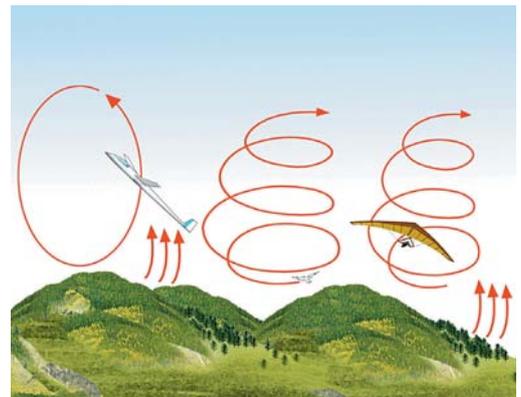
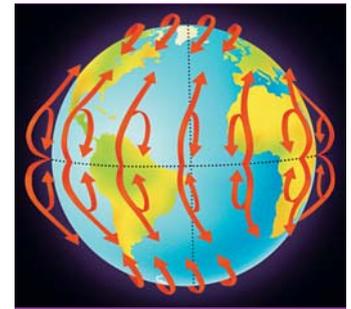
Estas corrientes convectivas que naturalmente se forman en la atmósfera son factores que tienen en cuenta por ejemplo las aves, los aladeltistas, y otros deportistas que aprovechan las condiciones del aire para elevarse. Esto ocurre dado que al encontrarse con una masa de aire caliente ascienden con más facilidad, y de esta forma "ahorran" energía y pueden mantenerse en vuelo planeando sin tanto esfuerzo.

La convección se produce tanto en los gases como en los líquidos.

Es sencillo observar que cuando se calienta agua en algún recipiente

de vidrio transparente, se produce un movimiento ascendente desde la parte inferior, en contacto con la llama de fuego hacia la parte superior del recipiente.

La masa líquida de mayor temperatura se dilata, por lo que disminuye su densidad, asciende dentro del recipiente y tiende a desplazar hacia la parte inferior a la masa de agua líquida de menor temperatura.



¿Otra forma de transmisión del calor?

Algunos científicos consideran que más que una forma de transmisión del calor, la **radiación**, a la que ya se ha hecho referencia anteriormente, implica una manera de intercambio de energía más general.

Esta transferencia de energía no se da por intercambio de calor entre cuerpos que se encuentran a distintas temperaturas, ni por trabajo. Involucran transferencias de energía por medio de ondas electromagnéticas. Así por ejemplo, entre dos antenas se transfiere energía por radiación.



¿El agua es un buen conductor térmico?

Materiales

Tubo de ensayo. Trocitos de hielo. Una moneda. Agua. Mechero o calentador.

Procedimiento

1. Coloquen en el tubo de ensayo los trocitos de hielo cubiertos por la moneda.

2. Agreguen un poco de agua.

3. Acerquen la parte superior del tubo al mechero o calentador.

Resuelvan las siguientes consignas.

a. ¿Qué ocurre cuando el agua hierve?

b. Describan este fenómeno en términos físicos.

Corrientes convectivas en líquidos

Materiales

Agua. Recipiente. Trocitos de tiza de color o yerba mate. Mechero o calentador.

Procedimiento

1. Coloquen agua en un recipiente.

2. Agreguen trocitos de tiza de color o un poco de yerba mate.

3. Coloquen el recipiente al fuego

hasta que hierva el agua.

Resuelvan las siguientes consignas

a. ¿Qué ocurre cuando el agua hierve?

b. Describan este fenómeno en términos físicos.



Transmisión de energía por radiación

Materiales

Dos latitas de gaseosa vacías. Un poco de agua. Pintura o cartulina negra. Mechero o calentador. Termómetro.

Procedimiento

1. Tomen una de las latas y píntenla de negro o fórrenla con la cartulina negra.

2. Anoten la temperatura inicial del agua.

3. Coloquen la misma cantidad de agua en las dos latas.

4. Pongan a calentar las dos latas a igual distancia del fuego.

5. Controlen la temperatura del agua en cada lata cada 10 minutos.

Resuelvan las siguientes consignas.

a. ¿Coinciden los registros de temperatura de ambas latas?

b. ¿Por qué? Justifiquen su respuesta.



