



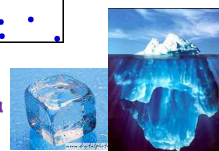
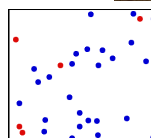
## ¿Qué es la temperatura?

Es una cantidad que nos indica qué tan frío o caliente está un objeto en comparación con una referencia. Se expresa por medio de un número que corresponde a una marca en cierta escala graduada.



### La temperatura...

- Permite caracterizar el estado de un material o sustancia, no es lo mismo un helado a temperatura inferior a 0°C que a temperatura ambiente...
- A nivel molecular, la temperatura se relaciona con la energía cinética promedio de las moléculas.
- En contraposición a lo que ocurre con la energía interna, la temperatura NO depende de la cantidad de materia, tiene la misma temperatura un cubito que un témpano de hielo.



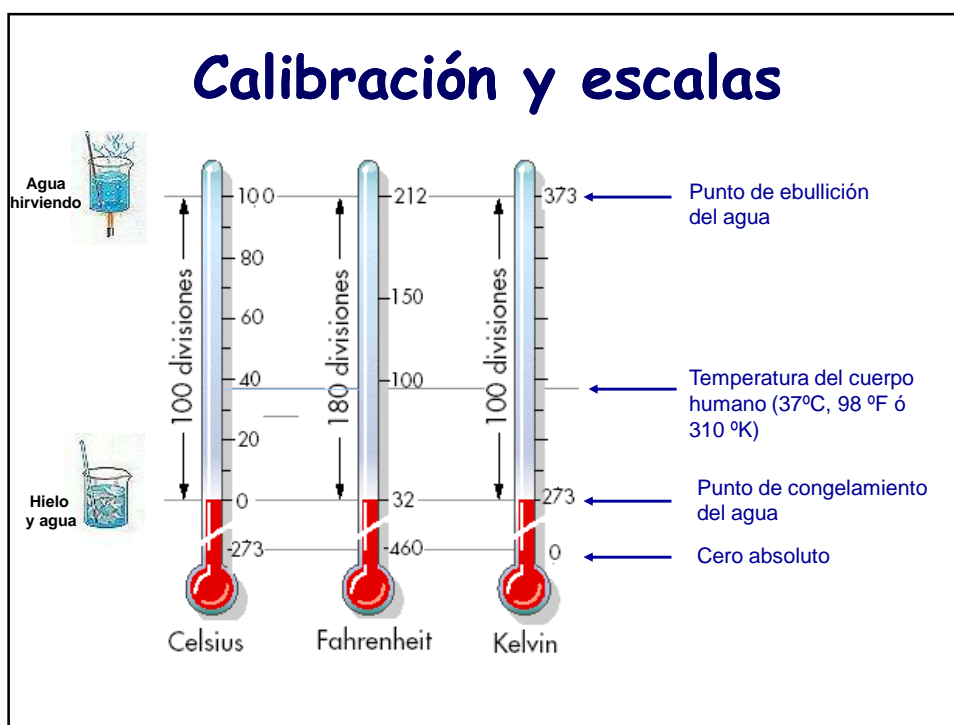
## ¿Cómo se mide?

**Con termómetros....**

- De mercurio, de alcohol
- De gas
- De espiral
- Digitales

**El funcionamiento de los termómetros se basa en:**

- el "Principio Cero de la Termodinámica"
- los cambios que se producen en las propiedades físicas de los materiales con la variación de temperatura (ej.: expansión térmica, densidad, color, conductividad eléctrica)...

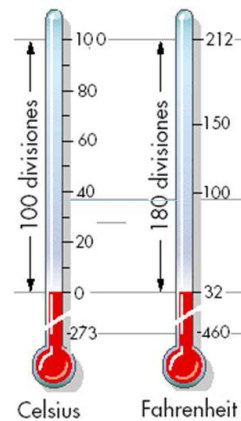



## Escalas Termométricas

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

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

$$T_K = T_C + 273$$



**La unidad en el SI es el grado Celsius!**

¿Si el termómetro indica  $32^\circ\text{F}$ , de qué temperatura en grados  $^\circ\text{C}$  estamos hablando?

