

El Calor y la Temperatura

La temperatura

La **temperatura** es una magnitud relacionada con la energía térmica de los cuerpos.

Cuando se ponen en contacto mutuo dos cuerpos a diferente temperatura, intercambian energía hasta alcanzar ambos la misma temperatura. Se dice entonces que ambos cuerpos están en **equilibrio térmico**.

Si dos objetos (A y B) están en equilibrio térmico con un tercero (C), entonces están en equilibrio térmico entre sí.

Los **termómetros** se utilizan para medir la temperatura de los cuerpos.

Se basan en el cambio de alguna propiedad física (**propiedad termométrica**) de los cuerpos con la temperatura.

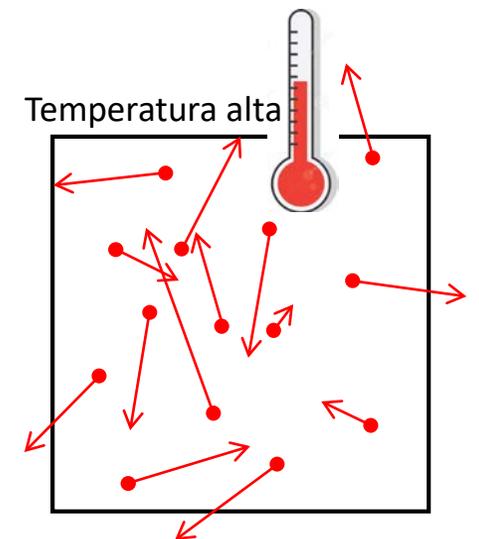
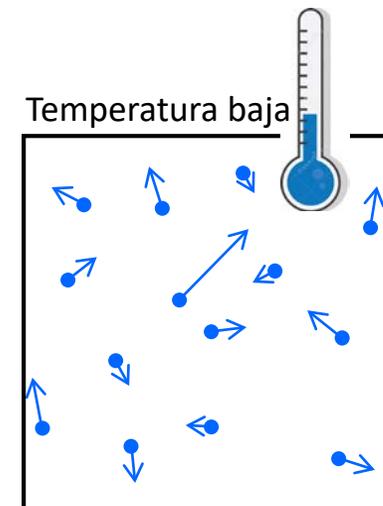
A una temperatura determinada, las partículas de un cuerpo tienen diferentes energías (se mueven a diferentes velocidades).

Cuando la temperatura asciende/desciende, el conjunto de las partículas se mueven más rápido/lento (tienen más/menos energía), aunque algunas pueden seguir siendo muy lentas/rápidas.

Estas ideas son ciertas independientemente del número de partículas.



(Principio cero de la termodinámica)



El Calor y la Temperatura

Cuestiones

¿Qué energía térmica es mayor, la de una piscina con agua a 20°C o la de un vaso de agua a 25°C ?

- a) La de la piscina.
- b) La del vaso de agua.
- c) Ambas por igual.
- d) No contienen energía térmica, sino calor.

¿Qué energía térmica media es mayor, la de una piscina con agua a 20°C o la de un vaso de agua a 25°C ?

- a) La de la piscina.
- b) La del vaso de agua.
- c) Ambas por igual.
- d) Todas las partículas tienen la misma energía.

Cuando se calienta un gas...

- a) Aumenta su temperatura, pero no su energía térmica.
- b) Aumenta su energía térmica, pero no su temperatura.
- c) Aumentan tanto la temperatura como la energía térmica.
- d) El producto de su energía térmica por su temperatura se mantiene constante.

El Calor y la Temperatura

Termómetros

Los **termómetros** se utilizan para medir la temperatura de los cuerpos.

Se basan en el cambio de alguna propiedad física (propiedad termométrica) de los cuerpos con la temperatura. Ejemplos de estas propiedades físicas son el **volumen de un líquido**, las **dimensiones de un sólido** o la **resistencia eléctrica** de un conductor.

Ejemplo Calibración de un termómetro de mercurio: Se mide la longitud de la columna de mercurio en un tubo capilar en contacto térmico con: a) una mezcla de agua/hielo a 1 atm, b) una mezcla de agua y vapor en equilibrio a 1 atm. La longitud de líquido entre los dos puntos se divide en 100 partes iguales. Esta escala es la escala Celsius de temperatura y cada parte de las 100 representa un grado Celsius. Este tipo de termómetros presenta dos problemas principales:

- 1) valores aproximados de la temperatura, que dependen del material.
- 2) Intervalo limitado de temperaturas (en este caso entre 0 y 100°C).

