



# FÍSICA

II

11 

BACHILLERATO

## **El calor y la temperatura**

Escalas de temperatura

¿Qué es el calor?

## **Dilatación de los cuerpos**

Dilatación lineal

Dilatación superficial

Dilatación volumétrica

Dilatación irregular del agua

## **Capacidad calorífica**

Calor específico

## **Cambios de fases**

Calor latente de un cambio de fase

Calor cedido y absorbido de los cuerpos

## **Cambio climático**

# Bloque II

## Identificas la diferencia entre calor y temperatura



# Introducción

En este bloque estudiaremos los conceptos de temperatura y calor, las escalas de temperaturas, las unidades de medidas, los fenómenos de dilatación que sufren los cuerpos, la forma de propagación del calor; analizaremos y resolveremos problemas relacionados con la temperatura y el calor, debido a los procesos de transferencia de la energía, tomando en cuenta el calor específico y la masa que poseen los cuerpos.

Relacionarás el movimiento de las moléculas con la temperatura y valorarás la importancia de medirla con precisión; además conocerás los efectos del calor sobre un cuerpo con base en sus características, así como la problematización que producen los cambios de temperatura en el medio ambiente.

Te has dado cuenta que cuando realizas algún ejercicio físico tu cuerpo aumenta de temperatura y sientes calor, y a medida que realizas más ejercicio ¿cuáles son los efectos que tiene el calor sobre tu cuerpo? ¿Qué cambios observas cuando tienes mucho calor?





## Para iniciar, reflexiona

¿Cómo explicas que cuando nos lavamos las manos por las mañanas podemos sentir que el agua que sale de la llave está fría, y si lo hacemos por la tarde, el agua está menos fría? Justifica tu respuesta.



## El calor y la temperatura

Es común que reconozcas objetos que se encuentran a distinta temperatura y esto lo percibimos a partir del tacto, con el cual podemos sentir algo cuando está caliente o frío. Sin embargo, medir las cosas a través de nuestra sensación puede ser no muy confiable o preciso. Por eso usamos diferentes instrumentos de medición.

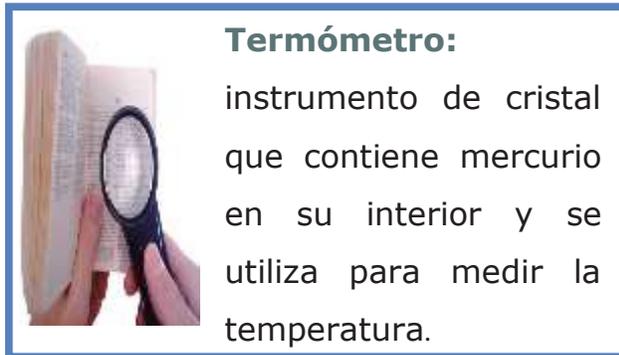
Para entender lo que es la temperatura, recordemos que la materia está compuesta por átomos y moléculas que se mueven continuamente y cuando se aceleran los átomos y moléculas pasan a un nivel de energía diferente, que es la energía cinética. Esta energía se relaciona con una propiedad que permite saber qué tan caliente o frío se encuentra una persona u objeto. Cuando aumenta la energía cinética de los átomos o moléculas, las cosas aumentan su temperatura.

La magnitud que nos permite identificar qué tan caliente o frío está un objeto o cuerpo es la *temperatura*, la cual es uno de los parámetros que describe el estado de un sistema. La temperatura es una propiedad que no depende de la cantidad de materia, por lo tanto es una propiedad de

La *temperatura* es una magnitud física que nos indica qué tan caliente o frío se encuentra un cuerpo o sustancia.

intensidad.

Antiguamente, la medición de la temperatura se llevaba a cabo a partir del tacto, pero este método no era confiable debido a que dependía de la percepción de cada persona, así que se diseñaron y construyeron



dispositivos llamados **termómetros** que nos permiten obtener la temperatura relativa de un cuerpo.



## Sabías que...

El primero en construir un termómetro en 1603 fue Galileo Galilei. Se trataba de una columna de agua encerrada en un tubo que se dilataba al aumentar la temperatura y se contraía cuando ésta disminuía.



## Actividad de aprendizaje 1

**Instrucciones:** Lee detenidamente las indicaciones de los siguientes ejercicios, realiza las actividades que se te piden, anota las respuestas en tu cuaderno con orden y limpieza. Registra y reflexiona tus respuestas para que después las comentes con tus compañeros. Escucha con respeto las aportaciones de los demás para mejorar tu trabajo.

a) Busca en tu casa aparatos electrodomésticos que tengan termómetros para regular la temperatura y realiza una lista de ellos, si no existieran, busca en libros y revistas, anota por lo menos tres.

b) Investiga en libros de Física o materiales audiovisuales de Telebachillerato al menos tres tipos diferentes de termómetros y desarrolla en tu cuaderno los siguientes puntos: Dibujo del termómetro, nombre del termómetro, rango de temperatura que mide, material con que está construido y dónde se usa.



Reflexionemos sobre la actividad

## ¿De qué te das cuenta?

Si una persona se sintiera con temperatura alta, y no cuentas con un termómetro, ¿qué harías para comprobarlo?

---

---

---

## Escalas de temperatura

Para medir la temperatura hay diferentes escalas, la más usual es la Celsius, creada en 1742 por el astrónomo sueco Anders Celsius, que marca  $0^{\circ}\text{C}$  cuando el agua se congela y  $100^{\circ}\text{C}$  cuando ésta hierve. La distancia entre los dos límites se divide en cien partes iguales. Cada una corresponde a un grado centígrado. Esta escala es la que utilizamos en nuestro país.



