

## CAMBIO DE FASE

### ❖ FASES DE UNA SUSTANCIA

En dependencia de las condiciones de presión y temperatura una misma sustancia puede estar en fase sólida, líquida o gaseosa.

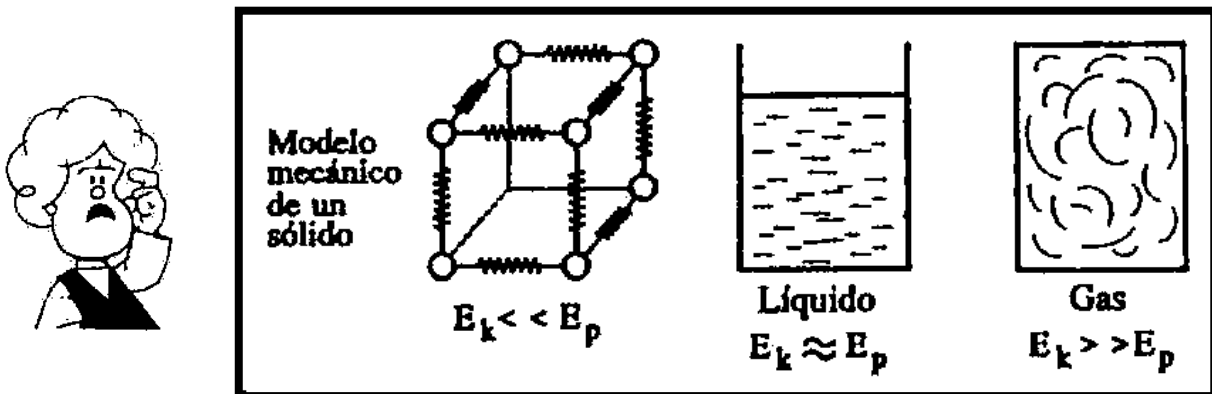
Las transiciones de fase es utilizado en la práctica para muchos fines, por ejemplo, se funden los metales para obtener de ellos aleaciones tales como el acero, bronce, etc. el vapor de agua se usa en las turbinas de vapor. En la misma naturaleza se ve fenómenos que involucran cambios de fase tales como la formación de nubes (vapor de  $H_2O$ ), los ríos se congelan en invierno, en verano el hielo se derrite.

Para poder entender estos cambios de fase es necesario conocer las características de cada fase en particular.

Partimos por el hecho de que para una sustancia en las tres fases las moléculas son las mismas, es decir, las moléculas mantienen su identidad, lo que ocurre es que de una fase a otra cambia el carácter de las interacciones intermoleculares, es decir, la forma de los enlaces.

Segundo, en toda sustancia la atracción electrostática principalmente tiende a enlazar a las moléculas, mientras que debido al movimiento térmico de las moléculas éstas tienden a separarse.

El resultado final de esta "lucha" de dos tendencias un tanto antagónicas define la fase de la sustancia.



- **FASE SÓLIDA.**- Las moléculas están fuertemente enlazadas, forman lo que se denomina una estructura cristalina (cristales moleculares), las moléculas se sitúan en lugares determinados denominados nudos de la red cristalina. Respecto de los cuales realizan vibraciones. Ejm.: Cristal de hielo. Pero también los cristales pueden estar formado por átomos, por ejemplo el  $ClNa$ , en los nudos de la red cristalina están el  $Cl$  y  $Na$  en forma consecutiva. Dado que las moléculas y átomos están fuertemente unidos, los sólidos presentan dureza, mantienen una forma, durante la deformación surgen fuerzas que tienden a restablecer la forma y el volumen.

- **FASE LÍQUIDA.**- En esta fase las moléculas guardan un cierto orden, pero también ya aparece cierta movilidad, es decir las moléculas cambian de lugar continuamente. Se observa que muchas propiedades de los líquidos son muy familiares a los sólidos, lo que verifica que aún hay un cierto orden.
- **FASE GASEOSA.**- En esta fase todas las moléculas viajan en forma independiente, dado que el movimiento térmico es más pronunciado, prevalece el desorden, prácticamente no se da interacciones entre moléculas excepto raras veces cuando chocan.