El Calor y la Temperatura

Temperatura absoluta

Para establecer una correspondencia entre temperatura y energía media de agitación térmica de las partículas, es necesario establecer un “cero” de temperaturas que se corresponda con el cero de energía térmica. Este es el *cero absoluto* de temperaturas y al empezar a contar desde ese punto se obtiene la escala absoluta de temperaturas.

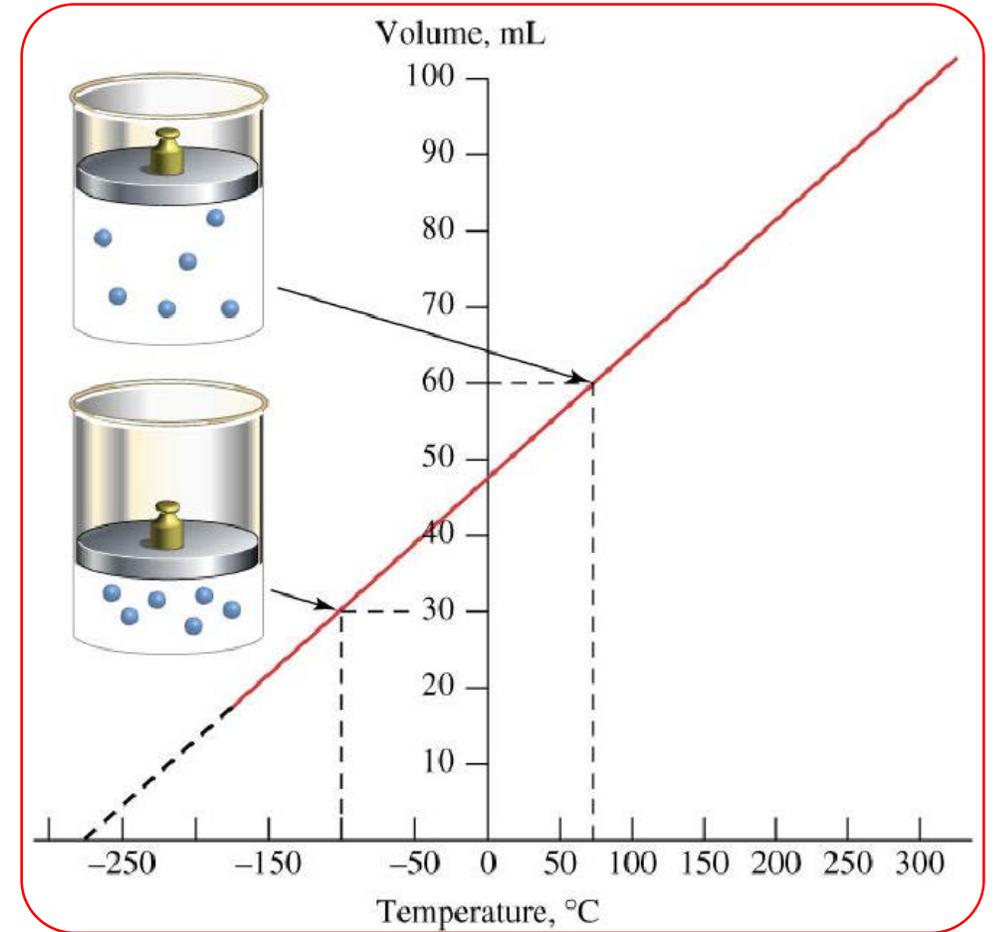
Todo gas ocupa un cierto volumen bajo unas determinadas condiciones de temperatura y presión. Sin embargo, a medida que disminuye la temperatura, su volumen también lo hace.

A $T = -273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$, el volumen de cualquier gas (**ideal**) se hace cero.

En realidad (**gases reales**) no se puede producir esta situación ya que las partículas componentes de los gases tienen un tamaño no nulo (a diferencia de los gases ideales) e interactúan entre sí. Los gases reales se licúan a temperaturas suficientemente bajas.

No obstante, el valor de $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ sigue siendo el límite inferior de temperaturas, es decir, el cero absoluto de temperaturas.

Hay una escala absoluta de temperaturas, llamada escala Kelvin, cuya unidad, el kelvin (K), es la adoptada por el SI.



Gas ideal encerrado en un recipiente tapado por un émbolo móvil. Sobre el gas actúa la presión debido a la pesa. Al descender la temperatura, la presión se mantiene constante y el volumen desciende paulatinamente, de forma que al llegar al cero absoluto, el volumen del gas ideal se hace nulo.