Los cambios de estado

Los materiales se presentan básicamente en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Estos estados no son una característica invariable de los cuerpos ya que pueden modificarse, por ejemplo si se varía la temperatura y la presión a la que están sometidos dichos cuerpos. Por ejemplo, se puede fundir hierro si se lleva su temperatura a más de 1500 °C.

Una característica de los líquidos es la relativa libertad de movimiento de sus moléculas. Si se suministra calor a un líquido y se logra aumentar la temperatura, también aumentará el movimiento de sus moléculas, las que pueden escapar de la superficie líquida. Este proceso que se da en la superficie del líquido se llama **evaporación** y puede ocurrir a cualquier temperatura.

A medida que aumenta la temperatura se modifica la estructura de enlace entre las moléculas. Ellas no pueden mantenerse lo suficientemente cerca entre sí para que la sustancia continúe líquida, lo que provoca que las moléculas escapen aún más fácilmente al aire. Este es el fenómeno de **ebullición**, y es conveniente resaltar que la temperatura en la que este proceso ocurre, llamada **temperatura de ebullición**, se mantendrá estable en determinadas condiciones de presión.

Todo este proceso corresponde al cambio de estado denominado **vaporización**.

Cada sustancia tiene su propio punto de ebullición, punto de fusión y punto de solidificación que corresponden a las temperaturas y presiones en que se producen los cambios de estado.

El ciclo del agua, o ciclo hidrológico

Es muy común ejemplificar los cambios de estado con el agua, para lo que suele aprovecharse el llamado **ciclo hidrológico** o **ciclo del agua**, que se produce en la naturaleza y en el que se diferencian los siguientes fenómenos.

■ El agua se evapora continuamente, pasando de estado líquido a gaseoso.

■ Las nubes están formadas por pequeñas gotas de agua líquida que ascienden por las corrientes de aire.

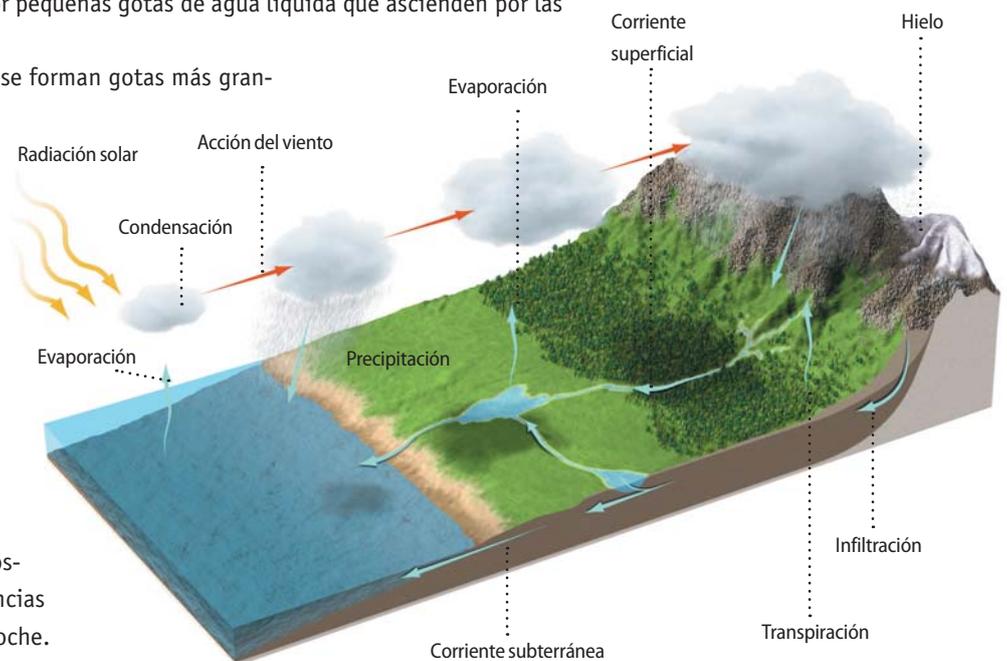
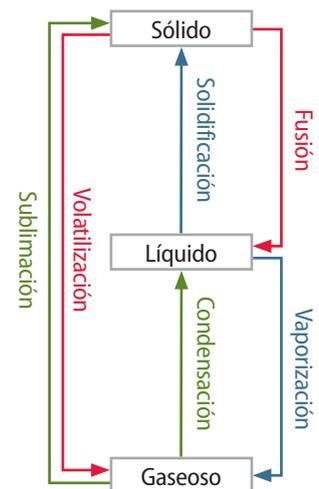
■ La lluvia se produce cuando se forman gotas más grandes que precipitan.