En Estados Unidos y en Europa se utiliza la *escala Fahrenheit*; fué establecida por el físico holandés-alemán Gabriel Daniel Fahrenheit en 1724. Que marca el 0° en el punto de congelación de una mezcla de agua con sal y 96° a la temperatura del cuerpo (este valor después se cambió a 98.6°). Esta escala divide la diferencia entre los puntos de fusión y de ebullición del agua en 180 intervalos iguales. A su vez, el intervalo 32° corresponde a la temperatura a la que el hielo se derrite y 212° a la temperatura de ebullición del agua. Estas dos escalas se conocen como *relativas* debido a que contienen valores positivos y negativos. La relación entre la escala Celsius y la escala Fahrenheit es:



$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{180}$$

Para convertir temperaturas entre las escalas mencionadas se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) \qquad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

**Ejemplo 1:** Si la temperatura interior en una casa es de 10°C, ¿cuál será la temperatura en escala Fahrenheit?

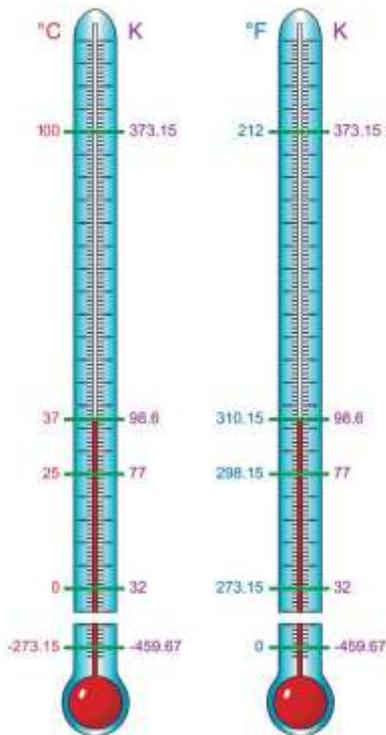
| <i>Datos (1)</i>         | <i>Incógnita (2)</i>             | <i>Fórmula (3)</i>                                     | <i>Sustitución (4)</i>                     | <i>Solución (5)</i>  |
|--------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| $T = 10^{\circ}\text{C}$ | $T \text{ en } ^{\circ}\text{F}$ | $^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$ | $^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} (10) + 32$ | La temperatura en escala Fahrenheit es<br>$T = 50^{\circ}\text{F}$ |

**Solución:**

**Ejemplo 2:** La temperatura en verano en la ciudad de Monterrey ha llegado a alcanzar los 110°F. Expresa esta temperatura en grados Celsius.

| <i>Datos (1)</i>          | <i>Incógnita (2)</i>             | <i>Fórmula (3)</i>                                       | <i>Sustitución (4)</i>                      | <i>Solución (5)</i>   |
|---------------------------|----------------------------------|--|---|---|
| $T = 110^{\circ}\text{F}$ | $T \text{ en } ^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$ | $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (110 - 32)$ | La temperatura en escala Celsius es $T = 43.33^{\circ}\text{C}$ |

**Solución:**



La *escala Kelvin*, preferida por los científicos y aceptada por el Sistema Internacional de Unidades, fue creada en 1848 por el físico inglés William Thomson, Lord Kelvin, la cual se construye con base en la energía y no toma como referencia la ebullición o la congelación del agua. El número cero se asocia con la temperatura más baja posible y se liga con el estado en el que una sustancia no tiene absolutamente nada de energía cinética (cero absoluto); como la energía cinética no puede ser negativa, esta escala no tiene números negativos.

Las unidades en la escala Kelvin son de la misma equivalencia que las unidades de la escala Celsius y se simbolizan con la letra K. La temperatura de fusión del hielo es de 273.15 K, de tal forma que cero grados Kelvin corresponden a  $-273.15^{\circ}\text{C}$ . La relación entre la escala Celsius y la escala Kelvin es:

$$K = ^\circ C + 273 \quad ^\circ C = K - 273$$

**Ejemplo 1:** La temperatura del cuerpo humano es aproximadamente de  $37^\circ C$ . Expresa esta temperatura en escala Kelvin (K).

| <i>Datos (1)</i> | <i>Incógnita (2)</i> | <i>Fórmula (3)</i>   | <i>Sustitución (4)</i> | <i>Solución (5)</i>                                |
|------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--|
| $T = 37\ C$      | $T$ en $^\circ K$    | $^\circ K = C + 273$ | $^\circ C = 37 + 273$  | La temperatura en escala Kelvin es<br>$T = 310\ K$ |

**Solución:**

**Ejemplo 2:** El punto de fusión de aluminio es aproximadamente  $933\ K$ . ¿Cuál es el valor en grados Celsius?

| <i>Datos (1)</i> | <i>Incógnita (2)</i> | <i>Fórmula (3)</i>   | <i>Sustitución (4)</i> | <i>Solución (5)</i>  |
|------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--|
| $T = 933\ K$     | $T$ en $^\circ C$    | $^\circ C = K - 273$ | $^\circ C = 933 - 273$ | La temperatura en escala Celsius es<br>$T = 660\ ^\circ C$ |

**Solución:**

La *escala Rankine* fue inventada por el físico e ingeniero escocés William Rankine en 1859, y se define midiendo en grados Fahrenheit sobre el cero absoluto. En esta escala tampoco se introducen valores negativos de temperatura, por lo que a ambas se consideran escalas de temperatura absoluta.

La relación entre la escala Rankine y la escala Fahrenheit es:

$$^\circ R = ^\circ F + 460$$

**Ejemplo:** La temperatura de ebullición del agua es de  $212^\circ F$ , ¿cuál será la temperatura en escala Rankine?

| <i>Datos (1)</i>          | <i>Incógnita (2)</i>             | <i>Fórmula (3)</i>                          | <i>Sustitución (4)</i>         | <i>Solución (5)</i>  |
|---------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------|--|
| $T = 212^{\circ}\text{F}$ | $T \text{ en } ^{\circ}\text{R}$ | $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$ | $^{\circ}\text{R} = 212 + 460$ | La temperatura en escala Rankine es<br>$T = 672^{\circ}\text{R}$ |

**Solución:**



## Actividad de aprendizaje 2

**Instrucciones (1):** Escribe en la línea la fórmula que corresponda a cada conversión de unidades termométricas absolutas y relativas.