El Calor y la Temperatura

Cuestiones

La temperatura máxima durante un día caluroso de verano es de 100 °F. ¿Cuál es el valor de esa temperatura expresado en grados Celsius y Kelvin?

¿A qué temperatura marcarán exactamente el mismo valor dos termómetros, uno en escala Celsius y el otro en escala Fahrenheit?

Completar la siguiente tabla de temperaturas, convirtiendo a las escalas en que falta su valor.

Temperatura Celsius (°C)	Temperatura Fahrenheit (°F)	Temperatura Kelvin (K)
50		
	50	
		50
-20		
	-40	
		300

$$K = C + 273.15 \Rightarrow C = K - 273.15$$

$$F = \frac{9}{5}C + 32 \Rightarrow C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

El Calor y la Temperatura

El calor y la caloría

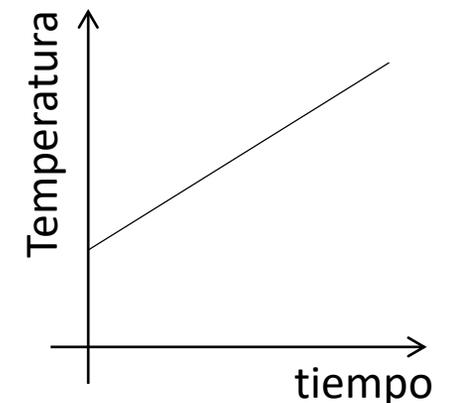
Calor es el proceso de intercambio de energía térmica que se transfiere entre un sistema y sus alrededores, debido a una diferencia de temperaturas. Por tanto, se puede decir que es la variación de la energía térmica de un cuerpo.

El calor no es una magnitud independiente que se pueda *almacenar* en los cuerpos. La magnitud que aumenta o disminuye en un cuerpo es su energía térmica, y estas variaciones (en forma de intercambio de calor) se reflejarán en la variación de la temperatura.

Definición de caloría: Es el calor que hay que suministrar a 1 g de agua para que aumente 1°C su temperatura. En realidad, la definición oficial describe la caloría como: “la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua destilada de 14.5 °C a 15.5 °C a nivel del mar (una atmósfera de presión)”.

La caloría de la que se habla en alimentación es en realidad la kilocaloría. Cuando se dice que cierto alimento aporta x calorías, en realidad hay que entender que se trata de x kilocalorías (o $1000x$ calorías).

En la figura se muestra el calentamiento de una cantidad de agua. Si registramos la temperatura en diferentes momentos, se puede obtener la curva de calentamiento, que en realidad es una recta (la temperatura varía proporcionalmente con el tiempo).



El Calor y la Temperatura

Cuestiones

Suponiendo que el agua de una piscina y el de un barril están a la misma temperatura, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

- a) El agua de la piscina almacena más calor que el depósito.
- b) El agua de la piscina almacena más energía térmica que el depósito.

Cuando un cuerpo cede calor...

- a) ... cede frío también para compensar.
- b) ... disminuye su energía térmica.

Respecto a la energía térmica de un cuerpo podemos decir que...

- a) ... el calor es idéntico, ya que se trata de dos conceptos sinónimos.
- b) ... el calor es una variación de esa energía térmica.

Si dos cuerpos de la misma naturaleza y masa poseen la misma temperatura...

- a) ... los dos almacenan la misma cantidad de calor.
- b) ... los dos almacenan la misma cantidad de energía térmica.

