

## Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Que la materia se presenta en tres estados fundamentales.
- Que la teoría que mejor describe el comportamiento de la materia es la Teoría cinético-molecular.
- Que los tres estados de la materia y sus transformaciones se pueden explicar con la teoría cinético-molecular

Antes de empezar

1. La materia
  - Estados de agregación
  - Propiedades de la materia
2. Teoría cinético-molecular
  - Introducción
  - El estado sólido
  - El estado líquido
  - El estado gaseoso
  - La difusión
3. El estado sólido
  - Estudio del estado sólido
4. El estado líquido
  - Estudio del estado líquido
5. El estado gaseoso
  - Gas a temperatura constante
  - Gas a presión constante
  - Gas a volumen constante
6. La teoría cinético-molecular explica los cambios de estado
  - Introducción
  - Fusión
  - Evaporación
  - Ebullición
  - Sublimación
  - Visión global

Resumen

Ejercicios para practicar

Autoevaluación: comprueba lo que sabes

Actividades para enviar al tutor

Para saber más

Soluciones:

- Actividades
- Ejercicios para practicar
- Autoevaluación



# Estados de la materia

## Antes de empezar



### Recuerda

#### La presión

La presión es una magnitud que nos indica la fuerza que por unidad de área se ejerce sobre una superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el Pascal (Pa) que sería la presión ejercida cuando sobre una superficie actúa una fuerza de 1 Newton (1N) perpendicular a la misma por metro cuadrado ( $m^2$ ).

Otra unidad de presión muy usada es la atmósfera (atm) que equivale a 101300 Pa. También se usan otras unidades como el milímetro de mercurio. 760 mmHg equivalen a 1 atm.

#### La temperatura

La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura.

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el grado kelvin (K), y la escala correspondiente es la escala Kelvin o escala absoluta, que asocia el valor "cero kelvin" (0 K) al "cero absoluto", y se gradúa con un tamaño de grado igual al del grado Celsius, también llamado grado centígrado.

#### El volumen

El volumen es una magnitud definida como el espacio ocupado por un cuerpo. Es una función derivada ya que se halla multiplicando las tres dimensiones, ancho, profundo y alto.

En física, el volumen es una magnitud física extensiva asociada a la propiedad de los cuerpos físicos de ser extensos.

Su unidad en el Sistema Internacional es el  $m^3$ , pero en los laboratorios de química se usa mucho el litro (l).

### Investiga

#### Un cambio de estado

Consigue un termómetro (en las tiendas de "todo a 1 euro" los hay muy baratos) e introdúcelo en una vasija con una mezcla de hielo y agua.

¿Qué temperatura marca el termómetro mientras hay hielo en el agua?

Cuando se funde todo el hielo, ve observando la temperatura que marca el termómetro cada tres minutos, anótalo en tu cuaderno y representa la temperatura en función del tiempo.



## 1.La materia

### Estados de agregación

Todos los cuerpos están formados por materia, cualquiera que sea su forma, tamaño o estado.

La materia se nos presenta en tres estados fundamentales de agregación:

- Sólido: azúcar, sal, hielo...
- Líquido: alcohol, agua, aceite...
- Gas: oxígeno, nitrógeno...



**Imagen 1.** Los tres estados de la materia.

### Propiedades de la materia

La materia, en cualesquiera de sus estados, tiene una serie de propiedades características como son la densidad, la dureza, el punto de fusión, la temperatura, el volumen específico (volumen ocupado por la unidad de masa), el punto de ebullición... que no dependen de la cantidad de materia considerada.

Por otra parte, hay otras propiedades como el volumen o la masa que sí dependen de la cantidad que se tome.



### Lord Kelvin

Era el año 1848 cuando un científico de Irlanda del Norte llamado William Thomson (1824-1907) propuso que para medir la temperatura de los cuerpos se utilizase una nueva escala que comenzara a contar justamente en el llamado cero absoluto. Por entonces ya se había calculado que la temperatura tiene un límite natural, por debajo del cual es imposible descender. Ese límite estaba establecido en  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o sea, a  $273\text{ }^{\circ}\text{C}$  bajo cero. William Thomson era profesor de física en la Universidad de Glasgow desde los veintidós años, a los treinta y cuatro había sido nombrado sir y en 1892 decidieron nombrarle lord. Puesto que desempeñó un papel importante en el tendido del primer cable transatlántico, se pensó en adoptar para él el título de lord del Cable, pero finalmente el propio interesado propuso que se lo concedieran como lord Kelvin, en recuerdo del pequeño río sobre cuya ribera está asentada la Universidad de Glasgow. Y así no sólo ha pasado ese nombre a la historia de la física para identificar a William Thomson, sino también para denominar la unidad de la escala absoluta de temperaturas.

Para pasar de la escala centígrada (o Celsius) a la escala absoluta de Kelvin, basta sumar la cantidad de 273. Así, cuando tenemos una temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , su equivalente en la escala kelvin será  $25 + 273 = 298\text{ K}$ .

A1. La densidad se mide de diferente forma según la materia se presente como un sólido, un líquido o un gas. Investiga los métodos que se pueden seguir para calcular la densidad de las sustancias y, en concreto, mira los densímetros que aparecen en la fotografía y explica su funcionamiento.

# Estados de la materia

A las primeras propiedades se las llama intensivas y a las segundas extensivas.



**Imagen 2.** Las propiedades varían de una sustancia a otra

La densidad y la temperatura son propiedades intensivas de la materia. Una escala termométrica muy usada es la escala Kelvin. En ella, se toma como origen el cero absoluto y cada grado equivale a un grado centígrado. Lord Kelvin da nombre a esta escala termométrica

## 2. Teoría cinético-molecular

### Introducción

El comportamiento de la materia se explica actualmente con la teoría cinética basada en los siguientes supuestos:

La materia está compuesta por partículas muy pequeñas en continuo movimiento, entre ellas hay espacio vacío. Las partículas pueden ser átomos, moléculas, iones...

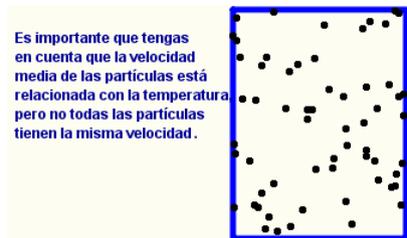
La energía cinética de las partículas aumenta al aumentar la temperatura.

Las partículas se mueven en todas las direcciones. En el caso de un gas chocan continuamente entre ellas y con las paredes del recipiente que lo contiene. La cantidad de choques que por unidad de tiempo se producen sobre las paredes del recipiente está relacionado con la presión (a mayor número de choques, más presión se ejerce sobre las paredes del recipiente).

**Recuerda.** La densidad es la masa dividida por el volumen que ocupa esa masa. Una forma habitual de medir la densidad en los líquidos es hacerlo con los llamados densímetros (como los indicados en la imagen 2)



Las propiedades de la materia pueden ser **intensivas** o **extensivas**



Es importante que tengas en cuenta que la velocidad media de las partículas está relacionada con la temperatura pero no todas las partículas tienen la misma velocidad.

