

Unidad Didáctica II

# ESTADOS DE AGREGACIÓN

2º ESO

Sólido



- Tiene su propia forma
- Tiene volumen definido
- Tiene masa

Líquido



- Tiene la forma de su contenedor
- Tiene volumen definido
- Tiene masa

Gaseoso



- No tiene su propia forma
- Tiene un volumen no definido
- Tiene masa

# FÍSICA Y QUÍMICA

## En esta unidad vas a:

- 1. Conocer los estados físicos de la materia**
- 2. Conocer la teoría cinética de la Materia**
- 3. Identificar los estados de la materia**
- 4. Comprender el concepto de presión**
- 5. Conocer el concepto de temperatura y sus escalas**
- 6. Repasar el concepto de volumen**
- 7. Aprender las leyes de los gases**
- 8. Entender los cambios de estado**
- 9. Aprender los conceptos de fusión y ebullición**
- 10. Realizar gráficas de cambios de estado**

## SUMARIO

- 2.00.- Lectura Comprensiva
- 2.01.- Introducción
- 2.02.- Características de los estados de Agregación
- 2.03.- La Teoría Cinética de la Materia (TCM)
  - 3.1.- Postulados de la TCM
  - 3.2.- Estados de agregación según la TCM
- 2.04.- Presión y Temperatura
  - 4.1.- Presión
  - 4.2.- Presión atmosférica
  - 4.3.- Temperatura
  - 4.4.- Escalas de temperatura
- 2.05.- Leyes de los Gases
- 2.06.- Los cambios de estado
- 2.07.- Gráficas de cambios de estado
- 2.08.- Ejercicios resueltos
- 2.09.- Autoevaluación

## 2.00.- Lectura Comprensiva

### El estado líquido

#### ¿Por qué el agua del fondo de los lagos y de los ríos no se congela?

Una imagen que nos viene rápidamente a la cabeza es la del patinador deslizándose en cualquier superficie helada de un lago hasta que se resquebraja cayéndose el patinador al agua fría que hay debajo de la capa de hielo. Igualmente recordamos las imágenes de barcos rompehielos flotando en el agua que avanzan a medida que rompen la superficie helada, o incluso gente que pesca a través de un agujero realizado en la capa de hielo de un lago.



Todos estos ejemplos nos indican que el agua permanece en estado líquido a pesar de que la superficie se congele. Pero, ¿cómo es posible esto? En primer lugar, el hielo debe flotar sobre el agua líquida, es decir, su densidad debe ser menor. Es un hecho conocido que la densidad disminuye con la temperatura, pero eso se cumple para el agua a partir de 4°C. Es decir, desde 4°C hasta 100°C la densidad del agua va disminuyendo progresivamente.

Entre 0°C y 4°C el agua se comporta de forma anómala y su densidad, en lugar de disminuir, aumenta progresivamente alcanzando su máximo valor precisamente a 4°C. Por eso el agua menos fría (a 4°C por ejemplo), más densa, "se hunde" constantemente hasta llegar al fondo, siendo reemplazada por agua a menor temperatura (alrededor de 0°C), de menor densidad, en la parte superior.

En realidad, se trata de un movimiento de convección similar al del calentamiento de una habitación mediante un sistema de calefacción: el aire frío pesa más y baja, empujando al aire caliente (menos pesado) hacia arriba, provocando así un movimiento continuo del aire que terminará por calentar todo el aire de la habitación.

Imaginemos un estanque que tiene agua a 12°C. En invierno, a medida que disminuye la temperatura ambiente, el agua baja su temperatura poco a poco hasta llegar a 4°C en la superficie; como la temperatura del agua que está por debajo es superior, la mayor densidad del agua de la superficie hace que "se hunda" antes de enfriarse más. Y esto irá ocurriendo hasta que toda el agua del lago esté a 4°C. Posteriormente, el agua de la superficie seguirá enfriándose ¡sin "hundirse"! a 3°C, 2°C, 1°C, hasta 0°C, temperatura a la cual se transformará en hielo, pero siempre "flotando" sobre el agua a 4°C, pues tendrá menor densidad.

De este modo, la superficie se congelará primero, formando una capa más o menos gruesa, y como el hielo no es muy buen conductor del calor, el resto del agua, por debajo de la capa de hielo, permanecerá líquida, permitiendo la vida en su interior.