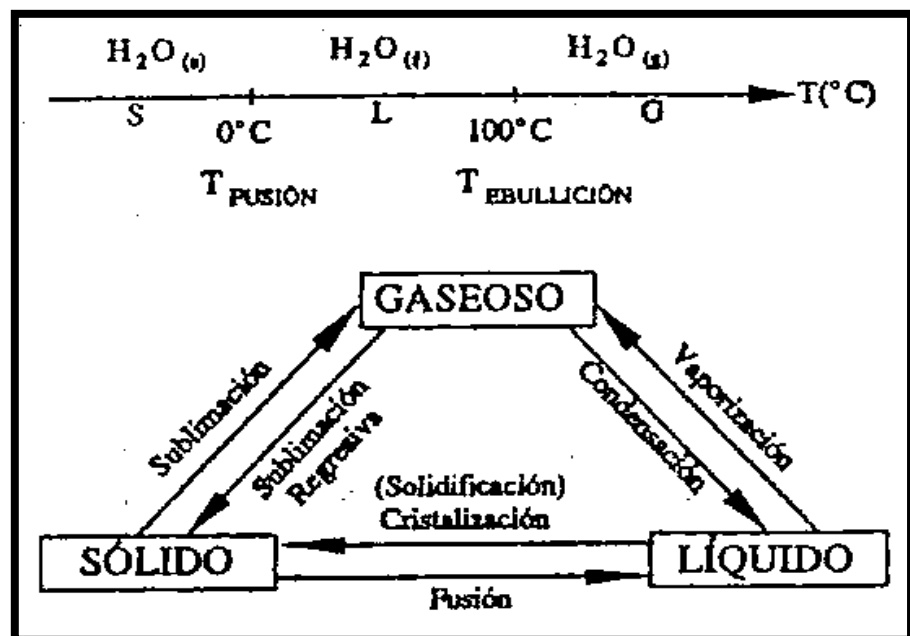
**Nota:** En las estrellas, donde se da temperaturas muy elevadas y presiones muy altas (condiciones extremas) los átomos están ionizados, en éstas condiciones se dice que la sustancia está en forma de plasma.

## ❖ CAMBIO DE FASE

Es el reordenamiento molecular que experimenta una sustancia debido a una variación de su energía interna, éste cambio se da bajo ciertas condiciones de presión y temperatura.

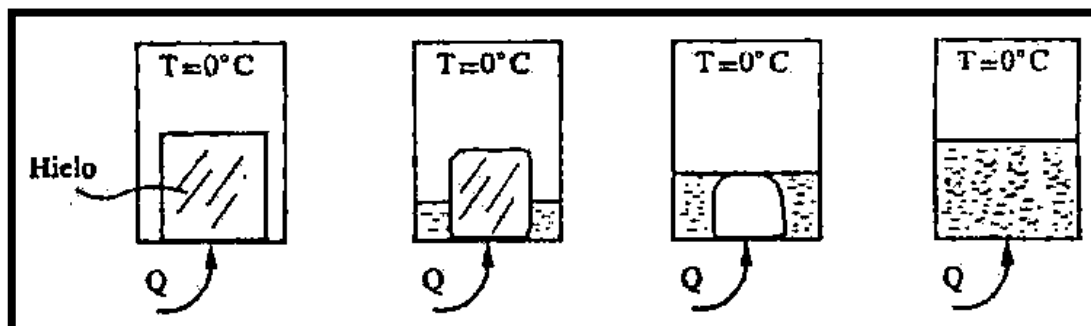
Por otro lado manteniendo la presión constante, se observa que por lo general las sustancias a bajas temperaturas se hallan en fase sólida; mientras que para altas temperaturas la fase es gaseosa.