El Calor y la Temperatura

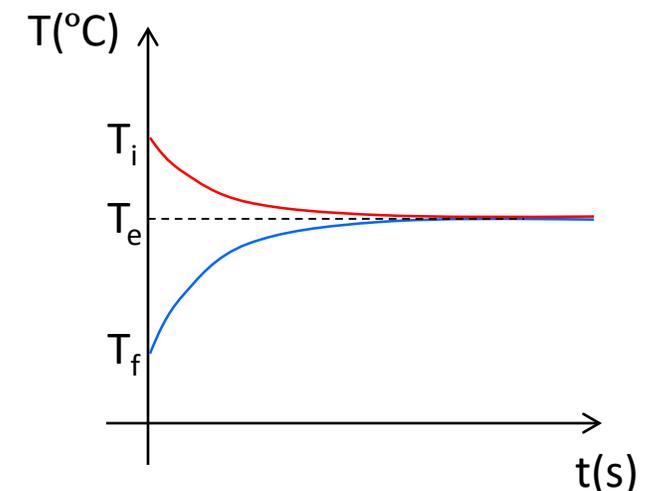
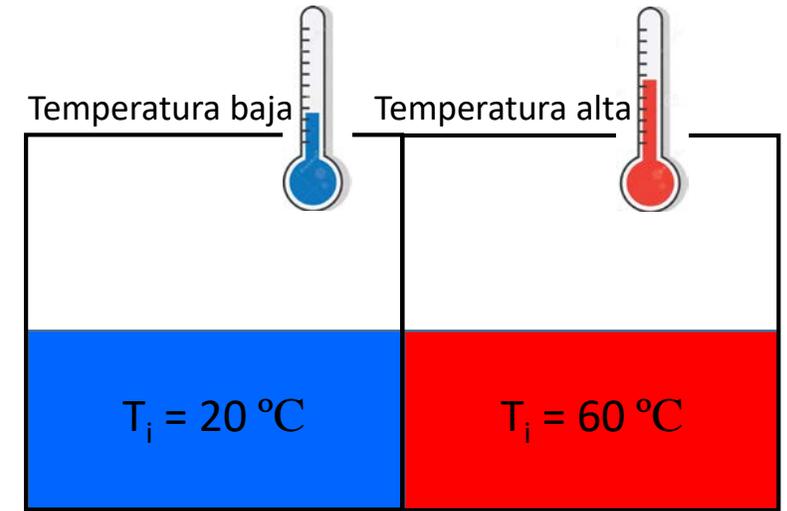
Equilibrio térmico e intercambio de calor

Al poner dos cuerpos a diferente temperatura en contacto térmico, se produce un intercambio de energía (calor) del más caliente al más frío, hasta que las temperaturas se igualan. En esta situación, se ha llegado al **equilibrio térmico**. La temperatura a la que se alcanza este equilibrio no tiene por qué ser necesariamente la media aritmética de las dos temperaturas iniciales puesto que también depende de los calores específicos de los materiales.

La variación de la temperatura en cada uno de los cuerpos es mayor al principio, cuando la diferencia de temperaturas es mayor. En cambio, al final del proceso, la variación térmica se hace muy lenta, puesto que ambas temperaturas son más parecidas. Así, el completo equilibrio térmico puede tardar mucho en lograrse.

El intercambio de calor por unidad de tiempo es proporcional a la diferencia entre las temperaturas de los cuerpos en contacto:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{m \cdot c_e \cdot \Delta T}{\Delta t}$$



El Calor y la Temperatura

Transmisión y efectos del calor

El calor puede propagarse de tres formas: **conducción, convección y radiación.**

Generalmente, los tres mecanismos funcionan simultáneamente, pero a menudo predomina uno de ellos en función del tipo de cuerpos que intercambian calor y de sus posiciones relativas:

- Cuando se trata de cuerpos sólidos en contacto, predomina la conducción.
- Cuando se trata de fluidos en contacto, predomina la convección.
- Cuando se trata de cuerpos distantes entre sí, predomina la radiación.

CONDUCCIÓN



El calor se transporta por colisiones entre moléculas de movimiento rápido (calientes) y entre las moléculas de movimiento más lento (frías)

CONVECCIÓN



El volumen de fluido caliente se mueve desde unas regiones a otras, transportando la energía interna.

RADIACIÓN



La energía es transportada por ondas electromagnéticas emitidas por cada objeto. Los cuerpos a mayor temperatura tienen una mayor tasa a la cual irradian.

El Calor y la Temperatura

Transmisión y efectos del calor

Conducción: La conducción implica contacto, pero no flujo de materia. No todos los cuerpos se comportan igual a la hora de conducir el calor: Hay buenos conductores (metales) y malos conductores o aislantes (madera, aire). El diamante es uno de los mejores conductores del calor.

Al tocar una superficie metálica y otra de madera, ambas a temperatura ambiente, la primera parece más fría. Eso es debido a que el cuerpo humano está a una temperatura más alta, y se transmite continuamente calor, que se reparte por todo el metal.

Sin embargo, como la madera es mala conductora, al tocarla, basta que la temperatura de la superficie en contacto se equilibre con la de la mano para que deje de circular calor, aunque el resto de la madera siga a menor temperatura.