#### **Lee nuevamente el texto anterior y responde a las cuestiones**

- 1.- ¿Por qué dice el texto que el agua, entre 0°C y 4°C, se comporta de forma "anómala"?
- 2.- Explica lo que sucedería si en agua no tuviera este comportamiento "anómalo".
- 3.- ¿Conoces alguna otra propiedad del agua que también sea importante para la vida en la Tierra?
- 4.- ¿Qué es un iceberg? ¿Por qué crees que un iceberg flota sobre el agua?

## 2.01.- Introducción

Desde hace miles de años, las personas han intentado entender de qué está hecho el mundo que nos rodea. Los antiguos griegos fueron de los primeros en reflexionar sobre la materia. Filósofos como Empédocles pensaban que todo estaba formado por cuatro elementos básicos: tierra, agua, aire y fuego. Aunque esta idea era

muy simple y no era capaz de explicar muchas cosas, marcó el inicio del estudio de los materiales y sus propiedades. Más adelante, en el siglo XVII, los científicos comenzaron a usar experimentos para investigar sobre la naturaleza de la materia. Fue entonces cuando se dieron cuenta de que los materiales podían cambiar de forma dependiendo de la temperatura o la presión, y comenzaron a estudiar lo que hoy llamamos los estados de agregación de la materia.

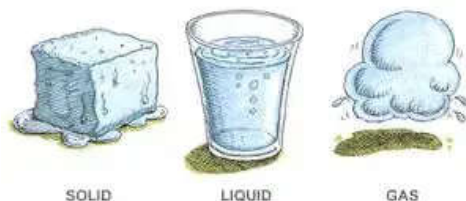
Durante el siglo XIX, gracias a los avances científicos, se desarrollaron teorías que explicaban cómo las partículas que forman la materia se comportan en los diferentes estados. Por ejemplo, se descubrió que en los sólidos las partículas están muy juntas y apenas se mueven, mientras que en los gases están muy separadas y se mueven fácil y rápidamente. Esto ayudó a entender mejor los cambios de estado, como cuando el hielo se derrite o el agua hierve.

En el siglo XX, los científicos lograron descubrir otros estados de la materia, además de los sólidos, líquidos y gases. Por ejemplo, el plasma, que es un gas especial que se forma a temperaturas muy altas y que está presente en las estrellas, como el Sol. También se descubrió el condensado de Bose-Einstein, un estado que ocurre a temperaturas casi tan frías como el espacio profundo y que tiene propiedades muy curiosas y diferentes a lo que vemos normalmente.

Estos descubrimientos no solo han servido para entender mejor el mundo que nos rodea, sino que también han permitido desarrollar nuevas tecnologías. Por ejemplo, el conocimiento sobre los gases y los líquidos es esencial para los refrigeradores, y el estudio del plasma es clave para investigaciones sobre energía limpia, como la fusión nuclear. Comprender los estados de agregación de la materia nos ayuda a resolver problemas y a avanzar en la ciencia.

## 2.02.- Características de los estados de Agregación

Si analizamos con detalle cualquier sistema material que tengamos a nuestro alrededor, podemos llegar a la conclusión de que pueden encontrarse de tres maneras diferentes en las condiciones de presión y temperatura de la superficie terrestre, que denominamos estados físicos o estados de agregación. Estos tres estados físicos son el estado sólido, el estado líquido y el estado gaseoso. Las propiedades características de la materia son diferentes en cada estado.



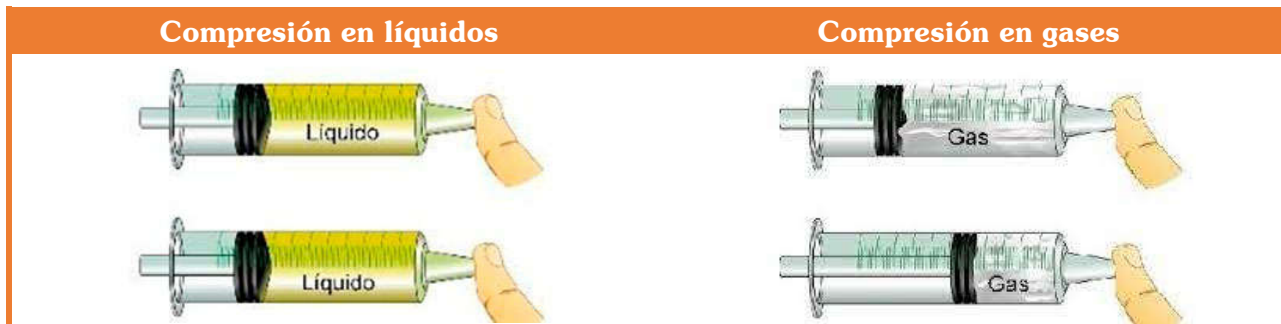
### 2.2.1.- Forma, Volumen y capacidad para fluir