**Ejemplo:**  $P = 1 \text{ atm}$  (para el agua)



- **FUSIÓN.**- Para fundir un cuerpo primero debemos entregarle calor para que llegue a temperatura determinada denominada **temperatura de fusión**
- **SOLIDIFICACIÓN:** Análogamente para solidificar o cristalizar a una sustancia primero debemos enfriarla hasta una temperatura adecuada denominada **temperatura de solidificación o cristalización**.

La experiencia muestra que la **temperatura de fusión** y la **temperatura de cristalización** son iguales. Es importante resaltar que durante el cambio de fase a pesar de que la sustancia gana calor (fusión, ebullición) la temperatura permanece constante mientras dura el cambio de fase.



**¿Por qué la temperatura no cambia?**

**Rpta.:** A medida que calentamos el movimiento de vibración de las moléculas, crece, por lo que aumenta la energía cinética media. Pero esto (cuando llega a la temperatura de cambio de fase) origina el rompimiento de enlaces y por lo tanto la energía intermolecular disminuye bruscamente, en consecuencia la temperatura no se altera, observemos además que la disposición de las moléculas en el cristal se altera.

En el proceso de solidificación (por ejemplo) el proceso es inverso, cuando la sustancia pierde calor la energía cinética media disminuye, por lo tanto permite que las fuerzas electrostáticas puedan fijar las moléculas que estén muy "lentas" formándose de esta manera en forma paulatina la estructura cristalina.

Análogamente la temperatura de condensación y la temperatura de ebullición son iguales. Ejemplos de temperatura de fusión y ebullición.

SUSTANCIA	T <sub>FUSIÓN</sub> (°C)	T <sub>EBULLICIÓN</sub> (°C)
OXÍGENO	- 219	- 183
MERCURIO	- 39	357
H <sub>2</sub> O	0	100
PLOMO	327	1740
COBRE	1085	2567
TUNGSTENO	3387	-
NAFTALINA	80	

Otra de las características del cambio de fase es que la temperatura de cambio de fase queda definida al fijar las condiciones de presión ambiental que afecta a la sustancia, es decir, durante el cambio de fase la presión y la temperatura son constantes.

Ejm.: En el H<sub>2</sub>O

$$P = 1 \text{ atm} \quad \rightarrow \quad T_{\text{EBULLICIÓN}} = 100^\circ$$

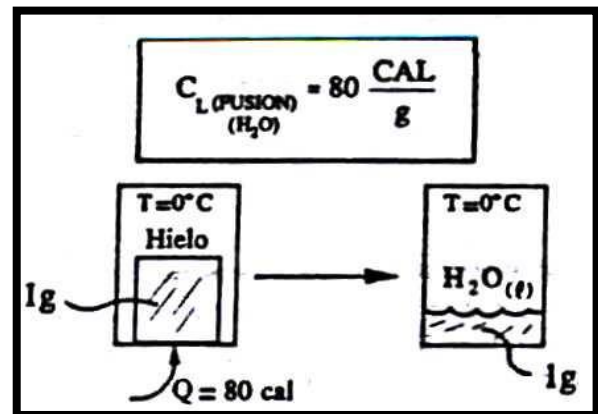
$$P = 0,5 \text{ atm} \quad \rightarrow \quad T_{\text{EBULLICIÓN}} = 82^\circ$$

$$P = 4,6 \text{ mmHg} = \frac{4,6 \text{ atm}}{760} \quad \rightarrow \quad T_{\text{EBULLICIÓN}} = 0^\circ$$

### ❖ CALOR LATENTE (C<sub>L</sub>)

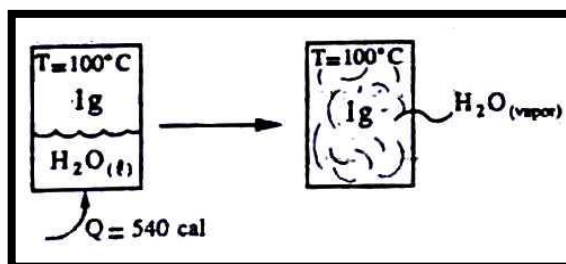
- ¿Cuántas calorías es necesario dar a 1g de hielo que está a 0°C para que completamente cambie de fase?