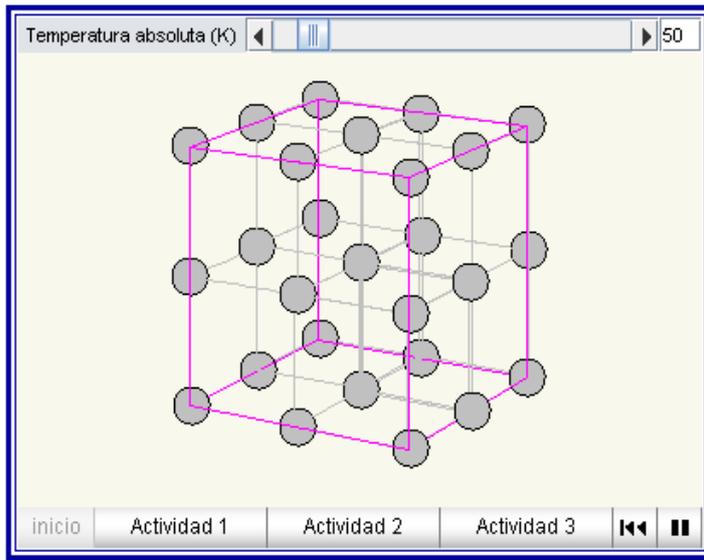
**Imagen 6.** La temperatura está relacionada con la energía cinética.

**Recuerda:** La energía cinética es la mitad de la masa por la velocidad al cuadrado

La teoría cinética explica el comportamiento de la materia.

## El estado sólido

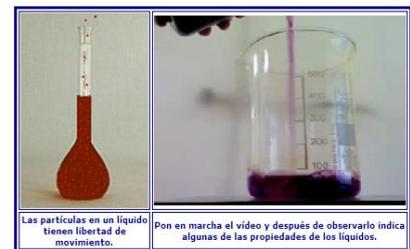
En el estado sólido las partículas se encuentran unidas por grandes fuerzas que las mantienen unidas a distancias relativamente pequeñas. El movimiento de las partículas se limita a ser de vibración, sin que se puedan desplazar. Conforme aumenta la temperatura, la amplitud de la vibración de las partículas se hace mayor por lo que el sólido se dilata.



**Imagen 3.** En el estado sólido las partículas están privadas de libertad de movimiento de traslación.

## El estado líquido

En este estado las fuerzas entre las partículas son más débiles que en el sólido lo que implica que éstas tengan libertad de movimiento, así las partículas están dotadas de movimientos de vibración, rotación y traslación. No obstante, las partículas aún se mantienen cercanas unas a otras. Por eso los líquidos adoptan la forma del recipiente que los contiene pero ocupan un volumen fijo. Otra propiedad de los líquidos, que comparten con los gases, es que pueden fluir.



**Imagen 7.** Los líquidos adoptan la forma del recipiente

Los líquidos son muy **poco compresibles.**

## El estado gaseoso

En el estado gaseoso las fuerzas entre las partículas son prácticamente nulas y éstas se pueden mover libremente y la distancia entre ellas es mucho mayor que en los estados

A5. Explica con la teoría cinética la diferencia entre las propiedades de un sólido y un gas.

# Estados de la materia

sólido y líquido.

Por ello, las partículas de los gases ocupan todo el volumen disponible del recipiente.

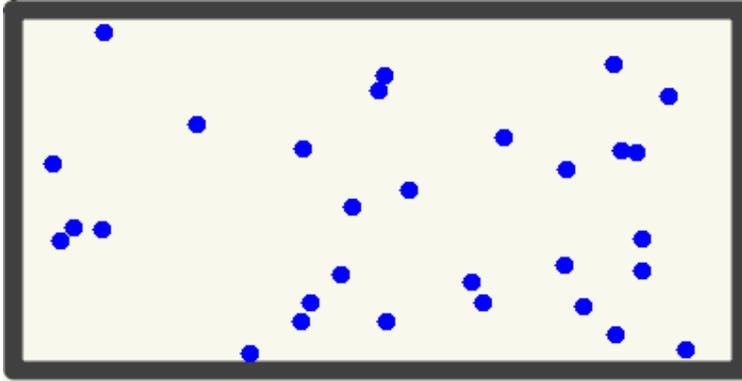


Imagen 4. Las partículas en los gases están muy separadas por eso, los gases son fácilmente compresibles y toman la forma del recipiente que los contiene.

## La difusión

Uno de los fenómenos físicos que con mayor claridad da su apoyo a la llamada teoría cinético-molecular es la difusión. Cuando ponemos en contacto dos fluidos o un sólido soluble en un líquido, éstos acaban mezclados al cabo de cierto tiempo de forma espontánea.

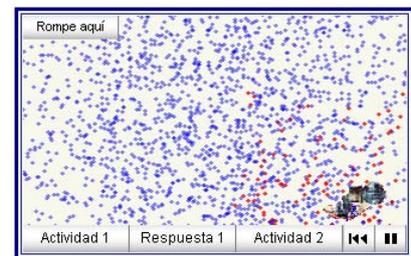
La experiencia nos demuestra que cuando abrimos un frasco de perfume o de cualquier otro líquido volátil, podemos olerlo rápidamente en un recinto cerrado. Decimos que las partículas del líquido, después de evaporarse, se difunden por el aire, distribuyéndose en todo el espacio circundante. Lo mismo ocurre si colocamos un terrón de azúcar en un vaso de agua, las partículas de azúcar se difunden por todo el agua (a este proceso se le llama disolución). Para que tenga lugar el fenómeno de la difusión, la distribución espacial de partículas no debe ser homogénea, debe existir una diferencia de concentración de las partículas entre dos zonas.

En el caso de los gases la difusión se observa siempre. No obstante, en el caso de los líquidos (donde hay fuerzas llamadas de cohesión que mantienen unidas las partículas) y de los líquidos con los sólidos este fenómeno sólo se observa cuando las fuerzas de cohesión son menores que las establecidas entre las partículas de diferentes sustancias. El aceite y el agua no se difunden entre sí porque las fuerzas de cohesión entre las partículas de aceite son superiores a las que se pueden establecer entre las partículas de aceite y de agua.

Resulta muy difícil explicar la difusión si se piensa que la

Los **gases** se pueden **comprimir** y **expandir** muy fácilmente.

A6. Imagina que rompes el frasco de la figura de abajo e intenta explicar el fenómeno de la difusión considerando que las partículas están en reposo.



**Imagen 8.** El fenómeno de la difusión es una poderosa verificación de la teoría cinético-molecular.

A7. La velocidad de difusión, ¿aumentará o disminuirá al aumentar la temperatura?

La difusión es un fenómeno que da apoyo a la teoría cinético-molecular.

materia es continua (en lugar de constituida por partículas) o formada por partículas en reposo.



**Imagen 5.** Cuando mezclamos dos disoluciones solubles, al cabo de cierto tiempo se igualan las concentraciones.

## 3.El estado sólido

Todas las sustancias sólidas se caracterizan por tener forma y volumen constantes y por ser (casi) indeformables.