Ud se encuentra en un hotel de EEUU y desea que la habitación esté aproximadamente a  $24^\circ\text{C}$ , ¿en qué valor de temperatura en  $^\circ\text{F}$  deberá setear al termostato?

Si la temperatura de ebullición del Nitrógeno es de  $78\text{K}$ , a temperatura ambiente, en qué estado se encuentra?

## Principio Cero de la termodinámica

"En una habitación aislada y sin fuentes de calor todos los cuerpos tienden a estar a igual temperatura (equilibrio térmico)"



## La expansión térmica

Cuando un material se **calienta**.... se **expande**



Todos se expanden...

los sólidos



los líquidos



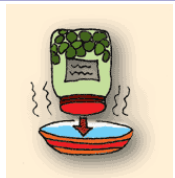
*Cuando se mide el aceite del auto hay que hacerlo en frío, pues el aceite se expande con el aumento de temperatura y no se puede conocer el valor real.*

y los gases



*Si calentamos la botella, el aire que está adentro se expandirá e inflará el globo*

## Convivimos con la expansión térmica....



Sumergimos en agua caliente los frascos que no podemos abrir, el metal se expande más que el vidrio y la tapa se afloja!



Para evitar que las expansiones y contracciones térmicas de las vías del ferrocarril produzcan daño, se dejan juntas de dilatación.



Las juntas de expansión permiten que el puente se expanda o se contraiga sin generar tensiones cuando la temperatura varía



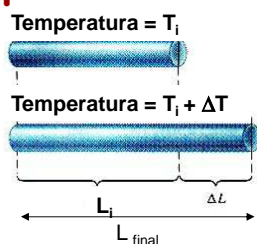
Cuando se realizan los tendidos de cables, no se dejan tirantes para permitir que se contraigan en días más fríos y se corten.



Si el pavimento de concreto fuera una pieza continua se formarían grietas. Por eso se divide en secciones, cada una separada de la siguiente por un espacio que se rellena con breá.

## En sólidos...

### Expansión lineal



$$\Delta L = \alpha L_i \Delta T$$

$$\Delta L = L_f - L_i$$

$$\Delta T = T_f - T_i$$

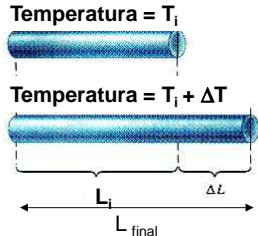
$\alpha$  es el coeficiente de dilatación térmica lineal

Un riel de ferrocarril de 1000mts está ubicado en una región donde en invierno las temperaturas alcanzan los  $-10^{\circ}\text{C}$  y en verano los  $40^{\circ}\text{C}$ .

- Qué cambio en longitud habrá que preveer entre esas dos situaciones? ( $\alpha=11 \cdot 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ )
- Cuál será la máxima longitud permitida si se desea que el espacio destinado para la dilatación no supere los 3cm en días de invierno?

**En sólidos...**

### Expansión lineal



$$\Delta L = \alpha L_i \Delta T$$

$$\Delta L = L_f - L_i$$

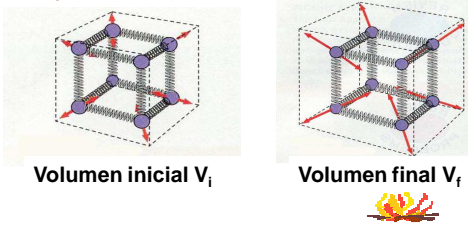
$$\Delta T = T_f - T_i$$

$\alpha$  es el coeficiente de dilatación térmica lineal

### Expansión superficial

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

### Expansión volumétrica



$$\Delta V = \beta V_i \Delta T$$

$\Delta V = V_f - V_i$


$\beta$  es el coeficiente de de expansión térmica volumétrica, para un dado material  $\beta=3\alpha$