Rpta.: La experiencia demuestra que a condiciones normales de presión el hielo necesita para fundirse 80 calorías, es decir:



- ¿Cuántas calorías es necesario dar a 1g de H<sub>2</sub>O(l) que está a 100°C para que ella completamente cambie de fase?

Rpta.: Es necesario suministrar 540 calorías a condiciones normales



$$C_L (\text{VAPORIZ}) (\text{H}_2\text{O}) = 540 \frac{\text{CAL}}{\text{g}}$$

En general se denomina **calor latente (C<sub>L</sub>)** a la cantidad de calor que 1 g de sustancia necesita para cambiar de fase completamente (fusión, ebullición).

**Nota:** Si tenemos 1g de agua líquida a 0°C le debemos extraer 80 calorías para que ella se cristalice por completo. (C<sub>LF</sub> = 80cal/gr)

SUSTANCIA	$C_L$ FUSIÓN (J/Kg)	$C_L$ VAPORIZACIÓN (J/Kg)
AGUA	$3.4 \times 10^5$	$2,3 \times 10^6$
MERCURIO	$0.12 \times 10^5$	$0,3 \times 10^6$
PLOMO	$0.25 \times 10^5$	
COBRE	$0.21 \times 10^5$	

**Nota:** El calor latente muestra en **cuanto aumenta** la energía interna de una sustancia (1kg) al cambiar de fase: de sólido  $\rightarrow$  líquido y líquido  $\rightarrow$  vapor, sin variar la temperatura.

### ❖ CALOR DE TRANSFORMACIÓN ( $Q_T$ )

Es el calor total que una sustancia debe ganar o perder para lograr cambiar de fase.

$$Q_T = mC_L$$

$m$  : masa que logra cambiar de fase

$C_L$  : calor latente

$Q_T$  : calor de cambio de fase o calor de transformación

Es necesario también ver las diferencias entre la ebullición y la evaporación

**EBULLICIÓN.**- Es un proceso violento que se da en todas las partes del líquido y se da a una temperatura específica.

Ejm.:  $T_{EBULLICIÓN} = 100^\circ\text{C}$   
 $\text{H}_2\text{O}$ .

**EVAPORACIÓN.**- A cualquier temperatura, existen partículas que tienen mayor velocidad promedio que las otras, éstas son lo suficientemente rápidas para llegar a la superficie libre del líquido, y pueden inclusive vencer la atracción de las moléculas vecinas y abandonar el líquido. Las moléculas que abandonan este último forman en la superficie vapor.

- ▣ La velocidad de la evaporación depende del género del líquido
- ▣ La evaporación es a cualquier temperatura
- ▣ Cuanto más alta es la temperatura del líquido tanto mayor será la rapidez del líquido con que transcurre la evaporación
- ▣ Al desplazar con el viento o soplando las moléculas sobre la superficial del líquido transcurre más rápido la evaporación
- ▣ La velocidad de evaporación de un líquido depende del área de la superficie libre del líquido
- ▣ Cuando el líquido se evapora se enfría, es decir su temperatura disminuye.