El Calor y la Temperatura

Transmisión y efectos del calor

Convección:

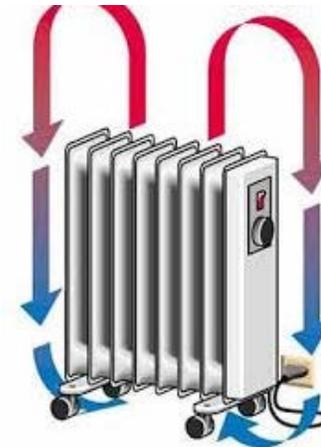
La convección implica el transporte de calor junto con transporte de materia.

Los fluidos calientes tienden a ser menos densos y flotar sobre fluidos más fríos.

Al calentar agua en una cazuela, la superficie de la olla y el agua en contacto con ella se calientan por conducción, pero el agua del interior se calienta sobre todo por convección.

Las tormentas se originan por la convección de capas de aire a diferentes temperaturas en la atmósfera:

El ascenso del aire húmedo y caliente de las capas inferiores arrastra el vapor de agua que se condensa al llegar a zonas más frías. También es la responsable de las corrientes marinas, que tienden a mezclar el agua caliente de las zonas ecuatoriales con el agua fría de las zonas polares.



El Calor y la Temperatura

Transmisión y efectos del calor

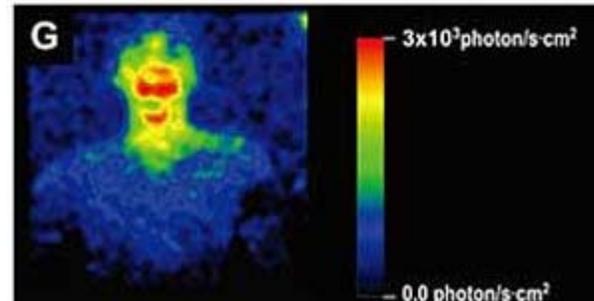
Radiación:

En transmisión por radiación, el calor se transporta a distancia por radiación electromagnética.

Si no se absorbe, puede viajar largas distancias, puesto que este tipo de energía transmitida en forma de ondas electromagnéticas, puede propagarse por el vacío, haciendo posible que nos llegue la luz y el calor del Sol a la Tierra.

Todos los cuerpos radian energía en forma de calor. Esta radiación es tanto mayor cuanto más elevada sea la temperatura del cuerpo emisor. Típicamente infrarroja.

Al acercar la mano a una bombilla de filamento, notamos el calor, transferido por radiación.



El Calor y la Temperatura

Cuestiones

El agua de una piscina se enfría durante la noche...

- a) ... por conducción. b) ... por convección. c) ... por radiación.

El aire acondicionado calienta una habitación en invierno...

- a) ... por conducción. b) ... por convección. c) ... por radiación.

El aire acondicionado enfría una habitación en verano...

- a) ... por conducción. b) ... por convección. c) ... por radiación.

El microondas calienta los alimentos...

- a) ... por conducción. b) ... por convección. c) ... por radiación.

El calor que recibimos del sol se transmite...

- a) ... por conducción. b) ... por convección. c) ... por radiación.

El intercambio de calor dentro de una nube de tormenta se produce...

- a) ... por conducción. b) ... por convección. c) ... por radiación.

El calor intercambiado entre una cocina eléctrica y una olla con agua se realiza...

- a) ... por conducción. b) ... por convección. c) ... por radiación.

El Calor y la Temperatura

Dilatación térmica

Normalmente los cuerpos se dilatan al aumentar su temperatura.

1 dimensión: $L = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T =$

$$= L_0(1 + \alpha \Delta T) \Rightarrow \alpha \text{ coeficiente de dilatación lineal.}$$

2 dimensiones: $S = S_0 + \Delta S = S_0 + \beta S_0 \Delta T =$

$$= S_0(1 + \beta \Delta T) \Rightarrow \beta \text{ coeficiente de dilatación superficial.}$$

3 dimensiones: $V = V_0 + \Delta V = V_0 + \gamma V_0 \Delta T =$

$$= V_0(1 + \gamma \Delta T) \Rightarrow \gamma \text{ coeficiente de dilatación cúbica.}$$

Relación entre los coeficientes de dilatación lineal:

$$\beta = 2\alpha$$
$$\gamma = 3\alpha$$

Las unidades de α , β y γ son $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Coeficientes de Dilatación Lineal α de 20°C a 100°C	
Aluminio	$2.2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Acero	$1.36 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Latón	$1.93 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Concreto	$0.70 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Cobre	$1.21 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Vidrio Pyrex	$0.30 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Plomo	$2.5 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Zinc	$3.54 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Hierro	$1.12 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Plata	$1.83 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Níquel	$1.25 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Vidrio	$0.89 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Hielo	$5.10 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$
Cuarzo	$0.05 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$