Como hemos dicho con anterioridad, es conveniente, sistematizar estas diferencias atendiendo a algunas características:

**🍏 Forma y Volumen:** En los sólidos, las partículas están muy juntas y ordenadas. Esto les da una forma definida, que no cambia por sí sola, y un volumen constante, ya que no se pueden comprimir fácilmente. En los líquidos las partículas están menos ordenadas que en los sólidos, lo que les permite fluir. Su forma es variable, ya que se adaptan al recipiente que los contiene, pero su volumen es constante, porque no se comprimen fácilmente. Por el contrario, en los gases, las partículas están muy separadas y se mueven libremente. Esto hace que tengan tanto una forma variable (ocupan todo el espacio disponible) como un volumen variable, ya que pueden expandirse o comprimirse.

**🍏 Capacidad para fluir:** La materia en estado gaseoso o en estado líquido se denomina también materia fluida puesto que tiene la capacidad de moverse de un lugar a otro. La diferencia principal entre líquidos y gases es que los gases ocupan todo el volumen disponible.

🍏 **Capacidad para comprimirse:** La **compresión** de un sistema material es la capacidad de disminuir su volumen bajo la acción de una fuerza. Los sólidos son prácticamente incompresibles ya que sus partículas están muy juntas y tienen posiciones fijas. Los líquidos son muy poco comprimibles, porque sus partículas también están bastante juntas, aunque pueden moverse entre sí. Por eso, el volumen de un líquido permanece casi constante. Pero los gases son altamente comprimibles, ya que sus partículas están muy separadas y tienen mucho espacio entre ellas para reducir su volumen.

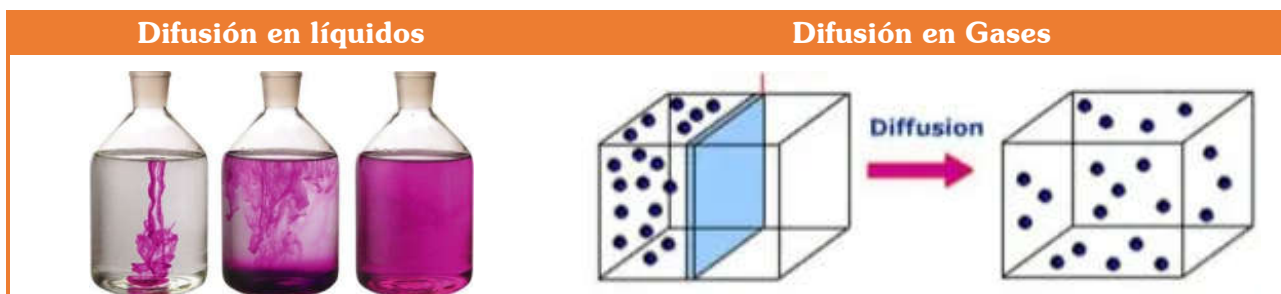


🍏 **Capacidad para difundirse:** La **difusión** es el proceso por el cual las partículas de una sustancia se dispersan y se mezclan espontáneamente con las partículas de otra sustancia debido a su movimiento. Este fenómeno ocurre en todos los estados de agregación, pero su velocidad y características varían según el estado:

En los sólidos las partículas en los sólidos están fijas en posiciones cercanas, solo vibran, por lo que la difusión es extremadamente lenta y a menudo imperceptible.

En los líquidos, las partículas tienen mayor libertad de movimiento que en los sólidos, lo que permite que se mezclen más rápidamente. Sin embargo, es más lento que en los gases debido a la cercanía entre partículas.

Los gases presentan una difusión muy rápida debido a la gran separación entre partículas y su alto nivel de energía. Las moléculas se mueven en todas direcciones, mezclándose rápidamente con otras. Por ejemplo, el olor del perfume que se expande por una habitación.



🍏 **Viscosidad:** La **viscosidad** es la resistencia al movimiento de los fluidos, por tanto, cuanto más viscoso sea un material, más difícilmente fluye. Existen líquidos más viscosos que el agua, como el aceite o la miel. (Cuidado de confundir densidad con viscosidad)



## Piensa y practica

- 1.- ¿Cómo harías para comprobar la difusión en los líquidos?
- 2.- Coge una jeringa en tu casa y prueba la compresibilidad de líquidos y gases.
- 3.- ¿Qué pasa cuando haces fuerza sobre un bloque de plastilina?
- 4.- Haz en tu casa una carrera de fluidos con Leche, Aceite y miel. ¿Quién ha ganado? ¿Quién es más viscoso?
- 5.- Pon un ejemplo de difusión de sólidos.