Estas propiedades se explican teniendo en cuenta que las partículas que los constituyen ocupan lugares fijos en el espacio ordenándose en redes cristalinas.

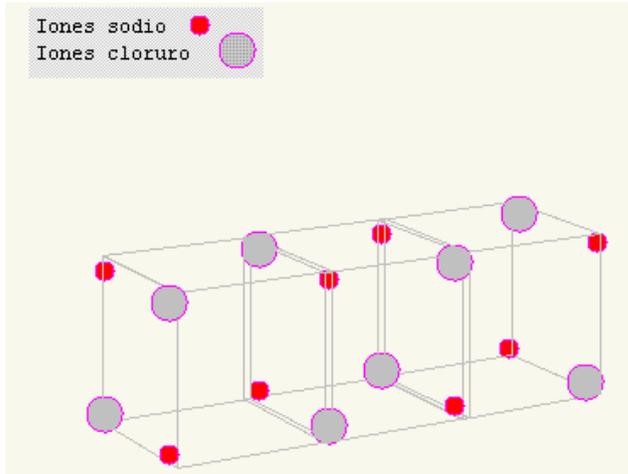
La ordenación en redes cristalinas de las partículas se puede reflejar a nivel macroscópico con la simetría observada en los cristales de sólido.

Aunque las partículas ocupan lugares fijos en el espacio, se encuentran vibrando. Conforme aumenta la temperatura, aumenta la amplitud de oscilación de las partículas (aumenta su energía total) aumentando la distancia que las separa y así el sólido aumenta su volumen. A este fenómeno lo llamamos dilatación.

A8. ¿Cómo están los iones del cloruro de sodio en el cero absoluto?

A9. ¿Qué pasa al ir aumentando la temperatura en un sólido?

# Estados de la materia



**Imagen 9.** En los sólidos, las partículas se ordenan en redes cristalinas.

## 4.El estado líquido

En el estado líquido las partículas se pueden trasladar libremente debido a su energía cinética, pero esta energía cinética no es suficiente para vencer totalmente las fuerzas de atracción entre ellas, manteniéndose relativamente juntas. Dicho de otro modo, las partículas en este estado poseen energía cinética (debido al movimiento) y energía potencial (debido a la posición en cada instante y a las interacciones entre ellas).

Por eso los líquidos pueden adquirir la forma del recipiente que los contiene y son prácticamente incompresibles.

Conforme aumenta la temperatura, aumenta la energía cinética de las partículas (y por tanto su velocidad) aumentando la distancia que las separa. A este fenómeno lo llamamos dilatación.



**Imagen 10.** En el estado líquido las fuerzas de cohesión entre las partículas son moderadamente grandes.

Una sustancia en estado líquido **no tiene forma definida**, por eso adquiere la del recipiente que la contiene.

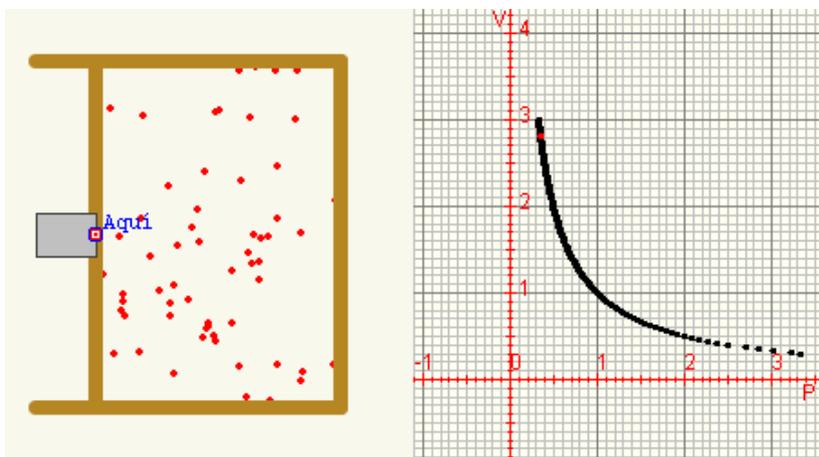
En los líquidos existen **fuerzas** que mantienen las **partículas muy cercanas**, pero que permiten su **libertad de traslación**.

## 5.El estado gaseoso

### Temperatura constante

Si mantenemos la temperatura constante y ejercemos una presión sobre el gas, su volumen disminuye.

El hecho de que al ejercer una presión sobre un gas disminuya su volumen es causado por la elevada compresibilidad de los gases debido a que prácticamente no hay fuerzas entre sus partículas y a las grandes distancias que existen entre ellas.



**Imagen 11.** Cuando se representa el volumen de un gas en función de la presión, manteniendo constante la cantidad de gas y la temperatura, se obtiene una gráfica como la de la figura.

### Presión constante

Si mantenemos la presión constante y aumentamos la temperatura, el volumen del gas aumenta.

Ello se debe a que las partículas adquieren más energía cinética y, por tanto, chocan más veces por unidad de tiempo sobre las paredes del recipiente, lo que implica que aumente la presión en el interior del recipiente. Al haber menos presión fuera que dentro del recipiente, éste aumentará su volumen. Este proceso continúa hasta que la presión exterior e interior se igualan.

Con la presión constante, al aumentar la temperatura del gas, aumenta su volumen.



Con la temperatura constante, al aumentar la presión del gas, disminuye su volumen.

A10. Si ejerces una presión en el punto indicado en la figura ¿qué le ocurre al volumen del gas?

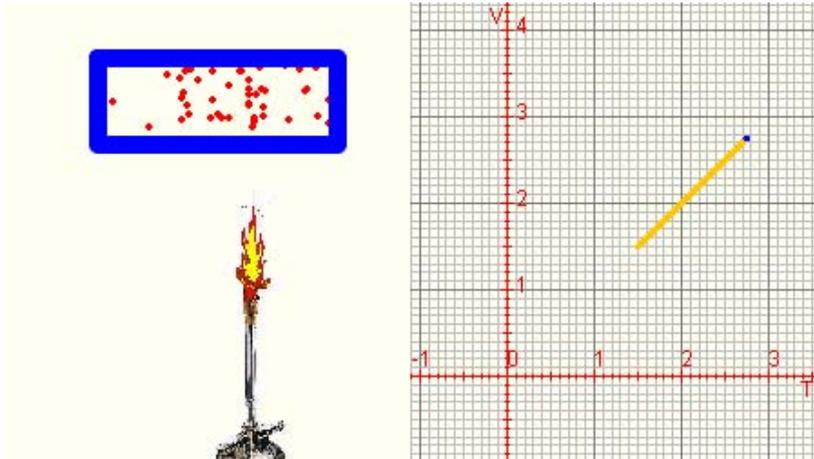
A11. Fíjate en la gráfica que se obtiene cuando se representa el volumen en función de la presión. ¿Qué tipo de relación existe entre ambas magnitudes?

A12. Si calientas el gas de la figura (a presión constante), ¿qué observarás?