El Calor y la Temperatura

Cuestiones

Una varilla de aluminio de 1 metro de longitud se encuentra inicialmente a una temperatura de 10°C . Su longitud a esa temperatura es de 1 metro. ¿Cuánto valdrá su longitud si calentamos la varilla hasta 55.5°C ? El coeficiente de dilatación lineal del aluminio es de $\alpha = 2.2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

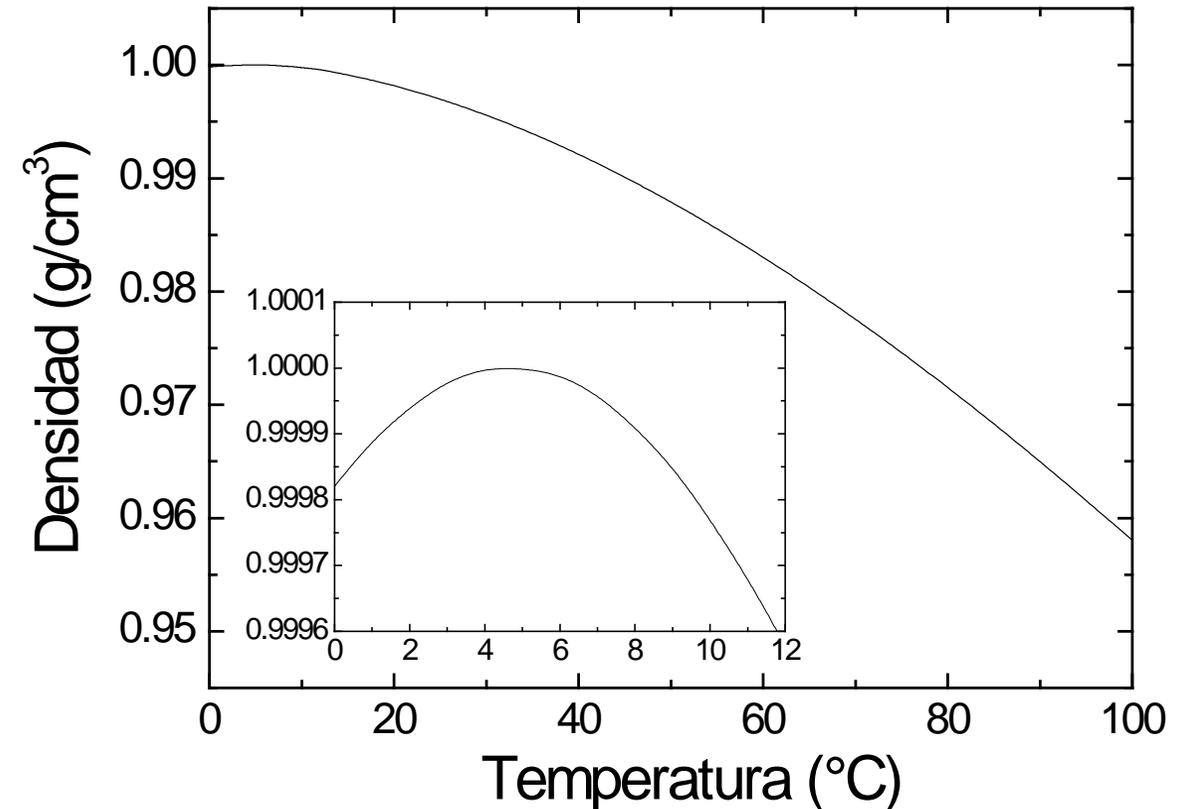
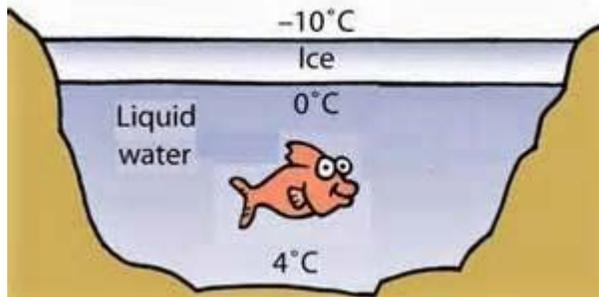
Determinar el coeficiente de dilatación cúbica de un cuerpo, sabiendo que su volumen a la temperatura de 50°C es de 1 m^3 , pero que se reduce a 0.99575 m^3 al bajar la temperatura hasta los 10°C . ¿Cuánto vale el coeficiente de dilatación lineal de ese mismo cuerpo? ¿Y el coeficiente de dilatación superficial? ¿De qué material está hecho el cuerpo? (comparar con los valores de la tabla en la diapositiva anterior).