### 2.03.- La teoría cinética de la materia (TCM)

La teoría cinética de la materia es un modelo científico que explica las propiedades y el comportamiento de la materia en términos del movimiento y la interacción de sus partículas fundamentales: átomos y moléculas. Es una teoría clave para entender los estados de la materia (sólido, líquido y gas) y cómo cambian bajo diferentes condiciones de temperatura y presión.

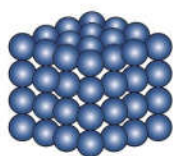
#### 2.3.1.- Postulados de la teoría cinética

- ✓ **La materia está formada por partículas diminutas:** Todos los materiales están compuestos por partículas muy pequeñas, ya sean átomos, moléculas o iones, que están separadas por espacios vacíos. Es importante destacar que las partículas que componen la materia son características de cada sustancia y no de su estado de agregación.
- ✓ **Las partículas están en continuo movimiento:** El movimiento de las partículas es diferente según el estado en que se encuentren:
  - ✓ En los **gases**, las partículas tienen movimientos rápidos y desordenados, y chocan entre sí y con las paredes del recipiente.
  - ✓ En los **líquidos**, las partículas tienen menos libertad de movimiento, pero pueden deslizarse unas sobre otras.
  - ✓ En los **sólidos**, las partículas vibran en posiciones fijas debido a las fuerzas de atracción más fuertes.
- ✓ **Las partículas interactúan entre sí:** Existen fuerzas de atracción y repulsión entre las partículas. Estas fuerzas son fuertes en sólidos, moderadas en líquidos y muy débiles en gases.

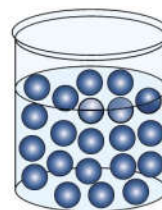
#### 2.3.2.- Los estados de agregación según la TCM

Si analizamos con detalle cualquier sistema material que tengamos a nuestro alrededor, podemos llegar a la conclusión de que pueden encontrarse de tres maneras diferentes, que denominamos estados físicos o estados de agregación.

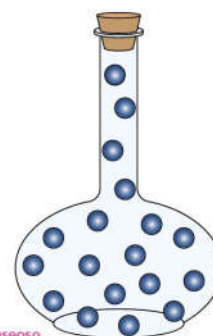
Estos tres estados físicos son **el estado sólido**, **el estado líquido** y **el estado gaseoso**. Las propiedades características de la materia son diferentes en cada estado.



Sólido



Líquido



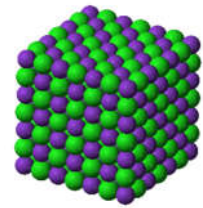
Gaseoso

Las **propiedades** que corresponden a los estados de agregación son:

**Sólidos:** En un sólido, las entidades elementales, ya sean moléculas, Átomos o iones se encuentran en contacto unas con otras en posiciones fijas en el espacio.

Características:

- ✚ Tienen una forma definida.
- ✚ No se comprimen. Su volumen es fijo.
- ✚ No fluyen ni se difunden.



**Líquidos:** En un líquido las entidades fundamentales no se encuentran fijas, sino que pueden moverse libremente con cierta libertad unas con otras.

Características:

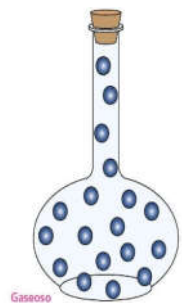
- ✚ Toman la forma del recipiente que los contiene.
- ✚ Prácticamente no se comprimen. Su volumen es fijo.
- ✚ Fluyen con facilidad, aunque no se difunden.



**Gases:** En un gas, las entidades elementales son independientes unas de otras. Es decir, están separadas por enormes distancias en relación con su tamaño.

Características:

- ✚ Se adaptan a la forma del recipiente que los contiene.
- ✚ Se comprimen y se expanden con facilidad.
- ✚ Se dilatan y contraen con facilidad.
- ✚ Fluyen fácilmente y se difunden ocupando todo el volumen del recipiente.



## Piensa y practica

6.- Completa los espacios del texto con las siguientes palabras: líquido, partículas, fusión, aumentar, sólido y fluir.