■ La nieve y el granizo se forman cuando la temperatura es muy baja y se solidifican las gotas de agua líquida.

■ La niebla se produce en lugares con altos porcentajes de humedad y trae aparejada una disminución en las temperaturas.

■ El rocío o la escarcha se producen por la condensación o solidificación del agua de la atmósfera debido a las marcadas diferencias de temperatura entre el día y la noche.

Las posibles transformaciones de un estado a otro son las siguientes:



Calor de fusión y calor latente de vaporización

Cada cambio de estado se acompaña de un intercambio de energía entre el sistema y el medio exterior. Por ejemplo, se necesita energía para fundir el hielo. De esta forma se pueden contrarrestar los efectos de las fuerzas que mantienen las moléculas de agua en posición fija en el sólido.

Si las moléculas de un sólido absorben suficiente energía, es posible que las fuerzas de atracción entre moléculas ya no puedan mantener su unión, entonces se produce el pasaje de estado sólido a líquido.

La vaporización también necesita energía, y sucede algo similar con las fuerzas de atracción que mantienen las moléculas cercanas entre sí en la superficie del líquido.

Un aumento de energía puede ocasionar que las moléculas escapen del líquido para transformarse en moléculas de vapor.

En la medida en que aumentan las fuerzas intermoleculares, la cantidad de energía necesaria para generar un cambio de fase también se incrementa.

En otros casos, para poder cambiar de estado, el sistema tiene que ceder energía al medio. Por ejemplo, el agua líquida debe ceder calor al medio para solidificarse.

Se denomina **calor latente de vaporización** a la energía intercambiada por unidad de masa para producir ese cambio de estado.

Por ejemplo, cada gramo de agua líquida a 100 °C y presión normal debe absorber 540 cal para convertirse en un gramo de agua en estado de vapor a la misma temperatura.

La evaporación se acompaña de un efecto de enfriamiento: en la medida que el agua se evapora absorbe calor del cuerpo del cual se evapora.

El alto calor latente de vaporización del agua, 540 cal/g, permite el enfriamiento de las plantas por evaporación, desde la superficie foliar, las que reciben gran cantidad de calor por efecto de la radiación solar. La transpiración es un importante fenómeno en la regulación de la temperatura de muchos seres vivos.

El calor latente de fusión del hielo es de 80 cal/g, esto significa que cada gramo de hielo a 0 °C debe absorber 80 cal para convertirse en un gramo de agua líquida a 0 °C.

De manera análoga, al ceder 80 cal cada gramo de agua líquida se transforma en hielo sin modificarse la temperatura.

Se puede decir que el calor latente l indica una medida de la cantidad de calor por unidad de masa que se necesita para cambiar de estado sin modificar la temperatura.

Esto puede expresarse mediante la siguiente fórmula:

$$l = \frac{Q}{m} \quad \text{o lo que es equivalente} \quad Q = l \cdot m$$

donde l es el calor latente, Q es el calor y m la masa del cuerpo.