De Fahrenheit a Rankine:

De Kelvin a Rankine:

De Celsius a Rankine:

De Celsius a Kelvin:

De Fahrenheit a Celsius:

De Kelvin Fahrenheit:

De Rankine a Fahrenheit:

De Rankine a Celsius:

**Instrucciones (2):** Completa la tabla escribiendo en el espacio en blanco el valor de la temperatura correspondiente.

| Temperatura                             | $^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{F}$ | K    | $^{\circ}\text{R}$ |
|---|--------------------|--------------------|------|--------------------|
| Temperatura de ebullición del oro       |                    |                    | 3129 |                    |
| Temperatura de ebullición del n-butanol | 117.4              |                    |      |                    |

|   |  |      |     |    |
|---|--|------|-----|----|
| Temperatura corporal del cuerpo humano                    |  | 98.6 |     |    |
| Temperatura de ebullición del agua en la ciudad de Puebla |  |      | 366 |    |
| Temperatura ambiente en la ciudad de Puebla               |  |      |     | 18 |



## Sabías que...

El físico inglés James Joule fue el primero en establecer la equivalencia entre el *calor* y el *trabajo* como energía cinética.



## ¿Qué es el calor?

En muchas ocasiones sentimos que está haciendo demasiado calor y pensamos que deberíamos ir a nadar o a comprar un helado, pero ¿sabemos qué es el calor? Cuando dos cuerpos que están a diferentes temperaturas se ponen en contacto entre sí, hay una transferencia de energía del objeto más caliente al más frío, y no a la inversa, hasta alcanzar el equilibrio que se produce cuando ambos cuerpos tienen la misma temperatura. Se transfiere de tal forma que después de cierto tiempo alcanzan una misma temperatura, a este fenómeno se le llama *equilibrio térmico*.

El *calor* es la transferencia de energía de un cuerpo a otro debido a que hay una diferencia de temperatura entre ambos.

El calor involucra una transferencia de energía interna de un lugar a otro. La energía interna ( $U$ ) es la energía asociada con los átomos y moléculas del cuerpo. La energía interna incluye a la energía cinética y potencial, asociadas con los movimientos de translación, rotación y vibratorios que se presentan de manera aleatoria por las partículas que forman al cuerpo y cualquier energía potencial que genere enlaces manteniendo a las partículas unidas.

*Unidades del calor.*

| <b>Sistemas de unidades</b> |                      |                  |
|-----------------------------|----------------------|------------------|
|                             | <b>Internacional</b> | <b>Cegesimal</b> |
| <i>Calor</i> →              | Joule (J)            | Ergios           |

Sin embargo, las unidades que se suelen utilizar son calorías (cal), kilocalorías (kcal).

Algunos equivalentes del calor en las unidades anteriores son:

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 41800 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ calorías}$$

La transferencia de calor entre los cuerpos, se realiza de tres formas diferentes:

## **1. Conducción**

Es el proceso mediante el cual el calor se transfiere directamente a través de un material, sin ningún movimiento neto del material. Por ejemplo, si acercas una varilla de metal a una flama, el calor que la flama emite se conduce al metal y éste a tu mano.



## 2. Radiación

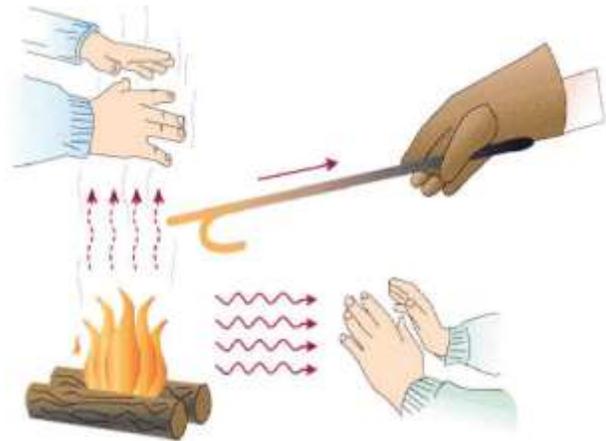
Es el proceso por el que los cuerpos emiten energía que puede propagarse por el vacío. La energía radiante se transporta mediante ondas electromagnéticas.

Por ejemplo, por la radiación nos llega el calor del sol, así como también por la radiación podemos sentir el calor que se desprende de un foco encendido si acercamos la mano.



## 3. Convección

Es el proceso por el cual el calor se transfiere a través de un fluido por el movimiento del mismo. Por ejemplo, cuando se pone a calentar un recipiente con agua, ésta al calentarse en la parte inferior se dilata y disminuye su densidad, por lo que el agua caliente asciende y transporta así el calor de la parte inferior a la parte superior, generando un movimiento interno de las partículas.



### Sabías que...

El agua apaga el fuego porque absorbe el calor. Para que exista fuego se necesitan tres elementos: el combustible, oxígeno y calor. Si uno de éstos desaparece, el fuego se extinguirá. El agua absorbe el calor para pasar de un estado líquido al gaseoso y por esta acción el fuego se apaga.



## Actividad de aprendizaje 3

**Instrucciones:** Completa la siguiente tabla de conversión de unidades de calor.

Realiza las operaciones necesarias en tu cuaderno. Registra y reflexiona sobre tus respuestas para que después comentes con tus compañeros de clase; escucha sus aportaciones para mejorar tu trabajo.

| J   | cal | kcal |
|-----|-----|------|
|     | 100 |      |
|     |     | 200  |
| 500 |     |      |



Reflexionemos sobre la actividad

### ¿De qué te das cuenta?

Analiza y escribe lo que entiendes por el concepto de contenido energético en los alimentos, el cual se expresa en unidades de calorías (cal) o kilojoules (kJ).

---

---

---

## Dilatación de los cuerpos

La mayoría de los materiales se expanden cuando su temperatura aumenta, y se contraen cuando la temperatura disminuye. Esto ocurre porque al calentarse las moléculas se mueven más rápido y ocupan mayor espacio y esto hace que el cuerpo se expanda, y cuando se enfría, las moléculas se mueven más lento y los materiales se contraen, este fenómeno se conoce como dilatación, está estrechamente relacionado con los cambios de temperatura de los cuerpos.