La ..... : Al ..... la temperatura del ....., aumenta la energía cinética de sus ....., con lo que su grado de agitación también lo hace. Por tanto, podrán abandonar las posiciones fijas que ocupaban en la estructura sólida y ..... con cierta libertad. Así, se forma el .....

## 2.04.- Presión y Temperatura

Dos magnitudes muy importantes en esta parte de la química, son la presión (P) y la temperatura (T).

### 2.4.1.- La presión

Se define como la fuerza por unidad de superficie que se ejerce sobre algún material. Es una magnitud derivada, y su unidad en el S.I. es el newton por metro cuadrado,  $N/m^2$ , que se denomina pascal, Pa, en honor a Blaise Pascal.

Aunque en química se suelen utilizar otras tres unidades de presión: la atmósfera, el bar y el milímetro de mercurio (mmHg) ó Torricelli (Torr).

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ Torr} = 1,01325 \text{ bar}$$

Para medir la presión nos ayudaremos del **manómetro**, ese que usas en la gasolinera para inflar las ruedas de tu bicicleta, y si queremos medir la presión que ejerce la atmósfera, usaremos un **barómetro**, ese que tiene tu abuela en el reloj antiguo de su casa.



Manómetro

Barómetro

**Ejemplo**

1.- Expresa 0,01 kN/m<sup>2</sup> en unidades del SI. Realiza el cambio mediante factores de conversión.

En el SI, la unidad de presión es el pascal que equivale a N/m<sup>2</sup>, por tanto, aplicando factores de conversión llegamos a:

$$0,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{10^3 \text{ N}}{1 \text{ kN}} = 0,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{10^3 \text{ N}}{1 \text{ kN}} = 0,01 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10 \text{ Pa}$$

Se corresponde con 10 Pa.

**Piensa y practica**

7.- Indica cuáles de las siguientes equivalencias son erróneas, y en su caso, escribe su equivalencia correcta.

a) 1 mb = 1 HPa

b) 760 mmHg = 110.325 Pa

8.- Convierte cada una de las siguientes presiones a las otras tres: 700 Torr, 300 KPa, 0,5 atm y 3,75 bar

**2.4.2.- La temperatura**

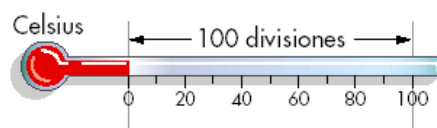
La temperatura es la medida de la energía térmica de una sustancia. En el SI se mide en Kelvin (K) aunque, como ya sabemos, se suele medir también en °C.

Para medir la temperatura utilizaremos un termómetro.

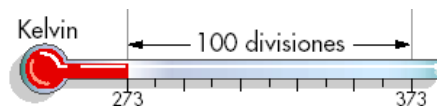


Existen tres escalas, o tres unidades, para medir la temperatura, la Escala Celsius (o centígrada), la Escala Kelvin (la del S.I.) y la escala Farenheit. En las escalas Celsius-Kelvin, 1°C es lo mismo que 1 K, la única diferencia es que el 0 en la escala Kelvin está a - 273 °C.

En la **escala Celsius** se asigna el valor 0 (0 °C) a la temperatura de congelación del agua y el valor 100 (100 °C) a la temperatura de ebullición del agua. El intervalo entre estas dos temperaturas se divide en 100 partes iguales, cada una de las cuales corresponde a 1 grado.



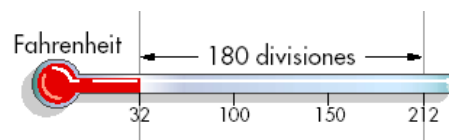
En la **escala Kelvin** se asignó el 0 a aquella temperatura a la cual las partículas no se mueven (temperatura más baja posible). Esta temperatura equivale a -273 °C de la escala Celsius.



Para cambiar de Celsius a Kelvin y viceversa, tenemos que tener en cuenta que:

$$T (K) = T(°C) + 273$$

Existe otra **escala**, la **Fahrenheit**, utilizada mucho por los anglosajones y que estudiaremos en cursos superiores. En ella, se asigna el valor 32 (32 °F) a la temperatura de fusión del agua y el valor 212 (212 °F) a la temperatura de ebullición del agua. El intervalo entre estas dos temperaturas se divide en 180 partes iguales, cada una de las cuales corresponde a 1 grado.



**Piensa y practica**

8.- Cambia las siguientes temperaturas de una escala a otra.