Sustancia	Pto.de fusión (°C)	Calor de fusión (cal/g)	Pto.de ebullición (°C)	Calor de vaporización (cal/g)	Sustancia	Pto.de fusión (°C)	Calor de fusión (cal/g)	Pto.de ebullición (°C)	Calor de vaporización (cal/g)
Hidrógeno	-259,1	13,9	-262,7	106,7	Plata	960,5	26	1950	552
Oxígeno	-218,4	3,3	-183,0	51	Cobre	1038,0	48,9	2595	1145
Agua	0,0	80	100,0	359,4	Hierro	1535	63,7	3200	1110
Mercurio	-38,9	2,8	359,9	69,7	Tungsteno	3390	45,7	5900	460
Plomo	327,4	5,9	1620	-					

El intercambio de calor en una casa

El hombre puede vivir en diversas regiones de la Tierra, desde los trópicos hasta los polos, en los bosques y en el desierto, en las llanuras o montañas. Aun cuando las condiciones climáticas resulten hostiles, el ser humano diseña y construye sus viviendas para protegerse de las inclemencias del tiempo aprovechando los materiales de la zona.

La historia, la tradición y las modas arquitectónicas contribuyen a determinar la forma y el tipo de las construcciones.

¿Con qué materiales se construye una casa?

¿Por qué para un determinado uso y función se requieren distintos tipos de materiales?

En los últimos años, la preocupación de los arquitectos, y también de los científicos a la hora de proyectar un edificio se manifiesta en la obtención y aprovechamiento de los materiales con el fin de optimizar el uso de energía en las viviendas.

La sociedad moderna requiere grandes cantidades de energía para su funcionamiento normal, pero es importante reflexionar sobre el uso óptimo y racional de las fuentes de energía como el carbón, el gas natural, el petróleo y todos sus derivados, ya que no son renovables.

Se estima que el petróleo y el gas natural alcanzarán para unos 50 a 100 años más, mientras que el carbón para unos 200 a 300 años más. Mantener las viviendas calefaccionadas durante el invierno forma parte del bienestar de las personas y optimizar la energía disponible en una casa depende del

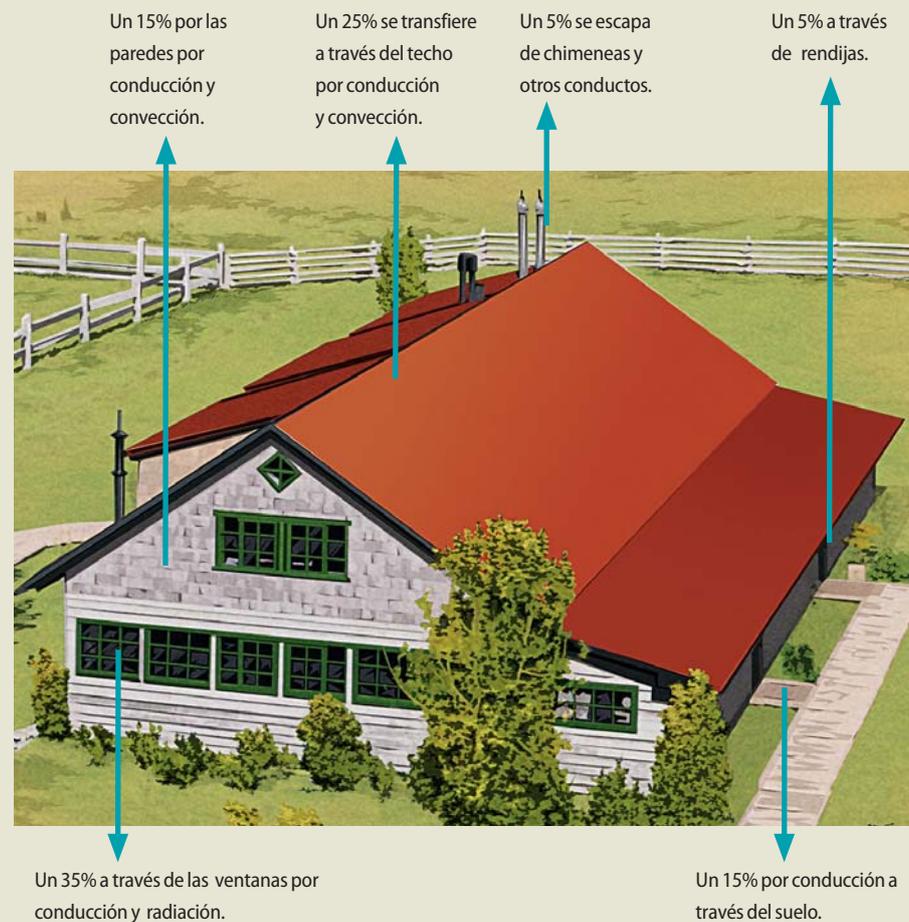
cuidado de los recursos utilizados para este fin. Es importante tener una adecuada aislación térmica en todos los lugares posibles de fuga o pérdida de calor, sobre todo del techo, dado que el aire caliente es más liviano y tiende a subir. Existen actualmente en el comercio variedades de aislantes térmicos que reducen esas pérdidas y permiten ahorrar energía. Entre ellos el telgopor,