## Expansión Térmica

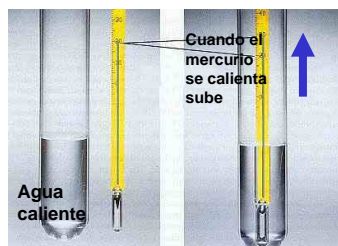
**TABLA 19.1**  
Coeficientes de expansión promedio para algunos materiales cerca de temperatura ambiente

Material	Coeficiente de expansión lineal promedio ( $\alpha$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>-1</sup>	Material	Coeficiente de expansión volumétrica promedio ( $\beta$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>-1</sup>
Aluminio	$24 \times 10^{-6}$	Alcohol, etílico	$1.12 \times 10^{-4}$
Latón y bronce	$19 \times 10^{-6}$	Benceno	$1.24 \times 10^{-4}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$	Acetona	$1.5 \times 10^{-4}$
Vidrio (ordinario)	$9 \times 10^{-6}$	Glicerina	$4.85 \times 10^{-4}$
Vidrio (Pyrex)	$3.2 \times 10^{-6}$	Mercurio	$1.82 \times 10^{-4}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$	Trementina	$9.0 \times 10^{-4}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$	Gasolina	$9.6 \times 10^{-4}$
Invar (aleación Ni-Fe)	$0.9 \times 10^{-6}$	Aire <sup>a</sup> a 0°C	$3.67 \times 10^{-3}$
Concreto	$12 \times 10^{-6}$	Helio <sup>a</sup>	$3.665 \times 10^{-3}$

<sup>a</sup> Los gases no tienen un valor específico para el coeficiente de expansión volumétrica porque la cantidad de expansión depende del tipo de proceso por el que pasa el gas. Los valores que se proporcionan aquí suponen que el gas experimenta una expansión a presión constante.

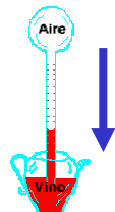


# ¿Cómo funcionan los termómetros?



Cuando el bulbo del termómetro se pone en contacto con el agua caliente, el mercurio se expande y sube por un capilar de vidrio. Al alcanzar el equilibrio térmico la altura de la columna indica la temperatura del agua.

El Termoscopio de Galileo se usaba para medir la temperatura corporal relativa, cuando las personas tocaban la esfera de vidrio el aire se expandía y bajaba la columna de vino.

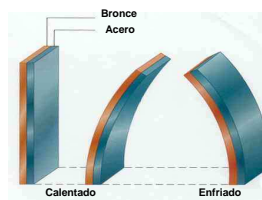


Termoscopio florentino

El funcionamiento del termómetro de Galileo se basa en la variación de la densidad de un líquido al variar su temperatura y, por tanto, la variación del empuje de Arquímedes, que experimenta una esfera situada en el seno del líquido, con la temperatura.



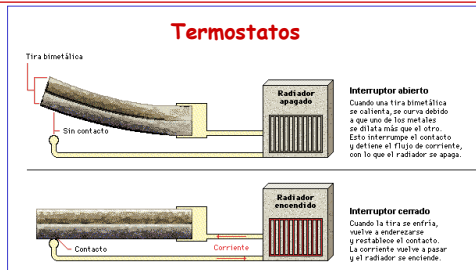
# Tira bimetálica



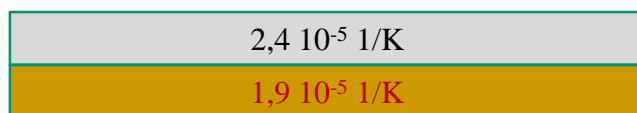
Dos láminas de distinto coeficiente de expansión térmico están unidas por un remache o soldadura. Cuando se calienta, un lado de la tira doble se hace más largo que el otro, y la tira se curva hacia un lado. Cuando se enfría, se curva en la dirección contraria debido a que el metal que más se expande también es el que más se contrae.