A13. Observa la gráfica del volumen en función de la temperatura que aparece a la derecha de la escena. ¿Qué tipo de relación hay entre ambas magnitudes?

A14. ¿Para qué temperatura el volumen se haría cero? ¿Te sugiere algo esta conclusión?

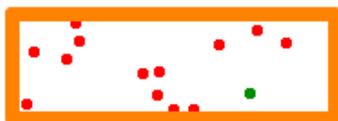
# Estados de la materia



**Imagen 12** Al aumentar la temperatura del gas, aumenta su volumen linealmente.

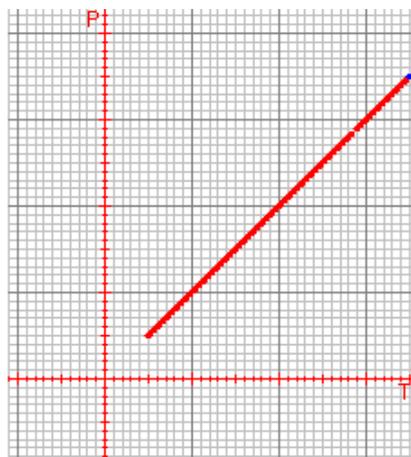
## Volumen constante

Si mantenemos el volumen constante (recipiente indeformable) y aumentamos la temperatura, la presión aumenta. Ello se debe a que aumenta la energía cinética de las partículas y, por tanto, el número de choques por unidad de tiempo sobre las paredes del recipiente.



$$v_m = 2088,76 \text{ m/s}$$

$$v = 4360,55 \text{ m/s}$$



**Imagen 13.** Al mantener el volumen de un gas constante, si aumentamos la temperatura, aumenta la presión sobre las paredes del recipiente.

Con el volumen constante, al aumentar la temperatura aumenta la presión.

**Fíjate:** Al aumentar la temperatura del gas, aumenta la velocidad de las partículas que lo constituyen, no obstante no todas las partículas tienen la misma velocidad. En el texto que aparece en la escena tienes la velocidad promedio de todas las partículas, que está relacionada con la temperatura, y la velocidad de una partícula (indicada en verde).

A15. Imagina que varía la temperatura del gas (a volumen constante), ¿cómo se modifica la presión en la gráfica. ¿Qué tipo de dependencia tiene la presión con la temperatura?

A16. ¿Por qué en verano pueden llegar a explotar los neumáticos en las autopistas?

## 6. La teoría cinético-molecular explica los cambios de estado

### Introducción

El hielo es agua sólida. Si aumentamos la temperatura del hielo, las moléculas de agua vibrarán cada vez más deprisa.

El calor absorbido por el hielo hace que la energía de vibración aumente y, por tanto, aumenta su temperatura, pero (si la presión es de 1 atm) al llegar a  $0^{\circ}\text{C}$  la temperatura se mantiene constante mientras queda sólido por fundir: el calor absorbido hace que se debiliten mucho las fuerzas entre las moléculas de agua.

Por último, si seguimos calentando el agua líquida desde  $0^{\circ}\text{C}$  hasta  $100^{\circ}\text{C}$ , mientras el agua hierve, la temperatura se mantiene constante en  $100^{\circ}\text{C}$ . Después, cuando no queda líquido en el recipiente, volverá a aumentar la temperatura del vapor de agua.

El estado de agregación de la materia se puede modificar al cambiar la energía cinética de sus partículas.



A17. Observa la gráfica del cambio de estado. ¿A qué conclusión llegas?

Al calentar cierta cantidad de agua, si representamos la temperatura en función del calor absorbido, se obtiene la gráfica anterior.

### La fusión

Llamamos fusión al proceso físico mediante el cual un sólido pasa al estado líquido.

Al calentar un sólido, las partículas que lo constituyen aumentan su energía cinética de vibración, con lo que sus partículas se separan más y más (dilatación). Llega un momento en que esta separación debilita las fuerzas que las mantienen unidas y desaparece la estructura cristalina con lo que se pasa al estado líquido debido a que ahora estas

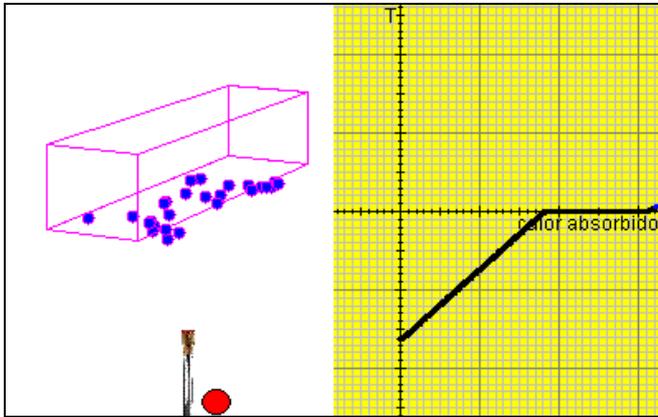
A18. Revisa en tu cuaderno la actividad de fusión del hielo que realizaste.

A19. Construye la gráfica de la temperatura en función del tiempo con los datos anteriores.

# Estados de la materia

partículas tienen libertad de traslación. A esta temperatura la llamamos temperatura de fusión.

Al calor necesario para que un gramo de sólido pase al estado líquido se llama calor latente de fusión ( $L_f$ ) y se mide en J/kg en el Sistema Internacional de Unidades.



**Imagen 14.** Gráfica correspondiente a la fusión

## Evaporación

Cuando las partículas pasan del estado líquido al gaseoso por haber adquirido suficiente energía cinética para escapar, decimos que se ha producido un cambio de estado líquido-gas.



**Imagen 15.** La evaporación se produce a cualquier temperatura.

Este cambio de estado se puede producir en la superficie del líquido, en cuyo caso lo denominamos evaporación; o bien en el interior del líquido, en cuyo caso lo llamamos ebullición.

La evaporación es un fenómeno superficial, es decir las

A20. ¿De qué modos crees que puede adquirir suficiente energía cinética una molécula para escapar de la superficie del líquido?



Para que se produzca la evaporación **no es necesario que se alcance la temperatura de ebullición.**

# Estados de la materia

partículas de la superficie del líquido pueden adquirir suficiente energía cinética y escapar. Cuando nos ponemos alcohol en la mano notamos frío debido a que las moléculas de alcohol toman de nuestra piel la energía suficiente para pasar al estado gaseoso.

La velocidad de evaporación depende de la temperatura: a mayor temperatura, mayor velocidad de evaporación.

La energía necesaria para que un gramo de líquido pase al estado gaseoso se denomina calor latente de vaporización ( $L_v$ )

## Ebullición

Cuando el paso de líquido a gas se produce en el interior del líquido, se dice que se produce la ebullición.

La temperatura a la cual hierven los líquidos se llama temperatura de ebullición. Esta temperatura de ebullición depende de la presión a que esté sometido el líquido (normalmente será la atmosférica). A mayor presión atmosférica, mayor temperatura de ebullición.

Una única temperatura de ebullición (al igual que la temperatura de fusión) es una característica propia de las sustancias puras. La temperatura de ebullición y de fusión únicas sirven para distinguir una sustancia pura de una mezcla.