las maderas, los plásticos, las planchas de corcho, las fibras de vidrio, los ladrillos huecos, refractarios, etc.

¿Cuáles son los intercambios de energía en forma de calor que se dan en una casa?

¿Cuánta energía se transfiere al exterior?

En una casa típica se disipa calor al exterior según se muestra en el siguiente esquema.



¿De qué depende la mayor o menor cantidad de energía transferida?

Los arquitectos e ingenieros consideran que la transferencias de energía desde el interior hacia el exterior dependen fundamentalmente de los siguientes factores.

■ La diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la habitación.

Cuanto mayor es esta diferencia, mayor es el flujo de energía y más rápido se produce el intercambio.

■ Las superficies de los distintos materiales que componen la habitación.

Cuanto mayor es la superficie, mayor transferencia de energía al exterior.

■ El tipo de material empleado.

La energía en forma de calor que se transfiere por segundo, desde cualquier habitación a otra se puede calcular mediante la siguiente expresión, que es similar a la presentada en conductividad térmica.

$$P = K \cdot S \cdot \Delta t$$

donde P es la energía en forma de calor transmitida por unidad de tiempo, Δt es la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la habitación, S es la superficie de los materiales que componen la habitación, y K es un coeficiente característico del material utilizado.

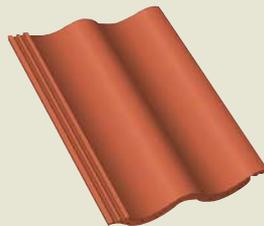
Los profesionales utilizan tablas con los valores K de algunas estructuras utilizadas habitualmente en la construcción de una casa como las de la tabla.

Tipos de estructura	Valores K (w / m ² · °C)
Techo de tejas sin aislamiento.	2,2
Techo de tejas con aislamiento.	0,45
Ventanas con vidrio de 6 mm.	5,6
Ventanas con vidrios dobles con 20 mm de separación.	2,8
Pared de ladrillos con yeso (114 mm).	13,24
Doble pared de ladrillos con cámara de aire de 280 mm.	1,7
Doble pared de ladrillos con aislamiento en el	0,6
Piso de cerámica sobre viguetas.	4,2
Piso de madera sobre viguetas.	1,7



Espuma aislante.

Muro de ladrillos.



Tejas para techo.



Casa construida.



Luego de la lectura del texto:

- a. Sugieran posibles soluciones para prevenir las transferencias de energía desde el interior de las viviendas hacia el exterior.
- b. Confeccionen una lista de las partes de una casa que pueden llevar aislantes térmicos y averigüen con qué materiales están fabricados.

- c. Realicen un diseño experimental para calcular la energía que se transfiere del interior al exterior de su casa.
- d. Describan sus diseños y busquen información sobre uso de materiales en la construcción de viviendas según sus propiedades y usos.