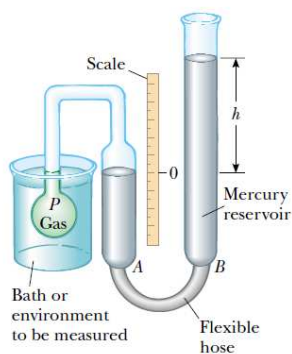
Termómetros de espiral



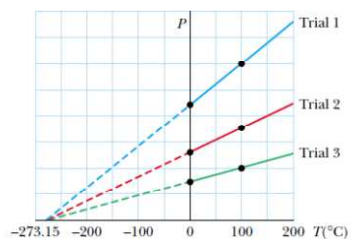
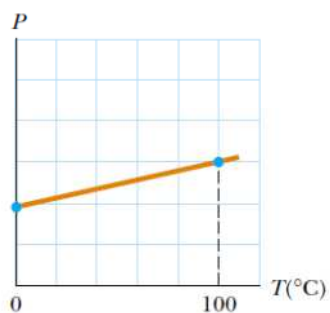
Una tira bimetálica está hecha de aluminio y bronce.. A la temperatura ambiente ambas tiras tienen la misma longitud y por lo tanto la tira bimetálica está recta. Si el coeficiente de dilatación lineal de aluminio es de  $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$  y el del bronce es de  $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ , qué sucederá con la tira cuando la temperatura aumente?



## Otros Termómetros



**Termómetro de gas de volumen constante**





Si una tuerca esta muy ajustada a un tornillo, se puede aflojar calentándola o enfriándola?

Sin calentar

Calentado

“Una cavidad en un material se expande como si la cavidad estuviese llena del mismo material”

### El agua es una excepción....

Hielo (-273°C - 0°C)    Hielo fundente (0°C)    Agua líquida (0°C - 100°C)    Agua en ebullición (100°C)

El hielo es **menos** denso que el agua.  
 el agua también se expande cuando se calienta....

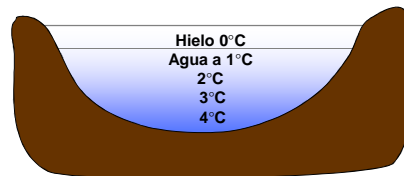
**El agua a 4° C es más densa que el agua a 0° C!!**

Cuando el hielo se derrite aumenta su densidad

A medida que el agua se calienta disminuye su densidad (se expande)

Efecto combinado de las dos tendencias.

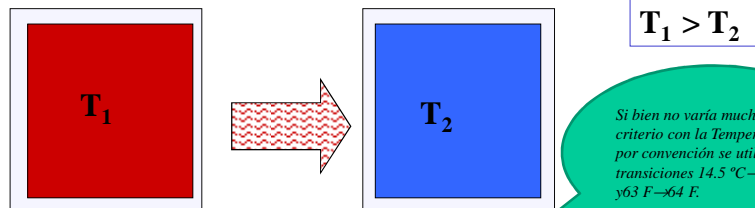
## ¿Cómo se congela el agua de mares y lagos?



Si dos cuerpos a distinta temperatura se ponen en contacto, el que está más frío se calienta y el que está más caliente se enfría...

hay una **transferencia de energía** desde el cuerpo de mayor temperatura ( $T_1$ ) al de menor temperatura ( $T_2$ ) que llamamos

**CALOR**



Si bien no varía mucho este criterio con la Temperatura, por convención se utilizan las transiciones 14.5 °C → 15.5 °C y 63 F → 64 F.

**Caloría (gramo):** calor a transferir a 1 g de  $H_2O$  para elevar su  $T$  en 1 °C \*

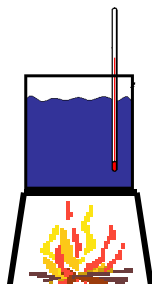
**KCaloría (kg):** calor a transferir a 1 kg de  $H_2O$  para elevar su  $T$  en 1 °C

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

**BTU:** calor a transferir a 1 libra de  $H_2O$  para elevar su  $T$  en 1 F

**El calor necesario para elevar la temperatura de un objeto depende ...del objeto**

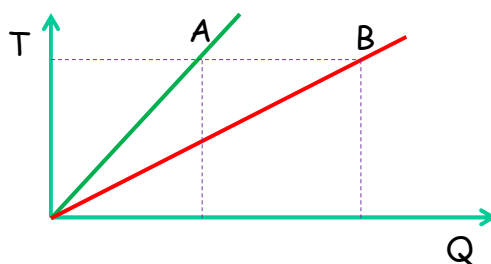
Hay objetos que necesitan recibir más calor que otros para alcanzar la misma temperatura



Se define la **capacidad calorífica** como el factor de proporcionalidad entre el calor entregado y el aumento de la temperatura  $Q = C \Delta T$

$$C = \frac{\text{calor recibido } Q}{\text{aumento de temperatura } \Delta T}$$

En el presente gráfico se representa la variación de la temperatura en función del calor entregado para dos objetos A y B, indique cuál de los 2 tiene mayor capacidad calorífica.