El Calor y la Temperatura

Dilatación anómala del agua

Aunque la mayor parte de las sustancias se dilatan cuando se calientan, el comportamiento del agua para temperaturas entre 0 y 4°C es excepcional.

Esta propiedad del agua tiene importantes consecuencias biológicas para la vida marina. A temperaturas superiores a los 4°C, las aguas más frías se hunden hacia el fondo del lago al ser más densas. En cambio, cuando la temperatura es inferior a los 4°C, las aguas más frías ascienden hacia la superficie al ser en este caso menos densas. Como consecuencia de ello, el hielo se forma primero en la superficie y como el hielo es menos denso que el agua líquida, permanece en la superficie, actuando como un aislante térmico para el agua que está por debajo. Si esto no fuera así, los lagos se congelarían por completo, haciendo imposible la vida acuática.



El Calor y la Temperatura

Capacidad calorífica y calor específico

No todas las sustancias aumentan su temperatura de igual manera al recibir una determinada cantidad de calor.

Si calentamos iguales cantidades de agua y alcohol (figuras de la derecha), el segundo aumenta la temperatura más rápidamente que el primero.

La **capacidad calorífica** (C) de un cuerpo es la cantidad de calor que hay que suministrarle para que su temperatura ascienda 1°C . (se mide en $\text{cal}/^{\circ}\text{C}$).

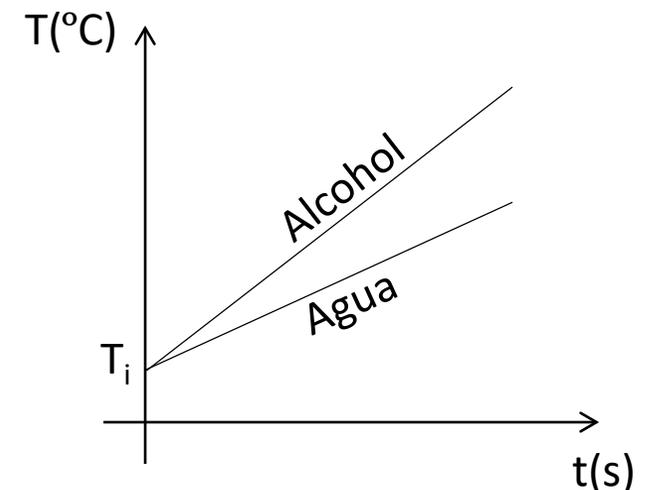
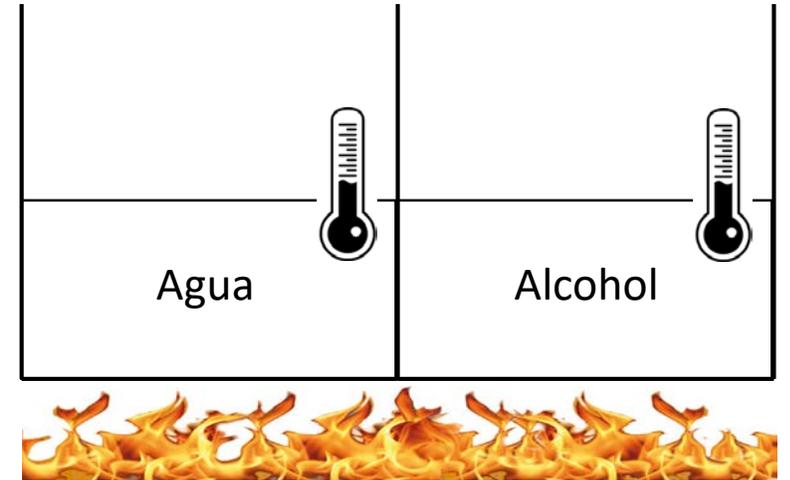
La capacidad calorífica depende del tipo de sustancia como de la cantidad (masa). Por ello, se define el **calor específico** (c) de un cuerpo como la capacidad calorífica de 1 g de ese cuerpo (y se mide por tanto en $\text{cal}/\text{g}^{\circ}\text{C}$).