IDEAS BÁSICAS DE LA UNIDAD

- La **temperatura** es una variable de estado del cuerpo relacionada con la energía cinética del movimiento de sus partículas.
- Los cuerpos no tienen frío ni calor, tienen bajas o altas temperaturas.
- Un **termómetro** es un instrumento que se utiliza para medir la temperatura.
- Generalmente los cuerpos se **dilatan** cuando aumenta su temperatura, y se **contraen** cuando disminuye su temperatura.
- Se denomina **calor** a la forma de intercambio de energía entre dos cuerpos de distintas temperaturas que se ponen en contacto térmico.
- La transferencia de calor se da espontáneamente desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.
- Dos cuerpos de distintas temperaturas que intercambian energía logran el equilibrio térmico cuando equiparan sus temperaturas.
- El **calor específico** o capacidad calorífica específica, c , de una sustancia es la cantidad de calor necesaria para variar su temperatura en una unidad por unidad de masa.
- El calor se propaga por tres formas básicas: **conducción**, **convección** y **radiación**.
- La **conducción** se produce cuando se transfiere energía en forma de calor desde las moléculas o partículas que se encuentran en zonas de mayor temperatura a las que se encuentran en zonas de menor de temperatura, sin desplazamiento de materia.
- En los líquidos y gases se generan **corrientes convectivas** con desplazamiento de materia.
- A los malos conductores del calor se los llama **aislantes** térmicos.

Fórmulas

$$T_c = \frac{5}{9} \text{ }^{\circ}\text{C} (T_F - 32 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

Escala Celcius

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Dilatación líneal

$$T_F = 32 \text{ }^{\circ}\text{F} + \frac{9}{5} \text{ }^{\circ}\text{C} T_c$$

Escala Farenheit

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

Calorimetría

$$T_K = 273,15 + T_c$$

Escala termométrica

$$\frac{Q}{\Delta t} = K \cdot S \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

Cantidad de calor que se transfiere por conducción de un sólido.

ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN

1. Si se colocan 1000 g de agua en un recipiente y 2000 g de agua en otro, ambos a 20 °C y se les entrega igual cantidad de calor en iguales condiciones de presión normal, ¿alcanzarán el mismo punto de ebullición? ¿Por qué?
2. ¿Por qué algunos vidrios como los llamados Pyrex no se rompen cuando se someten a elevadas temperaturas?
3. ¿Qué ocurriría si usamos un termómetro de mercurio contenido en un recipiente cuyo coeficiente de dilatación fuera similar al del mercurio?
4. ¿Por qué el agua no se emplea como sustancia termométrica?
5. Si colocan en un horno dos cuerpos de igual masa pero diferente calor específico, ¿cuál alcanzará primero la temperatura del horno? ¿Por qué?
6. ¿Por qué generalmente las estufas y radiadores se colocan en la parte inferior de la pared?
7. Los habitantes del desierto suelen cubrirse con varias capas de telas a modo de túnicas, por lo general claras. ¿Por qué razón se cubren tanto?
8. Si se saca un recipiente del horno con un trozo de tela mojado es probable que se sienta más “caliente” que si lo tomamos con una tela seca. ¿Qué explicación física tiene este hecho?
9. Algunos alimentos que compramos en los negocios de venta al público como restaurantes, se colocan en recipientes aislantes. ¿Por qué? ¿De qué material están hechos estos recipientes?
10. ¿Qué función cumple un termo? Justifiquen sus respuestas en términos físicos.
11. La temperatura de un día de invierno en la Antártida puede ser inferior a -50 °C. ¿A cuántos grados Fahrenheit corresponde?
12. Un termómetro está graduado en una escala °X tal que 20 °C corresponden a 30 °X, y 120 °C corresponden a 300 °X. ¿Cuál es el valor en la escala °X que corresponde a 50 °C? Justifiquen sus respuestas.
13. ¿Qué cantidad de calor absorbe un cuerpo de 50 g de hierro que se encuentra a una temperatura de 25 °C cuando su temperatura aumenta a 100 °C?
14. Calculen el calor específico de una sustancia sabiendo que una masa de 10 g absorbe 250 calorías cuando su temperatura varía 200 °C.
15. Una dieta normal para una persona adulta en actividad es de aproximadamente 2500 kcal diarias. ¿A cuántos joule equivale este valor energético?
16. Se mezclan 50 g de agua a 30 °C con 25 g de agua a 20 °C en un recipiente aislado. ¿Qué temperatura final tiene esa mezcla?
17. La longitud de un cable de acero es de 40 m a 22 °C. Determinen su longitud en un día en que la temperatura es de 34 °C. Consulten la tabla de coeficientes de dilatación lineal de la página 146.
18. Una barra de metal de longitud L_0 a 0 °C sufre un aumento de longitud de un centésimo de su longitud inicial cuando su temperatura es de 500 °C. ¿Cuál es el coeficiente de dilatación del metal?
19. ¿Cómo podrían comprobar que la cantidad de calor que intercambia un cuerpo para modificar su temperatura depende de la masa del cuerpo? Diseñen un experimento, descríbanlo y justifiquen sus hipótesis.
20. Según la teoría del calórico, el calor era considerado como una sustancialidad de los cuerpos. Teniendo en cuenta esta teoría diseñen un experimento que permita comprobar o refutar la siguiente hipótesis: “El calor que tienen los cuerpos pesa”.
21. El valor calórico de una barra de 100 g de chocolate es 550 kcal. Supongan que se utilizara toda esa energía para elevar la temperatura del agua desde los 15 °C con que sale de la canilla hasta 100 °C, ¿cuánta agua se podría calentar?
22. Se le suministra a un cuerpo de masa m de cierto material, energía por valor de 100 joule y el cuerpo incrementa su temperatura en Δt . ¿Cuánta energía habrá que suministrarle a un cuerpo del mismo material cuya masa es el triple de la del primero para que el aumento de temperatura sea la mitad que en el primer caso?