## EJERCICIOS DE APLICACIÓN

1. A 100 g de agua a  $10^{\circ}\text{C}$  se le agregan 500 cal. Determine la temperatura final del agua en  $^{\circ}\text{C}$ .  
 a)  $12^{\circ}\text{C}$                       b) 13                      c) 14  
 d) 15                              e) 16
2. En un recipiente con capacidad calorífica despreciable se tienen 800 g de agua a  $40^{\circ}\text{C}$ . Se entregan 40Kcal. Determine la temperatura final del agua.  
 a)  $80^{\circ}\text{C}$                       b) 90                      c) 100  
 d) 110                            e) 115
3. En un recipiente con  $C = 0,5 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$  se tiene 100g de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Se agregan 1010 cal de calor. ¿Cuál será la temperatura final del sistema?  
 a)  $-15^{\circ}\text{C}$                       b) - 10                      c) - 5  
 d) 0                                e) 5
4. En un recipiente con  $C = 0,8 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$  se tiene cierta masa de agua a  $25^{\circ}\text{C}$ . Se agrega al sistema 1008 cal de calor, llegando el sistema a  $35^{\circ}\text{C}$ . Determine la masa de agua que se tenía.  
 a) 50 g                          b) 100                      c) 126  
 d) 200                            e) 250
5. Se mezclan 100g de agua a  $80^{\circ}\text{C}$  con 50 g de agua a  $20^{\circ}\text{C}$ . Determine  $T_E$  del sistema.  
 a)  $25^{\circ}\text{C}$                       b) 35                      c) 40  
 d) 60                              e) 65
6. Se mezclan 200g de agua a  $50^{\circ}\text{C}$  con cierta masa de agua a  $25^{\circ}\text{C}$ , lográndose una  $T_E = 30^{\circ}\text{C}$ . Determine la masa de agua mencionada.  
 a) 600 g                        b) 700                      c) 800  
 d) 900                            e) 1000
7. En un recipiente con  $C = 10 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$  se tienen 390g de agua a  $40^{\circ}\text{C}$  y se mezclan con 200 g de agua a  $70^{\circ}\text{C}$ . Determine  $T_E$  del sistema.  
 a)  $50^{\circ}\text{C}$                       b) 53                      c) 58  
 d) 61                              e) 65
8. En un recipiente de capacidad calorífica despreciable se tiene 100g de una sustancia desconocida a  $20^{\circ}\text{C}$ . Se introduce 50g de agua a  $80^{\circ}\text{C}$ , alcanzándose una  $T_E = 60^{\circ}\text{C}$ . Determine el calor específico de la sustancia desconocida (en  $\text{cal}/\text{g} - ^{\circ}\text{C}$ )  
 a) 0,25                          b) 0,275                      c) 0,35  
 d) 0,375                        e) 0,45
9. En un recipiente de  $C \approx 0$ , se tiene 100g de aceite a  $40^{\circ}\text{C}$  y se vierte 300g de aceite a  $60^{\circ}\text{C}$ . Determine  $T_E$  del sistema.  
 a)  $45^{\circ}\text{C}$                       b) 50                      c) 55  
 d) 60                              e) 65
10. En una sartén se tiene una mezcla de 450 g de agua y aceite a  $90^{\circ}\text{C}$  con la finalidad de bajar la temperatura se agregan 150g de agua a  $30^{\circ}\text{C}$ . Determine la masa de aceite en la mezcla inicial si  $T_E = 75^{\circ}\text{C}$  ( $C_{\text{sartén}} = 25 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$ ;  $C_{\text{aceite}} = 0,5 \text{ cal}/\text{g} - ^{\circ}\text{C}$ )  
 a) 40g                            b) 50                      c) 60  
 d) 80                              e) 100
11. Se tiene 50 g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Determine la cantidad de calor necesario para fundirlo.  
 a) 2Kcal                        b) 3                          c) 4  
 d) 5                                e) 6
12. Se tiene 100 g de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  al cual se le agregan 10Kcal. Determine  $T_F$  del sistema.  
 a)  $5^{\circ}\text{C}$                           b) 7,5                      c) 10  
 d) 12,5                          e) 15
13. Se tiene 20g de vapor a  $110^{\circ}\text{C}$ . Determine el calor que hay que quitarle para condensarlo completamente.  
 a) 10,7 kcal                    b) 10,8                      c) 10,9  
 d) 11,2                            e) 12,3
14. Se mezclan 100g de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  con 200g de agua a  $60^{\circ}\text{C}$ . Determine la  $T_E$  del sistema.  
 a)  $5^{\circ}\text{C}$                           b) 10                        c) 15  
 d) 11,2                            e) 12,1
15. Se mezclan 100g de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  con 20g de vapor sobrecalentado a  $150^{\circ}\text{C}$ . Determine  $T_E$  de la mezcla.  
 a)  $10^{\circ}\text{C}$                         b) 20                        c) 30  
 d) 40                              e) 50