Los arquitectos y los ingenieros civiles toman en cuenta los efectos de la dilatación térmica, por ejemplo, cuando se diseñan los rieles de un tren, se deja cierto espacio entre las uniones con el propósito de permitir la dilatación y evitar que la estructura del riel se deforme.

*Dilatación térmica* es el aumento que experimenta en sus dimensiones un cuerpo cuando aumenta la temperatura, permaneciendo la presión constante.

Los sólidos se dilatan aumentando su longitud principalmente, aunque también pueden dilatarse en su superficie o volumen. Al igual que los sólidos, los líquidos y los gases también aumentan o disminuyen su volumen, sin embargo, los gases se dilatan más que los líquidos.

## Dilatación lineal

| Material | $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) |
|----------|--------------------------------------|
|----------|--------------------------------------|

Se ha comprobado experimentalmente que al aumentar la temperatura de una barra, aumenta su longitud y este aumento es proporcional a su longitud inicial y al aumento de su temperatura. A dicho proceso se le conoce como *dilatación lineal* y se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$\Delta L = a L_i \Delta T$$

donde:

$\Delta L$  es la variación de longitud.

$a$  es el coeficiente de proporcionalidad conocido como el coeficiente de

dilatación lineal es específico para cada material o sustancia como se muestra en la tabla.

$L_i$  es la longitud inicial.

$\Delta T$  es la variación de la temperatura.

$\Delta L$  es la variación de la longitud.

La variación de la longitud es la diferencia entre la longitud final,  $L_f$  y la longitud inicial,  $L_i$ :

$$\Delta L = L_f - L_i$$

La variación de la temperatura  $\Delta T$  es la diferencia entre la temperatura final,  $T_f$  y la temperatura inicial,  $T_i$ :

$$\Delta T = T_f - T_i$$

|          |                            |
|----------|----------------------------|
| Concreto | $0.7 - 1.2 \times 10^{-5}$ |
| Plata    | $2.0 \times 10^{-5}$       |
| Oro      | $1.5 \times 10^{-5}$       |
| Invar    | $0.04 \times 10^{-5}$      |
| Plomo    | $3.0 \times 10^{-5}$       |
| Zinc     | $2.6 \times 10^{-5}$       |
| Hielo    | $5.1 \times 10^{-5}$       |
| Aluminio | $2.4 \times 10^{-5}$       |
| Latón    | $1.8 \times 10^{-5}$       |
| Cobre    | $1.7 \times 10^{-5}$       |
| Vidrio   | $0.4 - 0.9 \times 10^{-5}$ |
| Hierro   | $1.2 \times 10^{-5}$       |
| Cuarzo   | $0.04 \times 10^{-5}$      |
| Acero    | $1.2 \times 10^{-5}$       |

## Dilatación superficial

Cuando en los cuerpos sólidos con un área inicial se aumenta su temperatura en un grado Celsius, ( $1^{\circ}\text{C}$ ) los lados sufren dilatación superficial ( $\gamma$ ), por ejemplo, en los rieles de los ferrocarriles como se muestra en la figura de abajo, cuando se calientan aumentan sus dimensiones y se tiene dilatación. Si se conoce el coeficiente de dilatación lineal podemos expresar el *coeficiente de dilatación superficial*:

$$\gamma = 2\alpha$$
$$\Delta A = \gamma A_i \Delta T$$

donde:

$\Delta A = A_f - A_i \rightarrow$  Variación de la superficie (aumento o contracción del área)

$A_f \rightarrow$  Área final

$A_i \rightarrow$  Área inicial

$\alpha \rightarrow$  Coeficiente de dilatación lineal

$\Delta T = T_f - T_i \rightarrow$  Variación de la temperatura

$T_f \rightarrow$  Temperatura final

$T_i \rightarrow$  Temperatura inicial

Al conocer el coeficiente de dilatación superficial del objeto, se puede calcular el área final que tendrá el objeto utilizando la siguiente fórmula:

$$A_f = A_i [ 1 + 2\alpha (T_f - T_i) ]$$

## Dilatación volumétrica

Los sólidos, líquidos, gases tienen un incremento de volumen al aumentar la temperatura, este fenómeno se conoce como *dilatación*

*volumétrica* ( $\beta$ ), el cual se refiere al aumento que experimenta cada unidad de volumen de la sustancia al aumentar en  $1^{\circ}\text{C}$  su temperatura.

Si se conoce el coeficiente de dilatación lineal de un sólido, se puede calcular el coeficiente de dilatación volumétrica a partir de la siguiente relación.

$$\beta = 3\alpha$$

Para calcular la dilatación volumétrica:

$$\Delta V = \beta V_i \Delta T \text{ o } \Delta V = 3\alpha V_i \Delta T$$

Donde:

$\Delta V = V_f - V_i \rightarrow$  Variación del volumen (aumento o contracción del volumen)

$V_f \rightarrow$  Volumen final

$V_i \rightarrow$  Volumen inicial

$\alpha \rightarrow$  Coeficiente de dilatación lineal

$\Delta T = T_f - T_i \rightarrow$  Variación de la temperatura

$T_f \rightarrow$  Temperatura final

$T_i \rightarrow$  Temperatura inicial

Podemos encontrar el volumen final de un sólido, líquido o un gas a partir de la siguiente expresión:

$$V_f = V_i [ 1 + \beta (T_f - T_i) ] \text{ o } V_f = V_i [ 1 + 3\alpha (T_f - T_i) ]$$



## Sabías que...

Los tanques de gas propano deben ser llenados a menor volumen de su capacidad



(hasta 90%), ya que al exponerse al calor de los rayos del sol, su contenido gaseoso se expande (dilata), generando presión en las paredes del tanque.

## Dilatación irregular del agua

Generalmente, los líquidos aumentan de volumen cuando aumenta su temperatura y tienen coeficiente de expansión volumétrica unas diez veces más que los sólidos. El agua es una excepción de esta regla, ya que ésta no se comporta de la misma manera entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $4^{\circ}\text{C}$ , el agua se contrae. En la vida cotidiana este fenómeno se observa cuando se introduce una botella de agua en el congelador a enfriar y si se olvida sacar te darás cuenta que al disminuir la temperatura aumenta su volumen.