El calor específico sólo depende de la naturaleza del cuerpo. El calor Q que absorbe o cede un cuerpo de masa m cuando su temperatura pasa de un valor inicial T_i a otro valor final T_f viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

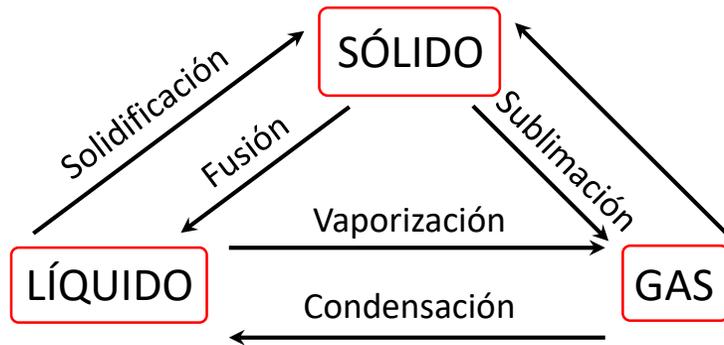
$Q > 0 \Leftrightarrow$ Absorbe calor

$Q < 0 \Leftrightarrow$ Cede calor



El Calor y la Temperatura

Cambios de fase: Calor latente



Calor latente (fusión/vaporización): Es el calor necesario para fundir/vaporizar una determinada cantidad de sustancia, manteniendo constante su temperatura.

$$Q_f = mL_f$$
$$Q_v = mL_v$$

Calor latente de fusión

Calor latente de vaporización

L_f y L_v son los calores latentes de fusión y vaporización, respectivamente.

La unidad SI para el calor latente es el J/kg (Julio por kilogramo).

Si se pretende pasar la misma sustancia de estado líquido a sólido (solidificar), o de gas a líquido (condensar) habrá que **retirarle** la misma cantidad de calor que en el caso anterior.

El Calor y la Temperatura

Calor específico, calor latente

Sustancia	c_e (J/kg·K)	c_e (cal/g·°C)	PF (K)	L_f (kJ/kg)	PE (K)	L_v (kJ/kg)
Agua	4184	1	273.15	333.5	373.15	2257
Alcohol etílico	2400	0,58	159	109	351	879
Aluminio	900	0,215	933.5	400	2792	10867
Bismuto	123	0,0294	544	54	1837	501
Cobre	386	0,0923	1358	206	2835	4721
Hielo (-10 °C)	2090	0,5	-	-	-	-
Mercurio	140	0,033	234.3	11.4	630	295.3
Oro	126	0,0301	1337	63.7	3129	1697
Plata	233	0,0558	1235	104.7	2435	2323
Plomo	128	0,0306	600.6	23.2	2022	858
Tungsteno	134	0,0321	3695	193	6203	449000
Hierro	452	0,1080	1808	247	3023	6260
Zinc	387	0,0925	693	112	1180	1763

Calores específicos, puntos de fusión/ebullición y calores latentes de fusión/vaporización de algunas sustancias.

El Calor y la Temperatura

Cuestiones

Se mezclan 500 g de agua a 10°C con otros 500 g de agua a 70°C. ¿Cuánto vale la temperatura de equilibrio?

Dato: Calor específico del agua $c_a = 4184 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$.

Se mezclan 500 g de alcohol etílico a 10°C con 500 g de agua a 70°C. ¿Cuánto vale la temperatura de equilibrio?

Datos: Calor específico del agua $c_a = 4184 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$.

Calor específico del alcohol etílico $c_{al} = 2400 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} = 0.58 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$.

Un cuerpo de 750 g de masa y temperatura de 20°C necesita absorber 27000 calorías para subir su temperatura hasta los 50°C. ¿Cuál es su calor específico?

Una sustancia de 250 g de masa tiene un calor específico de 0.9 cal/g°C. ¿Qué cantidad de calor será necesaria para subir su temperatura 50°C?

¿Qué cantidad de calor hay que aplicar a una masa de 300 gramos de hielo fundente (0°C) para convertirlo completamente en agua?

¿Qué cantidad de calor hay que aplicar a una masa de 150 gramos de agua a 100°C para convertirla completamente en vapor de agua?

El Calor y la Temperatura

Problema

¿Cuánto calor es necesario suministrar a 1000 g de hielo a -30°C y 1 atm para convertirlo totalmente en vapor de agua?

Gráfica temperatura–tiempo para el caso en que la tasa de aporte de calor sea de 1 kJ/s.