### TAREA DOMICILIARIA

- Se tiene 50g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Determine la cantidad de calor necesario para fundirlo.  
a) 2kcal            b) 3            c) 4  
d) 5                e) 6
- Se tiene 100 g de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  al cual se le agregan 10kcal. Determine  $T_F$  del sistema.  
a)  $5^{\circ}\text{C}$             b) 7,5            c) 10  
d) 12,5            e) 15
- Se tiene 20g de vapor a  $110^{\circ}\text{C}$ . Determine el calor que hay que quitarle para condensarlo completamente.  
a) 10,7 kcal        b) 10,8            c) 10,9  
d) 11,2            e) 12,2
- Se mezclan 100 g de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  con 200 g de agua a  $60^{\circ}\text{C}$ . Determine la  $T_E$  del sistema.  
a)  $5^{\circ}\text{C}$             b) 10            c) 15  
d) 20                e) 25
- Se mezclan 100 g de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  con 20g de vapor sobrecalentado a  $150^{\circ}\text{C}$ . Determine  $T_E$  de la mezcla.  
a)  $10^{\circ}\text{C}$             b) 20            c) 30  
d) 40                e) 50
- Se tiene 100g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Determine la cantidad de calor necesario para fusionarlo (derretirlo).  
a) 6kcal            b) 7            c) 8  
d) 9                e) 10
- Se tiene 50g de hielo a  $-10^{\circ}\text{C}$  al cual se le agregan 5kcal. Determine la temperatura final.  
a)  $5^{\circ}\text{C}$             b) 7,5            c) 10  
d) 12,5            e) 15
- Se tiene 10g de agua a  $100^{\circ}\text{C}$ . Determine el calor necesario para vaporizarlo.  
a) 5,4 kcal        b) 5,6            c) 6,2  
d) 6,8            e) 7,4
- Se mezclan 40g de hielo a  $-35^{\circ}\text{C}$  con 20g de vapor a  $100^{\circ}\text{C}$ . Determine  $T_E$  del sistema  
a)  $42^{\circ}\text{C}$             b) 50            c) 54  
d) 60                e) 64
- ¿Cuántos gramos de hielo a  $-8^{\circ}\text{C}$  se fundirán en 1,05 kg de agua a una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$   
a) 150g            b) 400            c) 500  
d) 750            e) 500
- Se mezclan "4m" g de agua a  $80^{\circ}\text{C}$  con "m/2" g de agua a  $35^{\circ}\text{C}$ . Determine la  $T_E$  del sistema.  
a)  $60^{\circ}\text{C}$             b) 65            c) 70  
d) 75                e) 76
- En un recipiente de  $C = 50 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$  se tiene una mezcla de 600 g y de agua con alcohol a  $60^{\circ}\text{C}$  y se vierten 200g de agua a  $20^{\circ}\text{C}$ , obteniéndose una  $T_E = 50^{\circ}\text{C}$ . Determine la masa de alcohol en la mezcla inicial ( $C_{\text{alcohol}} = 0,5 \text{ cal/g-}^{\circ}\text{C}$ )  
a) 100 gr            b) 200            c) 300  
d) 400            e) N.A.
- Se tiene 100g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ . Determine la cantidad de calor necesario para fusionarlo (derretirlo)  
a) 6kcal            b) 7            c) 8  
d) 9                e) 10
- Se tiene 50g de hielo a  $-10^{\circ}\text{C}$  al cual se le agregan 5kcal. Determine la temperatura final.  
a)  $5^{\circ}\text{C}$             b) 7,5            c) 10  
d) 12,5            e) 15
- Se tiene 10g de agua a  $100^{\circ}\text{C}$ . Determine el calor necesario para vaporizarlo.  
a) 5,4 kcal        b) 5,6            c) 6,2  
d) 6,8            e) 7,4