Sobre  $4^{\circ}$  predomina la expansión térmica con la consiguiente disminución de la densidad. Las variaciones de densidad con la temperatura tienen una profunda repercusión en el medio ambiente. Este comportamiento térmico poco común del agua, se puede utilizar para explicar por qué un lago se congela lentamente de arriba hacia abajo. El agua a  $4^{\circ}$ , que es más densa, se sumerge hasta el fondo, mientras que el agua sobre  $4^{\circ}\text{C}$ , sube a la parte superior.

Cuando el agua se congela permanece en la superficie debido a que el hielo es menos denso que el agua, formando una capa aislante que evita que el agua interior se congele. Además, el hielo forma una capa de aislamiento que retarda la pérdida de calor del agua subyacente, ofreciendo protección térmica a la vida marina.



## Actividad de aprendizaje 4

**Instrucciones:** Resuelve los siguientes ejercicios realizando las anotaciones necesarias en tu libreta o cuaderno con orden y limpieza.

Registra y reflexiona tus respuestas para que después las comentes con tus compañeros de clase.

1. La longitud de un puente de concreto es de 1 km a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es la longitud cuando la temperatura es de  $38^{\circ}\text{C}$ ? \_\_\_\_

---

2. Se tienen 3 barras de diferentes materiales a una misma temperatura inicial, realiza las operaciones necesarias y completa la tabla que se muestra a continuación.

| Barra    | Longitud inicial (m) | Temperatura inicial ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Temperatura final ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Longitud final (m) | Dilatación |
|----------|----------------------|--|--|--------------------|------------|
| Acero    | 10                   | 20   | 60                                       |                    |            |
| Hierro   | 10                   | 20   | 60                                       |                    |            |
| Aluminio | 10                   | 20   | 60                                       |                    |            |

¿Cuál barra se dilató más? ¿Por qué? \_\_\_\_\_

---

---

## Capacidad calorífica

En una cocina realiza el siguiente experimento: en un recipiente adecuado para calentar, hierva 500 ml de agua; luego sumerge una cuchara de metal a la mitad por 15 segundos, saca la cuchara y sécala, ahora siente la temperatura de la cuchara.

Repite el mismo experimento pero ahora sumerge una cuchara de madera de aproximadamente el mismo tamaño. ¿Qué puedes concluir sobre la temperatura de las cucharas? Seguramente pudiste sentir que la temperatura de la cuchara de madera no fue la misma que la de metal, esto se debe a que cada sustancia necesita absorber cierta cantidad de calor para aumentar su temperatura en un grado Celsius. A esta cantidad de calor se le conoce como *capacidad calorífica*.

La *capacidad calorífica* ( $C$ ) es la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar un grado Celsius la temperatura de una

Matemáticamente se expresa como:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

| donde:                             | <b>Unidades en el<br/>Sistema Internacional</b> |                    |
|------------------------------------|---|--------------------|
| $C$ → Capacidad Calorífica         |   | J/K (joule/kelvin) |
| $Q$ → Calor                        |   | J (joule)          |
| $\Delta T$ → Cambio de temperatura |   | K (kelvin)         |

También se pueden utilizar otras unidades como son: J/°C, cal/°C, kcal/°C.

**Ejemplo:** Una pulsera de plata requiere 100 calorías para aumentar su temperatura de 20°C a 75°C, ¿cuál es su capacidad calorífica?

## Solución:

| Datos (1)                     | Incógnita (2) | Fórmula (3)              | Sustitución (4)                                | Solución (5)  |
|-------------------------------|---------------|--------------------------|--|---|
| $T_i = 20^\circ\text{C}$      |               |                          |  |   |
| $T_f = 75^\circ\text{C}$      |               |                          |  |   |
| $\Delta T = 55^\circ\text{C}$ | $C$           | $C = \frac{Q}{\Delta T}$ | $C = \frac{100 \text{ cal}}{55^\circ\text{C}}$ | La capacidad calorífica es $1.818 \text{ cal}/^\circ\text{C}$ |
| $Q = 100 \text{ cal}$         |               |                          |  |   |

## Calor específico

Si calentamos una sustancia, *la capacidad calorífica* no cambia cuando se tiene la misma masa, pero si la masa de dicha sustancia varía, la cantidad de calor absorbido será diferente; es decir, la cantidad de masa determina la cantidad de calor requerida para variar su temperatura. A esta cantidad se le llama *calor específico*.

El *calor específico* es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado Celsius ( $1^\circ\text{C}$ ).

El calor específico se relaciona con la capacidad calorífica mediante

$$C_e = \frac{C}{m}$$

Sustituyendo la expresión de la capacidad calorífica escribimos el calor específico en función del calor como:

$$C_e = \frac{Q}{m \Delta T}$$

Para cada sustancia la capacidad calorífica es única, como se muestra en la tabla 2.2, entonces, la ecuación anterior nos permite determinar el calor en función del calor específico:

$$Q = m C_e \Delta T$$

donde:

|            |   |                       | <b>Unidades del<br/>Sistema Internacional</b> |
|------------|---|-----------------------|---|
| $Q$        | → | Calor                 | J (joule)                                     |
| $m$        | → | Masa                  | Kg (kilogramo)                                |
| $C_e$      | → | Calor específico      | J/kg·K<br>(joule/kilogramo·kelvin)            |
| $C$        | → | Capacidad calorífica  | J/K (joule/kelvin)                            |
| $\Delta T$ | → | Cambio de temperatura | K (kelvin)                                    |

También se pueden utilizar otras unidades como son: J/kg·°C y cal/g·°C.