**Imagen 16.** El agua hierve a 100 °C cuando se encuentra a una presión de 1 atm.

## La sublimación

No siempre es necesario que una sustancia sólida pase al estado líquido para después transformarse en un gas. Las partículas de la superficie de un sólido pueden adquirir suficiente energía cinética para vencer las fuerzas que las

A21. Tenemos agua que se ha llevado a ebullición ¿qué ocurrirá cuando la temperatura que se alcance sea de 100 °C? Si la presión atmosférica disminuyese, ¿sería mayor o menor la temperatura de ebullición del agua?

**Recuerda:** En la ebullición se generan masas de gas en el interior del líquido.

La **temperatura de ebullición** es la temperatura a que hierven los líquidos.

La sublimación es el **paso directo** de sólido a gas

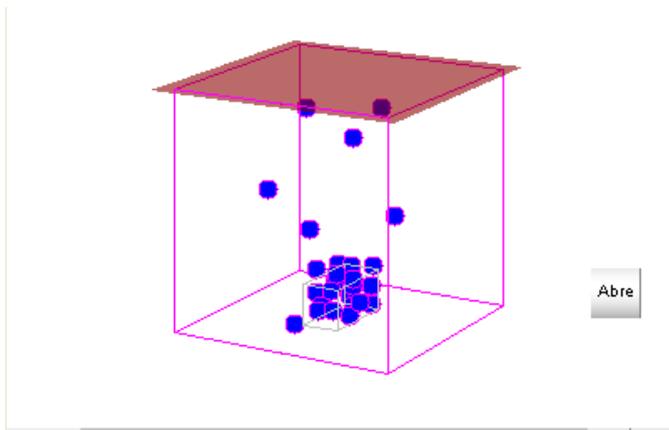
# Estados de la materia

mantienen unidas y pasar directamente al estado gaseoso. A este proceso se le llama sublimación.

De la misma forma, cuando los gases se enfrían, pueden pasar directamente al estado sólido, este cambio físico se llama sublimación inversa.

La energía necesaria para que 1 gramo de sólido pase al estado gaseoso se llama energía de sublimación y, lógicamente, coincide con la suma de los calores latentes de fusión y de vaporización.

La sublimación es un cambio de estado que se da muy frecuentemente; por ejemplo, en las cumbres de los montes con nieves perpetuas, en los armarios donde se introduce naftalina contra la polilla...



**Imagen 17.** En un recipiente cerrado, al cabo de cierto tiempo se alcanza un equilibrio entre el sólido y el gas.

## Visión global

La teoría cinético-molecular explica los cambios de estado del siguiente modo:

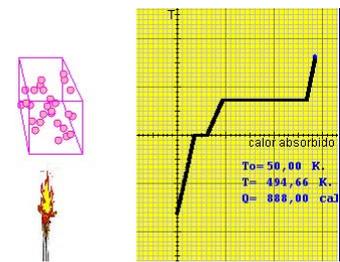
Al calentar un sólido, sus partículas aumentan su energía cinética, por lo que la vibración se hace cada vez más intensa hasta que, alcanzada la temperatura de fusión, se hacen tan débiles que las partículas adquieren libertad de movimiento. se dice que se ha llegado al estado líquido.

Al continuar comunicando calor, las partículas siguen aumentando su energía cinética. En el momento que se alcanza la temperatura de ebullición, incluso las partículas del interior del líquido tienen suficiente energía cinética para pasar al estado de vapor.

En el estado gaseoso, las partículas prácticamente son libres (la fuerza entre ellas es insignificante) y están muy separadas. Si seguimos comunicando calor a presión constante, las partículas se separarán más y más debido al incremento de su energía cinética, aumentará el volumen del gas.

A22. Observa la imagen 17. Mientras el recipiente está cerrado se llega a un equilibrio dinámico entre el sólido y el gas. ¿Qué diferencia existe entre un equilibrio estático y otro dinámico? ¿Cómo aplicarías este concepto aquí?

A23. Si esperases que se alcanzara el equilibrio y después abrieras la caja. ¿Qué sucedería con el equilibrio que se había establecido?



**Imagen 18.** Gráfica de los cambios de estado.

# Estados de la materia

Es importante remarcar que mientras se producen los cambios de estado la temperatura permanece constante ya que la energía aportada al sistema es invertida en vencer las fuerzas de atracción.

Mientras dura el cambio de estado la temperatura permanece constante.

## Resumen

### Propiedades del estado sólido

- \* Tienen forma y volumen constante.
- \* Sus partículas se ordenan en redes cristalinas y están dotadas de movimiento de vibración.

### Propiedades del estado líquido

- \* Tienen volumen constante pero adoptan la forma del recipiente que los contiene
- \* Sus partículas tienen libertad de movimiento pero están muy juntas.

### Propiedades del estado gaseoso

- \* Tienen volumen variable y adoptan la forma del recipiente que los contiene. Ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene.
- \* Sus partículas tienen libertad de movimiento y están muy separadas debido a que las fuerzas entre ellas es pequeñísima.

Sólidos	Líquidos	Gases
Tienen volumen fijo	Tienen volumen fijo	No tienen volumen fijo. Adquieren el volumen del recipiente que los contiene
Tienen forma definida	No tienen forma definida	No tienen forma definida
Las partículas están relativamente cercanas unas de otras	Las partículas están relativamente cercanas unas de otras	Partículas muy separadas entre ellas
Partículas ordenadas en redes cristalinas	Partículas que se trasladan pero aún interaccionan con el resto	Tienen total libertad de movimiento debido a la práctica ausencia de fuerzas entre sus partículas
No se comprimen	No se comprimen	Altamente compresibles
No se expanden	No se expanden	Se expanden mucho

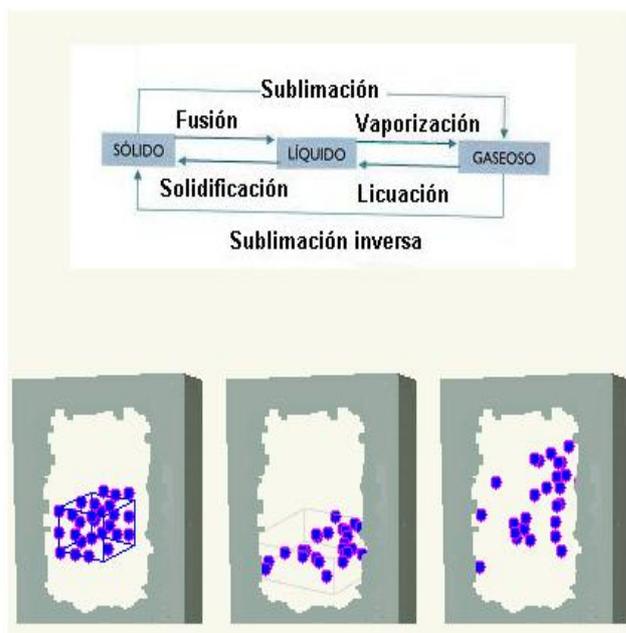
# Estados de la materia

## Los cambios de estado

A medida que aumentamos la temperatura de un cuerpo sólido, sus partículas adquieren mayor energía cinética a determinada temperatura estas partículas adquieren libertad de movimiento pasando el cuerpo al estado líquido. Si seguimos aumentando la temperatura se llega a la ebullición, en este momento las partículas en el seno del líquido pasan al estado gaseoso.