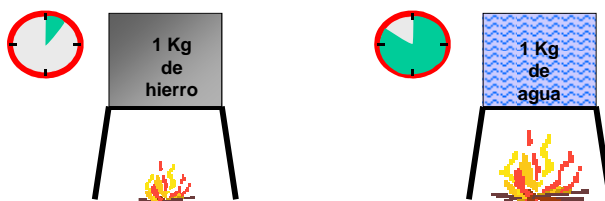


• Si se tratara de 1g y 1kg de agua, cuál sería A y cuál B?

• Si A y B están a la misma temperatura, y les extraigo la misma cantidad de calor... seguirán estando a la misma temperatura??

## depende de "la materia"...

Hay materiales que necesitan recibir más calor que otros para alcanzar la misma temperatura



Se define el **calor específico** como la capacidad calorífica por unidad de masa....

$$Q = c_p m \Delta T$$

calor específico

$c_p \text{ hierro} \ll c_p \text{ agua}$

## Tabla de calor específico

$$\text{Si } c(T) = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT}$$

Calores específicos de algunas sustancias a 25°C y presión atmosférica

Sustancia	Calor específico $c$		Sustancia	Calor específico $c$	
	J/kg · °C	cal/g · °C		J/kg · °C	cal/g · °C
<i>Sólidos elementales</i>			<i>Otros sólidos</i>		
Aluminio	900	0.215	Latón	380	0.092
Berilio	1 830	0.436	Vidrio	837	0.200
Cadmio	230	0.055	Hielo (-5°C)	2 090	0.50
Cobre	387	0.092 4	Mármol	860	0.21
Germanio	322	0.077	Madera	1 700	0.41
Oro	129	0.030 8	<i>Líquidos</i>		
Hierro	448	0.107	Alcohol (etílico)	2 400	0.58
Plomo	128	0.030 5	Mercurio	140	0.033
Silicio	703	0.168	Agua (15°C)	4 186	1.00
Plata	234	0.56	<i>Gas</i>		
			Vapor (100°C)	2 010	0.48

Se colocan en un horno dos objetos de 100gr de masa y distinto material (uno de Aluminio y otro de Plata) Considerando que ambos objetos estaban a 20°C, ¿cuánto calor absorberá cada uno hasta alcanzar la temperatura del horno 220°C?

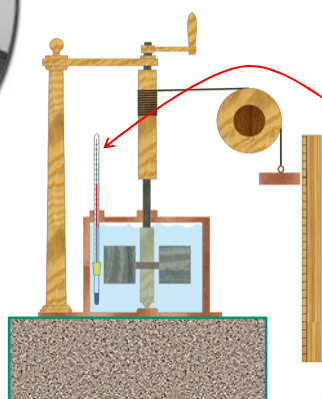
¿Cuánta energía se necesita para elevar la temperatura en 1°C de 0,5kg de agua y de 0,5kg de hielo?

## Equivalente mecánico del calor



James Joule  
(1818-1889)

En 1881 James Joule encontró que había una equivalencia entre el calor y el trabajo mecánico.