Tabla 2.2. Calores específicos, temperaturas de fusión y ebullición.

| Sustancia       | Calor específico |        | Temperatura de fusión | Temperatura de ebullición |
|-----------------|------------------|--------|-----------------------|---------------------------|
|                 | cal/g·°C         | J/kg·K | °C                    | °C                        |
| Agua (líquida)  | 1.00             | 4180   | 0                     | 100                       |
| Agua (hielo)    | 0.49             | 2050   | 0                     | 100                       |
| Agua (vapor)    | 0.47             | 1960   | 0                     | 100                       |
| Alcohol etílico | 0.59             | 2450   | -114                  | 106                       |
| Oxígeno         | -                | -      | -219                  | -18.3                     |
| Bronce          | 0.086            | 360    | -                     | -                         |
| Oro             | 0.03             | 130    | -                     | -                         |
| Aluminio        | 0.22             | 900    | 658.7                 | 9220                      |
| Hierro          | 0.11             | 450    | 1530                  | 6300                      |
| Plata           | 0.06             | 240    | -                     | -                         |
| Plomo           | 0.031            | 130    | 327.3                 | 880                       |
| Cobre           | 0.093            | 389    | 108.3                 | 5410                      |
| Agua de mar     | 0.945            | -      | -                     | -                         |
| Aire            | 0.24             | 1010   | -                     | -                         |

|        |       |      |   |   |
|--------|-------|------|---|---|
| Madera | 0.42  | 1760 | - | - |
| Vidrio | 0.094 | -    | - | - |

**Ejemplo:** ¿Cuánto calor se requiere para aumentar la temperatura, de 20°C a 75°C, a 2 kg de hierro?

**Solución:** *La cantidad de calor que se requiere es  $Q = 12430 \text{ cal}$*

## Cambio de fases

La materia, como podemos observar en nuestro entorno, se encuentra en tres estados característicos, que son: sólido, líquido y gaseoso. Al cambiar la energía en el entorno, los elementos y los compuestos pueden cambiar del estado de agregación en el que se encuentran a otro. Este cambio se denomina *cambio de fase*.

Siempre que no se descompongan a elevadas temperaturas, todas las sustancias pueden existir en cualquiera de los tres estados cuando se encuentran en condiciones adecuadas de presión y temperatura. En algunas situaciones, sin embargo, la transferencia de energía no da lugar a un cambio de temperatura. Esto ocurre cuando las características físicas de las sustancias cambian de una forma a otra lo que se conoce como cambio de fase. Algunos cambios de fases comunes son de sólido a líquido (fusión), de líquido a gas (ebullición), de líquido a sólido (solidificación). En todos esos cambios de fase aparece un cambio de energía interna pero no de temperatura.

Los cambios de fases se realizan suministrando o extrayendo energía, acción que consiste en separar o juntar las moléculas de la sustancia que va a cambiar de fase.

¿Qué observas al sacar una paleta de hielo del congelador? ¿Qué pasaría si dejas la paleta por 5 minutos fuera del congelador? ¿Qué cambios de fase identificas?

## Calor latente de un cambio de fase

La cantidad de calor que se necesita para que se produzca un cambio de fase por unidad de masa se conoce como calor latente, y se representa con la letra  $L$ .

El *calor latente* es la relación entre la cantidad de calor que se absorbe o se libera y la masa del material que experimenta el cambio de fase.

Se expresa como:

$$L = \frac{Q}{m}$$

El calor que se absorbe o se libera se calcula como:

$$Q = L m$$

|        |                 | <b>Unidades del<br/>Sistema Internacional</b> |
|--------|-----------------|---|
| donde: |                 |   |
| $L$    | → Calor latente | J/Kg (joule/kilogramo)                        |
| $Q$    | → Calor         | J (joule)                                     |
| $m$    | → Masa          | Kg (kilogramo)                                |

También se pueden utilizar otras unidades como son: cal/g, kcal/kg, etcétera.

Si dejamos una gelatina al sol, luego de cierto tiempo se hace líquida. Cuando una sustancia experimenta un cambio de fase sólido al líquido, el calor se denomina *calor latente de fusión*:

$$L_f = \frac{Q}{m} \rightarrow Q = L_f m$$

Por el contrario, si calentamos agua en un recipiente hasta hervir (punto ebullición), ¿qué puedes observar? Cuando el cambio es de líquido a vapor, se llama *calor latente de vaporización*:

$$L_v = \frac{Q}{m} \rightarrow Q = L_v m$$

Los valores del calor latente de fusión y vaporización para algunas sustancias se muestran a continuación (tabla 2.3).

| Sustancia       | Calor latente de fusión |           | Calor latente de vaporización |         |
|-----------------|-------------------------|-----------|-------------------------------|---------|
|                 | cal/g                   | kJ/kg     | cal/g·°C                      | kJ/kg·K |
| Agua (líquida)  | -                       | 334       | -                             | 2260    |
| Alcohol etílico | -                       | 106       | -                             | 846     |
| Oxígeno         | 3.30                    | -         | 50.90                         | -       |
| Oro             | -                       | 67        | -                             | -       |
| Aluminio        | -                       | 322 - 394 | -                             | 2300    |
| Hierro          | -                       | 293       | -                             | 3060    |
| Plata           | -                       | 109       | -                             | -       |
| Plomo           | -                       | 22.5      | -                             | 1750    |
| Cobre           | -                       | 214       | -                             | 2360    |
| Mercurio        | -                       | 11.73     | -                             | 356.7   |

**Ejemplo:** ¿Cuánto calor se requiere para fundir 10 kg de cobre, considerando su temperatura de fusión? (Tabla 2.3).

## Solución:

| Datos (1)   | Incógnita (2) | Fórmula (3) | Sustitución (4)  | Solución (5)                                  |
|---|---------------|-------------|------------------|---|
| $L_f = 22.5 \text{ kJ/kg}$<br>$m = 10 \text{ kg}$ | $Q$           | $Q = L_f m$ | $Q = (22.5)(10)$ | El calor requerido es<br>$Q = 225 \text{ kJ}$ |

## Calor cedido y absorbido de los cuerpos

En los laboratorios, la identificación de algunas sustancias se puede realizar midiendo el calor específico o bien midiendo el calor de transformación de una sustancia. Para lo cual se aplican técnicas como la denominada **calorimetría**, la cual fue introducida en 1790. El principio básico de la calorimetría es la *conservación de la energía*. En la medición del calor, se emplea un *calorímetro*.