La temperatura a la cual funden los cuerpos se llama **temperatura de fusión**.

La temperatura a la cual hierven los líquidos se llama **temperatura de ebullición**.



**Imagen 19.** Cambios de estado



## Para practicar

### Rellena con las palabras adecuadas

La materia se presenta en tres  o formas de agregación: ,  y .

Dadas las condiciones existentes en la superficie terrestre, sólo algunas sustancias pueden hallarse de modo natural en los tres , tal es el caso del agua. La mayoría de sustancias se presentan en un estado concreto. Así, los metales o las sustancias que constituyen los minerales se encuentran en estado sólido y el oxígeno o el CO<sub>2</sub> en estado gaseoso.

Los sólidos: Tienen forma y volumen . Se caracterizan por la rigidez y regularidad de sus estructuras.

Los líquidos: No tienen forma fija pero sí . La variabilidad de forma y el presentar unas propiedades muy específicas son características de los líquidos.

Los gases: No tienen  ni  fijos. En ellos es muy característica la gran variación de  que experimentan al cambiar las condiciones de temperatura y presión.

### Responde:

Los verdaderos sólidos son

- ? Cristalinos
- ? Amorfos

La vaporización

- Se produce a los 100 °C
- Ninguna de estas respuestas es verdadera
- Se da en la superficie de los líquidos
- Se da cuando se alcanza la temperatura de ebullición
- Se puede producir a cualquier temperatura

¿Cómo se llama el paso de líquido a sólido?

Los estados líquido y gaseoso se parecen en:

- Que se pueden comprimir
- Que las partículas tienen libertad de traslación
- Que adoptan la forma del recipiente que los contiene

# Estados de la materia

Que las fuerzas entre las partículas son muy débiles

Un trozo de ladrillo desaloja  $10 \text{ cm}^3$  de agua y tiene una masa de 23 g. ¿Cuál es su densidad? (Indica el resultado en  $\text{g/cm}^3$  con dos cifras decimales usando el punto para separar las unidades de los decimales).

El paso directo de sólido a gas se llama:

- Solidificación
- Fusión
- Condensación
- Sublimación

## Responde si es verdadero o falso

Si mantenemos la temperatura constante y aumentamos la presión sobre un gas, aumenta su volumen

Si mantenemos la presión constante y disminuimos la temperatura sobre un gas, aumenta su volumen

Si mantenemos la temperatura constante y aumentamos la presión sobre un gas, disminuye su volumen

Si mantenemos la presión constante y aumentamos la temperatura sobre un gas, aumenta su volumen

Si añadimos más partículas a un recipiente con gas sin variar su presión ni su temperatura

- Su volumen disminuye
- Su volumen aumenta

Si añadimos más partículas a un recipiente con gas sin variar su volumen ni su temperatura

- Su presión disminuye
- Su presión aumenta

**Una medalla de oro tiene una masa de 3 g y una densidad de  $19.3 \text{ g/cm}^3$ . Calcula: El volumen de la medalla.**

**Su densidad en el Sistema Internacional de Unidades**

**Una esfera de cierto material tiene 4 cm de radio y una masa de 5 g. Calcula su densidad.**

**En el mundo anglosajón son usadas las unidades de pie para la longitud y de libra para la masa. El hierro es un elemento que tiene una densidad de  $7.86 \text{ g/cm}^3$ . Expresa esta densidad en  $\text{lb/pie}^3$ , sabiendo que 1 libra equivale a 453.59 g y que 1 pie son  $30.48 \text{ cm}^3$ .**



## Comprueba lo que sabes

**Coge lápiz, papel y la calculadora, y resuelve estos ejercicios que te proponemos, para que puedas comprobar lo que has aprendido. Cuando el resultado sea numérico, debes introducirlo redondeado a centésimas. Si tu puntuación es inferior a 6, conviene que repases los apartados en que has fallado.**

El paso directo de un sólido a gas se llama

El volumen que ocupa un gas a temperatura constante es directamente proporcional a la presión

Indica cuál de estas propiedades de la materia es intensiva

Los sólidos se caracterizan porque

El estado que se caracteriza porque en él sus partículas están muy juntas y tienen libertad de traslación es:

La temperatura en el proceso de ebullición

Cuando aumenta la temperatura de un recipiente cerrado

En la fusión...

Calcula la densidad de un sólido que tiene una masa de 5 g y ocupa un volumen de 8 cm<sup>3</sup>.  
Expresa el resultado en kg/m<sup>3</sup>.

Cuando en la superficie de un líquido las partículas escapan constituyendo el estado gaseoso, se dice que hay:

# Estados de la materia



## Actividades para enviar al tutor

Nombre y apellidos del alumno:	Curso: 3°
Quincena nº: 3	Materia: Física y Química
Fecha:	Profesor de la materia:

1.- Calcula:

- La densidad de un cuerpo esférico sólido que tiene 2 cm de radio y una masa de 34 g.
- También esta densidad en el Sistema Internacional de Unidades

2.- Responde la siguientes cuestiones:

- Cuando aumenta la presión, el punto de fusión de un sólido:

- Cuando aumenta la presión, el punto de ebullición de un líquido:

- Un sólido se dilata porque:

3.- El hecho de que podamos oler un perfume está relacionado con el fenómeno de:

4.- La velocidad de vaporización de un líquido depende de la temperatura del líquido, ¿verdadero o falso?

5.- Las fuerzas de atracción en los sólidos son:

6.- Cuando se produce un cambio de estado, la temperatura:

7.- Cuando aumenta la temperatura de un recipiente cerrado, aumenta la:

8.- Si aumentamos el número de partículas en un recipiente con gas a presión constante, aumenta:

9.- Contesta con la palabra adecuada las siguientes definiciones:

- Paso de sólido a líquido

## Estados de la materia

b) Paso de sólido a gas:

c) Paso gas a líquido:

d) Paso de líquido a gas en el seno del líquido:

e) Temperatura a que un sólido pasa a líquido:

f) Energía absorbida para pasar de líquido a gas:

g) Paso de líquido a gas desde su superficie:

h) Magnitud macroscópica relacionada con la velocidad de las partículas en un gas:

# Estados de la materia



## Para saber más

### El vidrio, ¿sólido o líquido?

Generalmente, cuando nos referimos a los líquidos, pensamos en aquellos que son fluidos, como el agua. Pero sabemos bien que los líquidos pueden tener grandes viscosidades, como la miel, que es muy poco fluida, tanto que cuesta trabajo creer que sea líquida.