AUTOEVALUACIÓN

Determinen si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F). Justifiquen en cada caso.

- 1 La temperatura es una medida del grado de calor que tienen los cuerpos.
- 2 Existe un límite para el descenso de la temperatura y es el 0 grado absoluto.
- 3 Masas iguales de diferentes sustancias a iguales temperaturas requieren distintas cantidades de calor para alcanzar una misma temperatura.
- 4 La sensación térmica que proporciona la piel es una variable muy precisa si se quiere conocer la temperatura de algún objeto.
- 5 El frío significa en términos físicos, que el cuerpo no tiene calor.
- 6 El calor es la energía que intercambian los cuerpos que se encuentran a distinta temperatura.
- 7 El calor se transfiere espontáneamente desde los cuerpos a menor temperatura hacia los de mayor temperatura.
- 8 Siempre que varios cuerpos a distintas temperaturas se pongan en contacto térmico suficiente tiempo, se logra una temperatura de equilibrio.
- 9 La radiación es el intercambio de energía en forma de calor.
- 10 La energía no se propaga en el vacío.
- 11 No todas las sustancias absorben o ceden calor de igual forma.
- 12 La dilatación es un fenómeno que se da solo en los sólidos.
- 13 En la propagación del calor por conducción se desplaza materia.
- 14 La capacidad calorífica de una sustancia es la cantidad de calor necesaria por unidad de masa para variar su temperatura un grado Celsius.
- 15 Cuando los líquidos y los gases se dilatan aumentan su densidad, ascienden y desplazan materia a menor temperatura.
- 16 El aire es un buen conductor del calor.
- 17 Los materiales aislantes son aquellos que minimizan el intercambio de energía con el medio.
- 18 Para que se produzca un cambio de estado en la materia es necesario aumentar su temperatura.
- 19 El punto de ebullición del agua en condiciones normales de presión y temperatura es 100 °C. Variando estas condiciones, este punto puede cambiar.
- 20 El agua en estado líquido absorbe calor del medio para solidificarse.