**Calorimetría:** procedimiento para medir el calor producido por una reacción química o un proceso físico.



Si ponemos un cuerpo caliente junto a uno frío, después de un tiempo ambos tendrán la misma temperatura y cuando esto sucede se ha alcanzado el equilibrio térmico.

Al aplicar la *ley de conservación de la energía*, tendremos:

$$\text{Calor perdido} = \text{Calor ganado}$$

$$(\text{Por el cuerpo caliente}) = (\text{Por el cuerpo más frío})$$

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{ganado}}$$

# Cambio climático

El ambiente ha experimentado alteraciones que amenazan a la salud y a la vida de todos los organismos del planeta. Entre los más importantes está el daño de la capa estratosférica de ozono, la pérdida de especies de flora y fauna, la disminución de reserva de agua dulce, la degradación de los suelos y, sin duda, el calentamiento global.



El incremento global de la temperatura a través del tiempo no solamente produce un clima más caliente, sino también más seco. Igualmente produce un calentamiento errático, con cambios extremos que van desde temperaturas muy bajas hasta temperaturas muy altas en una misma área geográfica, además de una tendencia a la baja en las precipitaciones pluviales en algunas regiones, e inundaciones en otras. Todas estas alteraciones en los sistemas hídricos y climáticos se conocen generalmente como *cambio climático*.



Se ha observado que cuando la temperatura máxima rebasa los 36.5°C de manera sostenida, se presenta con mayor frecuencia muerte por calor entre los grupos de niños y adultos mayores, aumentan el número de incendios y los niveles de ozono en la fracción del aire respirable así como el incremento de plagas en el campo.

Las bajas temperaturas han tenido una participación clara en la incidencia de enfermedades respiratorias.



Además, con el cambio climático las enfermedades infecciosas como tuberculosis, dengue, influenza, cólera, encefalitis, por mencionar algunas, se han favorecido con los cambios climáticos.

En nuestro país debido al cambio climático ha aumentado el número de huracanes como *Vilma*, que en 2005 costó cerca de 75 mil millones de dólares a la industria del turismo en Cancún; el huracán *Alex*, que en 2010 desbordó los ríos de Nuevo León y causó la destrucción de un sinnúmero de casas; también se han presentados sequías, heladas, inundaciones y olas de calor. En 2011 una helada en Sinaloa provocó la pérdida de 5000 hectáreas de hortalizas.



## Actividad de aprendizaje 5

**Instrucciones:** Resuelve los siguientes ejercicios. Realiza las anotaciones necesarias en tu cuaderno. Reflexiona sobre tus respuestas para que después las comentes con tus compañeros de clase.

1. Calcula la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 20 g de platino de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ . \_\_\_\_\_
2. ¿Qué cantidad de calor se debe suministrar a 300 g de cobre que están inicialmente a  $20^{\circ}\text{C}$  para fundirlos totalmente? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Se extraen 25 kcal de calor de un recipiente con 500 g de agua a  $90^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es la temperatura final del agua? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Luz se prepara un café pero está muy caliente, su hermana le dice que si introduce la cuchara de aluminio cuya masa es de 150 g, se enfría más rápido el café. Si el café está a  $50^{\circ}\text{C}$  y la taza contiene 300 g

de agua y la cuchara está a una temperatura de 20°C, ¿cuál será la temperatura de ambos al ponerse en contacto? \_\_\_\_\_



Reflexionemos sobre la actividad

## ¿De qué te das cuenta?

Cuando exponemos al fuego por demasiado tiempo un objeto de plomo y uno de plástico se derriten. El tiempo en que sucede es diferente para cada material, ¿por qué crees que sucede esto? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## Actividad de aprendizaje 6

**Producto de aprendizaje:**

### construcción de un termómetro

**Instrucciones:** Reúnete en equipos de 3 o 4 personas, busca en tu casa el material necesario para la construcción de un termómetro casero o trata de conseguirlo.

Sigue las instrucciones para armarlo y una vez que esté construido y funcionando, realiza tres mediciones que consideres importantes en tu comunidad. Registra los datos que obtengas para que después los comentes con tus compañeros de clase, escucha y respeta las aportaciones de los demás para mejorar tu trabajo.

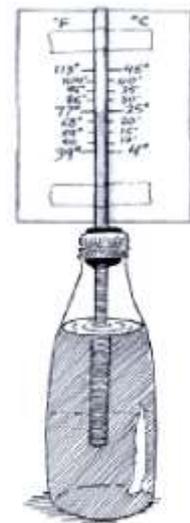
*Propósito:* Construir un termómetro con utensilios caseros aplicando los principios básicos de su funcionamiento.

*Material:*

- 150 ml de agua.
- 50 ml de alcohol a 96°.
- Botella de plástico o vidrio de boca estrecha.
- Colorante vegetal.
- Popote o tubo de vidrio con diámetro de 0.5 cm.

*Procedimiento para construirlo:*

1. Perfora la tapa de la botella e introduce el popote o tubo de vidrio de tal manera que al cerrar la botella con el tapón, este quede cerca del fondo. Debes sellar perfectamente el orificio en donde se introdujo el popote o tubo de vidrio.
2. Agrega a la botella el agua y el alcohol, tiñe con el colorante (aproximadamente 1/4 de su capacidad) y simplemente cierra la botella apretando el tapón.
3. Introduce la botella en agua con hielo y observa cómo al disminuir la presión en el interior de la botella comienza a entrar aire a través del popote o varilla (burbujea) para igualarse con la presión atmosférica.
4. Deja que entre aire durante un rato y saca la botella del agua dejándola a temperatura ambiente. Observa cómo comienza a subir el líquido coloreado por el popote o varilla. Déjalo hasta que se mantenga estable.



5. Para graduar el termómetro, cuando la altura del líquido en el popote se haya estabilizado, haz una marca con un rotulador. Corresponderá a la temperatura ambiente que marque el termómetro exterior.

6. Realiza nuevas marcas a distintas temperaturas ambiente para marcarlas en el resto de los intervalos de graduación del termómetro.