En el caso del vidrio se trata de una sustancia que tiene una viscosidad tan grande que no lo vemos fluir. Y, sin embargo, se ha comprobado que también fluye, pero de una manera tan lenta que no lo vemos. Se ha comprobado en forma sencilla: midiendo los vidrios de los ventanales de catedrales que tienen 400 o 500 años de antigüedad, y se ha visto que son más gruesos en la parte inferior que en la superior. El vidrio ha fluido muy lentamente, y se ha ido adelgazando. Cuando calentamos el vidrio, su viscosidad va disminuyendo, de manera que tiende a tomar la apariencia de los demás líquidos. Cuando se forma la pasta, el vidrio se parece a una miel muy espesa.

Lo mismo pasa con el lacre y otros cuerpos. Éste es un ejemplo interesante e instructivo de cómo las apariencias pueden engañarnos. Por eso, cuando hablemos del vidrio y nos refiramos a él como un sólido, deberemos añadir que se trata de un sólido amorfo.

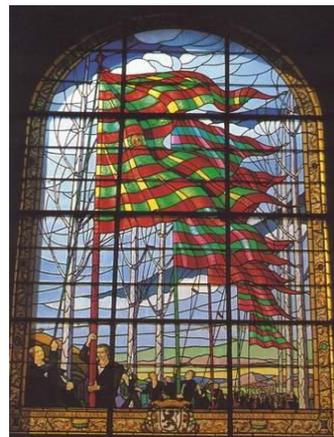
### El movimiento browniano

Un fenómeno que apoya la teoría cinético-molecular es el llamado movimiento browniano que es el movimiento aleatorio que se observa en algunas partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido (por ejemplo polen en una gota de agua). Recibe su nombre en honor a Robert Brown quien lo describió en 1827. En 1785, el mismo fenómeno había sido observado por Jan Ingenhousz sobre partículas de carbón en alcohol.

El movimiento aleatorio de estas partículas se debe a que son bombardeadas constantemente por las moléculas del fluido sometidas a la agitación térmica. Este bombardeo a escala atómica no es siempre completamente uniforme y sufre variaciones estadísticas importantes. Así la presión ejercida sobre los lados de la partícula puede variar ligeramente con el tiempo provocando el movimiento observado.

### Temperatura de fusión y presión

Durante la fusión la temperatura permanece constante. Ésta es una de las leyes más importantes del cambio de estado. Al igual que en la ebullición, el punto de fusión cambia con la presión. En casi todos los casos, al aumentar la presión aumenta la temperatura de fusión; el agua, sin

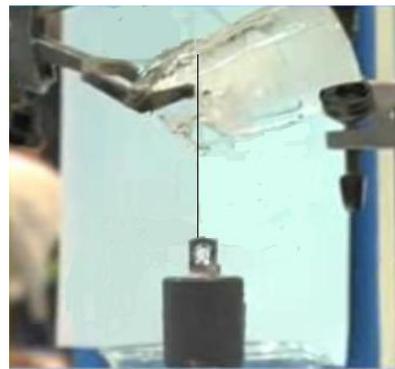


Una vidriera de la catedral de León

# Estados de la materia

embargo, es una excepción; cuando la presión aumenta, disminuye el punto de fusión del hielo. De modo que el hielo fundirá a mayor temperatura cuando se halle a presiones bajas, por ejemplo, en la cumbre de una montaña donde hay baja presión.

Este curioso comportamiento del hielo permite explicar el fenómeno conocido con el nombre de rehielo: si tomamos dos trozos de hielo y los comprimimos el uno contra el otro, se unen formando un solo bloque. Esto se explica por el descenso de la temperatura de fusión al aumentar la presión. Al comprimir, disminuye el punto de fusión en las partes de contacto; como consecuencia de ello se produce una fusión parcial. Al suprimir la presión el agua de fusión se solidifica por estar a menos de  $0^{\circ}\text{C}$ . Otra experiencia interesante que puede explicarse por el fenómeno del rehielo que podemos ver en la figura: si un alambre ejerce presión sobre una barra de hielo que está debajo, el hielo, que está a varios grados bajo cero, puede fundir. Mientras el agua es líquida, el alambre desciende y la desaloja, haciéndola pasar hacia arriba. Pero, una vez pasado el alambre, el agua vuelve a estar a presión atmosférica, de modo que vuelve al estado sólido, y las dos porciones de hielo quedan así nuevamente soldadas. Así, pues, el alambre es capaz de atravesar la barra sin separarla en dos trozos.



Después del paso del cable, el hielo vuelve a unirse.

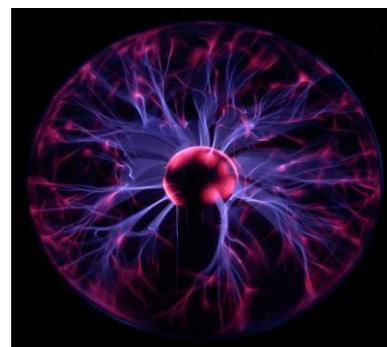
## El estado de plasma

En física y química, se denomina plasma a un gas constituido por partículas cargadas (iones) libres y cuya dinámica presenta efectos colectivos dominados por las interacciones eléctricas y magnéticas de largo alcance entre las mismas. Con frecuencia se habla del plasma como un estado de agregación de la materia con características propias, diferenciándolo de este modo del estado gaseoso, en el que no existen efectos colectivos importantes. Los plasmas forman el estado de agregación, más abundante de la naturaleza. De hecho, la mayor parte de la materia en el Universo visible se encuentra en estado de plasma. Algunos lugares donde hay plasma son:

En los televisores o monitores con pantalla de plasma.

En el interior de los tubos fluorescentes (iluminación de bajo consumo).

- En Soldaduras de arco eléctrico.
- Materia expulsada para la propulsión de cohetes.
- La región que rodea al escudo térmico de una nave espacial durante su entrada en la atmósfera.
- El interior de los reactores de fusión.
- Las descargas eléctricas de uso industrial.
- Las bolas de plasma.



El estado de plasma se puede observar en estas bolas vendidas en los bazares.



## Soluciones a las actividades propuestas

A1. Solución: Para los sólidos, si son regulares, se puede calcular su volumen con la expresión correspondiente y, una vez pesado, por una simple división conocer la densidad. Si el sólido es irregular, se puede determinar su volumen introduciéndolo en un recipiente graduado y con un líquido, el aumento en el nivel del líquido nos dará el volumen del sólido; por último, procedemos como en el caso anterior. En el caso de los líquidos, su densidad se puede medir pesándolos y dividiendo su masa entre el volumen medido con un recipiente graduado o bien sumergir un aparato llamado densímetro que flote en el líquido y que ya está graduado para darnos la densidad (mirad la figura). En el caso de los gases, debido a su bajo peso, el mejor método para determinar su densidad es usar la ley de los gases ideales que has estudiado en la quincena anterior.

A2. Solución: sus partículas vibran con mayor amplitud y éste se dilata al aumentar la distancia entre sus partículas. Si seguimos aumentando la temperatura, puede ocurrir que la amplitud de la vibración se haga tan grande que se rompan las fuerzas de cohesión con lo que el sólido se convierte en líquido.