$$\Delta E = \Delta E_c + \Delta E_p = mg\Delta h$$

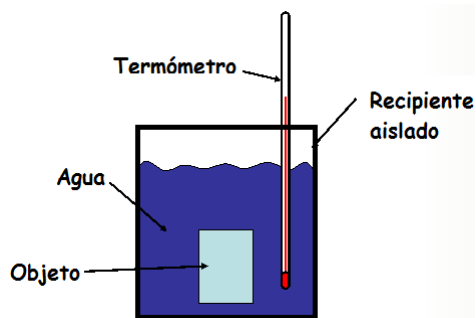
$$Q = m k \Delta T$$

Tanto el calor como el trabajo son medidas de transferencia de energía

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

**Equivalente mecánico del calor**

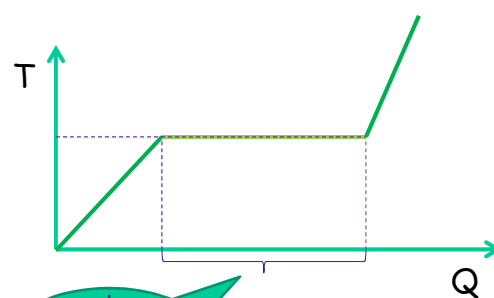
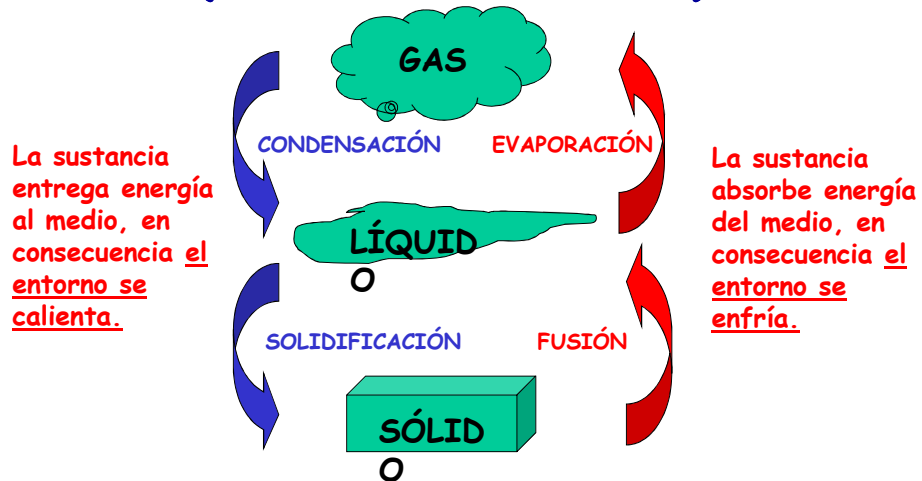
## Calorimetría $c_p$ ??



$$\sum Q_i = 0$$

Se desea determinar experimentalmente el calor específico del Cu. Se calientan 144g de limadura de cobre a  $100^\circ\text{C}$  y luego se vierte en el vaso de un calorímetro que contiene 200g de agua a  $20^\circ\text{C}$ . La temperatura final medida es de  $25^\circ\text{C}$ . Desprecie la masa del calorímetro y considere

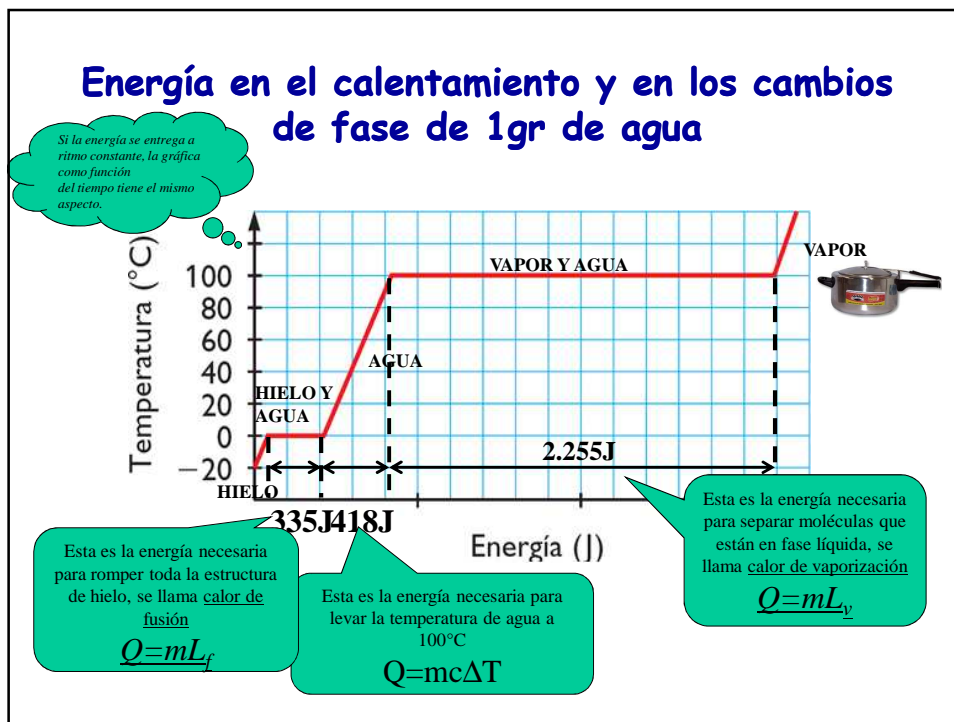
## TRANSICIONES DE FASE (cambios de estado)