## Reflexiona sobre lo aprendido

En este bloque se presentaron los conceptos de calor y temperatura en donde se enfatizó que son conceptos distintos. La temperatura es una medida de qué tan caliente o frío está un cuerpo u objeto y para ello se utilizan termómetros, los cuales pueden ser líquidos o de gas, y cuyas escalas pueden ser Kelvin, Fahrenheit, Celsius o Rankine, además se analizaron los cambios de temperatura en un cuerpo u objeto que pueden provocar una dilatación térmica, la cual puede ser lineal, superficial o volumétrica.

El calor es la transferencia de energía de un cuerpo a otro, debido a una diferencia de temperatura entre ellos, el símbolo  $Q$  es utilizado para representar la cantidad de energía transferida. Debido a que el calor es una medida de la transferencia de energía, su unidad SI es el Joule ( $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$ ). También se abordó que el calor se puede transmitir por conducción, convección o radiación, así como los conceptos de capacidad calorífica que nos permite determinar la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar la temperatura un grado, el calor específico que es la cantidad de calor que requiere una unidad de masa de la sustancia para que su temperatura se eleve un grado, y los cambios de fases y el calor latente, que es la relación entre la cantidad de calor (absorbido o liberado) y la masa del material que experimenta el cambio de fase. Se hizo énfasis en el calentamiento global, el cual es

un fenómeno físico que manifiesta el cambio de temperatura y que afecta al medio ambiente.

## Autoevaluación

**Instrucciones:** Resuelve los siguientes ejercicios. Realiza las anotaciones necesarias en tu cuaderno con orden y limpieza. Reflexiona sobre tus respuestas para que después las comentes con tus compañeros de clase.

### **I. Subraya la respuesta correcta en cada caso.**

1. La temperatura es:

- a) El intercambio de calor de un cuerpo a otro.
- b) Es una medida intermedia de la energía cinética promedio de las partículas de un cuerpo.
- c) Una magnitud física que nos indica que tan caliente o frío se encuentra un cuerpo o sustancia.
- d) Transferencia de calor entre dos cuerpos.

2. El calor es:

- a) La energía que se genera cuando realizamos un trabajo.
- b) La temperatura que aumenta.
- c) La energía que se transfiere de un cuerpo a otro, cuando están en contacto y a diferente temperatura.
- d) Ninguna de las anteriores.

3. Las escalas de temperatura en los diferentes sistemas son:

- a) Celsius y Fahrenheit.
- b) Kelvin y Fahrenheit.
- c) Celsius, Fahrenheit, Kelvin y Rankin.
- d) Celsius, Kelvin y Fahrenheit.

4. La temperatura más baja que se puede alcanzar es:

- a)  $0^{\circ}\text{C}$

b)  $-17.77^{\circ}\text{F}$

c)  $-273^{\circ}\text{C}$

d)  $0^{\circ}\text{R}$

5. Dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico cuando:

a) Al estar en contacto tienen el mismo calor.

b) Al estar en contacto tienen la misma temperatura.

c) Al estar en contacto tienen el mismo calor específico.

d) La temperatura en grados Celsius y Fahrenheit es la misma.

6. Las unidades en el sistema internacional del calor son:

a) kcal

b) BTU

c) calorías

d) joule

7. El aumento del área de un cuerpo al incrementar la temperatura se conoce como:

a) Dilatación térmica

b) Dilatación lineal

c) Dilatación superficial

d) Dilatación volumétrica

8. La forma de propagación del calor a través de un cuerpo sólido debido al choque molecular se llama:

a) Convección

b) Conducción

c) Radiación

d) Ninguna de las anteriores

## **II. Preguntas y actividades de desarrollo.**

1. ¿Cuál es la diferencia entre capacidad térmica, calor específico y calor latente? \_\_\_\_\_

---

---

2. ¿Por qué los cambios de fase ocurren a temperatura constante? \_\_\_\_

---

---

3. Explica a nivel molecular, ¿por qué el agua se evapora a cualquier temperatura? \_\_\_\_\_

---

---

4. Realiza un mapa conceptual de los cambios de fase, que incluya las variables de las cuales depende. \_\_\_\_\_

---

---

5. Realiza un esquema de cómo resolver los problemas de calorimetría.

---

---

6. Menciona las unidades de medida en el Sistema Internacional de las siguientes magnitudes físicas: calor, temperatura, calor específico, calor latente y masa. \_\_\_\_\_

---

---

**III. Resuelve en tu cuaderno los siguientes ejercicios indicando el procedimiento, las unidades correspondientes y la conclusión.**

9. Realiza las siguientes conversiones de temperatura.

a)  $-150^{\circ}\text{C}$  a  $^{\circ}\text{F}$  \_\_\_\_\_

b)  $-100^{\circ}\text{C}$  a K \_\_\_\_\_

c)  $80^{\circ}\text{C}$  a  $^{\circ}\text{R}$  \_\_\_\_\_

10. Un alambre de cobre mide 4 m a 20°C, ¿cuál será su longitud si se incrementa la temperatura al triple? \_\_\_\_\_

11. Una ventana de vidrio tiene una superficie de 3 m<sup>2</sup> a 20°C ¿cuál es la superficie de la ventana cuando la temperatura es de 35°C? \_\_\_\_\_

12. ¿Qué cantidad de calor se debe suministrar a 1 litro de agua para que se eleve la temperatura de 20°C a 90°C? \_\_\_\_\_

13. Una barra de hierro de 2 kg está a 20°C, si se le suministran 20 Kcal, ¿cuál es la temperatura final? \_\_\_\_\_

14. Determina el calor específico de una barra de 500 g de metal que requiere 5 Kcal para incrementar la temperatura de 40°C a 80°C. \_\_\_\_\_

15. Si 300 ml de agua se encuentran a 80°C y se mezclan con 200 ml de agua a 100°C, ¿cuál es la temperatura final de la mezcla? \_\_\_\_\_

|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
| <b>¿Cómo evalúas el nivel de tus conocimientos previos en función de las respuestas correctas que tuviste?</b> | <b>Excelente</b>     |  |
|  | <b>Bien</b>          |  |
|  | <b>Regular</b>       |  |
|  | <b>No suficiente</b> |  |