A3. Solución: Si relacionamos la temperatura con la energía cinética de las partículas, la respuesta debe ser que están en reposo (pero el cero absoluto es inaccesible).

A4. Solución, en los tres estados de agregación de la materia la respuesta es la misma, debido al aumento de la energía cinética de las partículas, éstas se separan. Por tanto habrá dilatación si la presión se mantiene constante.

A5. Solución: En un sólido, las fuerzas de cohesión son muy importantes y por ello las partículas no tienen libertad de traslación; al contrario que en el caso de los gases donde estas fuerzas son casi inexistentes y las partículas se pueden mover libremente entre las paredes del recipiente que las contiene.

A6. Solución. Resulta imposible explicar el fenómeno de la difusión si no suponemos que las partículas se encuentran en continuo movimiento.

A7. Solución: como la difusión está relacionada con el movimiento de las partículas, es lógico pensar que a mayor temperatura (mayor energía cinética), mayor velocidad de difusión.

A8. Solución: parados, pero el cero absoluto es inaccesible.

A9. Solución: sus partículas vibran con mayor amplitud y éste se dilata al aumentar la distancia entre sus partículas. Si seguimos aumentando la temperatura, puede ocurrir que la amplitud de la vibración se haga tan grande que se rompan las fuerzas de cohesión con lo que el sólido se convierte en líquido.

A10. Solución: su volumen disminuye.

A11. Solución: el volumen es inversamente proporcional a la presión.

A12. Solución: aumenta el volumen.

A13. Solución, se ve claramente que la relación es lineal.

A14. Solución: el volumen se haría cero cuando la temperatura alcanzase el cero absoluto, lo que sugiere que en el cero absoluto no habría movimiento de las partículas.

# Estados de la materia

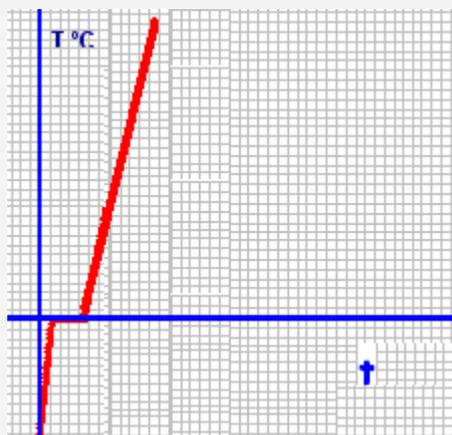
A15. Solución: la presión aumenta linealmente con la temperatura.

A16. Solución: las altas temperaturas del verano unido al calor desprendido debido a la fricción de los neumáticos con la carretera pueden hacer que la presión interna aumente mucho y, si no está en buenas condiciones de conservación, el neumático puede explotar.

A17. Solución: a que en los cambios de estado la temperatura se mantiene constante.

A18. Solución: se revisa.

A19. Solución:



A20. Solución: directamente de una fuente de calor (el Sol, por ejemplo), pero también por algún choque con las otras partículas del líquido debido a su continuo movimiento.

A21. Solución: a partir de los 100 °C se generan masas de vapor en el interior del líquido si se encuentra a 1 atmósfera de presión. Si la presión disminuye, disminuirá también la temperatura de ebullición.

A22. Solución: en el equilibrio dinámico las partículas de sólido y de gas se intercambian continuamente, aunque se mantengan las cantidades de sólido y de gas constantes.

A23. Solución: se rompería el equilibrio y desaparecería completamente el sólido volátil del recipiente.

# Estados de la materia



## Soluciones de "Para practicar"

### Rellena con las palabras adecuadas

La materia se presenta en tres  o formas de agregación: ,  y .

Dadas las condiciones existentes en la superficie terrestre, sólo algunas sustancias pueden hallarse de modo natural en los tres , tal es el caso del agua. La mayoría de sustancias se presentan en un estado concreto. Así, los metales o las sustancias que constituyen los minerales se encuentran en estado sólido y el oxígeno o el CO<sub>2</sub> en estado gaseoso.

Los sólidos: Tienen forma y volumen . Se caracterizan por la rigidez y regularidad de sus estructuras.

Los líquidos: No tienen forma fija pero sí . La variabilidad de forma y el presentar unas propiedades muy específicas son características de los líquidos.

Los gases: No tienen  ni  fijos. En ellos es muy característica la gran variación de  que experimentan al cambiar las condiciones de temperatura y presión.

### Responde:

Los verdaderos sólidos son: Cristalinos

La vaporización: Se da en la superficie de los líquidos. Se puede producir a cualquier temperatura.

¿Cómo se llama el paso de líquido a sólido? Solidificación

Los estados líquido y gaseoso se parecen en: Que las partículas tienen libertad de traslación y que adoptan la forma del recipiente que los contiene

Un trozo de ladrillo desaloja 10 cm<sup>3</sup> de agua y tiene una masa de 23 g. ¿Cuál es su densidad? (Indica el resultado en g/cm<sup>3</sup> con dos cifras decimales usando el punto para separar las unidades de los decimales): 2.3 g/cm<sup>3</sup>.

El paso directo de sólido a gas se llama: Sublimación

Si mantenemos la temperatura constante y aumentamos la presión sobre un gas, aumenta su volumen: FALSO

Si mantenemos la presión constante y disminuimos la temperatura sobre un gas, aumenta su volumen: FALSO

Si mantenemos la temperatura constante y aumentamos la presión sobre un gas, disminuye su volumen: VERDADERO

Si mantenemos la presión constante y aumentamos la temperatura sobre un gas, aumenta su volumen: VERDADERO

Si añadimos más partículas a un recipiente con gas sin variar su presión ni su temperatura: su volumen aumenta

Si añadimos más partículas a un recipiente con gas sin variar su volumen ni su temperatura: Su presión aumenta.

**Una medalla de oro tiene una masa de 3 g y una densidad de 19.3 g/cm<sup>3</sup>. Calcula: El volumen de la medalla. Su densidad en el Sistema Internacional de Unidades.**

Solución: 0.155 cm<sup>3</sup>; 19300 kg/m<sup>3</sup>.

**Una esfera de cierto material tiene 4 cm de radio y una masa de 5 g. Calcula su densidad.** Solución: 0.019 g/cm<sup>3</sup>.

**En el mundo anglosajón son usadas las unidades de pie para la longitud y de libra para la masa. El hierro es un elemento que tiene una densidad de 7.86 g/cm<sup>3</sup>. Expresa esta densidad en lb/pie<sup>3</sup>, sabiendo que 1 libra equivale a 453.59 g y que 1 pie son 30.48 cm.** Solución: 490.69 lb/pie<sup>3</sup>



### **Soluciones de la autoevaluación: "Comprueba lo que sabes"**

1. Sublimación; 2. Falso; 3. La densidad; 4. La fuerza entre sus partículas es muy grande; 5. Líquido; 6. No varía; 7. Aumenta la presión; 8. La temperatura se mantiene constante; 9. 625 kg/m<sup>3</sup>; 10. Vaporización.

No olvides enviar las actividades al tutor ►