calor empleado para una transición de fase

$$Q = \pm mL$$

$L$  [cal/g]



## Calor latente de fusión y vaporización

Latent Heats of Fusion and Vaporization				
Substance	Melting Point (°C)	Latent Heat of Fusion (J/kg)	Boiling Point (°C)	Latent Heat of Vaporization (J/kg)
Helium	-269.65	$5.23 \times 10^3$	-268.93	$2.09 \times 10^4$
Nitrogen	-209.97	$2.55 \times 10^4$	-195.81	$2.01 \times 10^5$
Oxygen	-218.79	$1.38 \times 10^4$	-182.97	$2.13 \times 10^5$
Ethyl alcohol	-114	$1.04 \times 10^5$	78	$8.54 \times 10^5$
Water	0.00	$3.33 \times 10^5$	100.00	$2.26 \times 10^6$
Sulfur	119	$3.81 \times 10^4$	444.60	$3.26 \times 10^5$
Lead	327.3	$2.45 \times 10^4$	1750	$8.70 \times 10^5$
Aluminum	660	$3.97 \times 10^5$	2450	$1.14 \times 10^7$
Silver	960.80	$8.82 \times 10^4$	2193	$2.33 \times 10^6$
Gold	1063.00	$6.44 \times 10^4$	2660	$1.58 \times 10^6$
Copper	1083	$1.34 \times 10^5$	1187	$5.06 \times 10^6$

$$Q = \pm mL \quad L [cal/g]$$

Se tiene 1kg de agua a temperatura ambiente ( $20^{\circ}\text{C}$ ) ¿Cuánto calor se requiere para convertir ese agua en vapor sobrecalentado a  $115^{\circ}\text{C}$ ?  
( $m_{\text{vap}}=539\text{cal/g}$ )



La transpiración es un mecanismo de enfriamiento que tiene nuestro organismo. Los días húmedos sentimos que hace más calor porque el sudor no se puede evaporar totalmente.



Cuando el hielo se derrite absorbe energía de la limonada, enfriándola.



Cuando cerramos el agua de la ducha, si permanecemos dentro de la mampara, el efecto "enfriador" de la evaporación puede ser contrarrestado con el efecto "calentador" de la condensación del vapor de agua.



Se suele regar por aspersión los viñedos cuando la temperatura baja de  $0^{\circ}\text{C}$  para que el hielo que se forma alrededor de los sarmientos proteja los brotes.



Las bolsas térmicas autoactivables ("hielo caliente") contienen una disolución supersaturada de acetato de sodio en agua, capaz de enfriarse por debajo de su punto de fusión sin formar cristales. Presionando en un disco metálico del interior de la bolsa, se forma un centro de nucleación que causa la cristalización. Es decir, a temperatura ambiente, esta disolución se solidifica liberando calor al medio.



Se desea transportar un corazón de 0,5kg para realizar un trasplante de órganos. El mismo tiene un calor específico de 3,5KJ/kg°C e inicialmente está 30°C. Se lo rodea con 2kg de hielo que estaba inicialmente a -10°C. ¿Cuál es la Temperatura final de equilibrio?