100 K

1.000° C

27° C

50 K

En física y química se utilizan mucho dos medidas de Presión y Temperatura que reciben nombres específicos:

- Condiciones normales  $\left\{ \begin{array}{l} P = 1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} \\ T = 0^\circ \text{ C} = 273 \text{ K} \end{array} \right.$

- Condiciones estandard  $\left\{ \begin{array}{l} P = 1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} \\ T = 25^\circ \text{ C} = 300 \text{ K} \end{array} \right.$

## 2.05.- Leyes de los Gases

De los tres estados de la materia, en el estado gaseoso las interacciones entre sus partículas son mínimas, por lo que es en este caso donde el estudio y la interpretación de los resultados obtenidos es menos complicada. Como resultado de tales estudios se ha llegado a establecer una serie de generalizaciones empíricas que se incluyen bajo la denominación de leyes de los gases, las cuales describen el comportamiento de dichas sustancias en determinadas condiciones especiales.

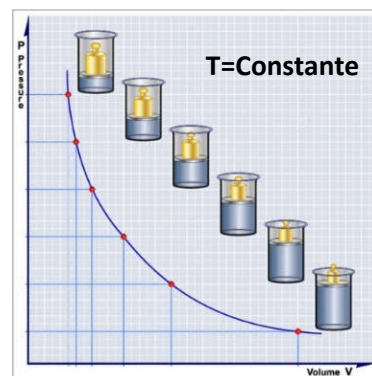
Si un gas es introducido en un recipiente cerrado, sus moléculas se moverán según las consideraciones de la teoría cinética molecular, TCM, con una velocidad que aumentará como ya sabemos con la temperatura, además, al ejercer presión sobre un gas, al calentarlo, o al aumentar el volumen que ocupa, ocurren cambios en otras magnitudes.

### 2.5.1.- Ley de Boyle – Mariotte

Para una misma cantidad de gas y a temperatura constante (**Proceso Isotermo**), cuando aumentamos la presión, su volumen disminuye. Si por el contrario disminuimos la presión, su volumen aumenta.

Por tanto, P y V son magnitudes inversamente proporcionales. Esto es, su producto permanece invariable.

$$P \cdot V = Cte \quad \rightarrow \quad P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$



#### Ejemplo

2.- Una muestra de gas ocupa un volumen de 44,8 litros en condiciones estándar, es decir, 25 °C de temperatura y una presión de 1 atmósfera. ¿Qué habría que hacer para que mediante un proceso isotermo su presión pase a ser de 2.500 hectopascales?

Lo primero será pasar los 2.500 hectopascales a atmósferas mediante factores de conversión:

$$2.500 \text{ HPa} = 250.000 \text{ Pa} = 250.000 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101.325 \text{ Pa}} = 250.000 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101.325 \text{ Pa}} = \frac{250.000}{101.325} \text{ atm} = 2,47 \text{ atm}$$

Si es proceso es isotermo, la temperatura no varía, por tanto, ha de cumplir la Ley de Boyle – Mariotte que dice el producto de la presión y el volumen permanece constante, es decir,  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

Si  $P_1 = 1 \text{ atm}$  y  $V_1 = 44,8 \text{ L}$  y  $P_2$  es 2,47 atm, podemos calcular  $V_2$ :

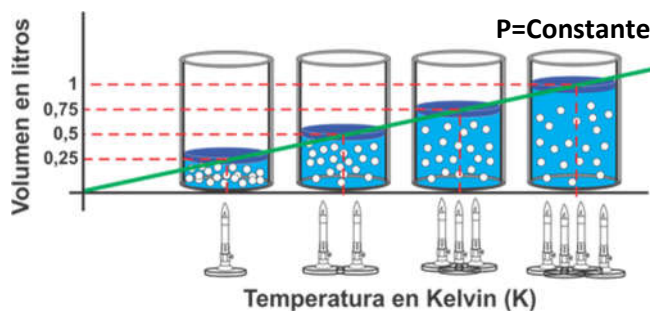
$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 44,8 \text{ L}}{2,47 \text{ atm}} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 44,8 \text{ L}}{2,47 \text{ atm}} = 18,14 \text{ L}$$

Así que para que la presión pase a ser de 2.500 HPa, habría que reducir el volumen 44,8 L – 18,14 L = 26,66 L

## 2.5.2.- Ley de Charles

Para una misma cantidad de gas y a presión constante (**Proceso isobaro**), si aumentamos su temperatura, su volumen también aumenta. Si por el contrario disminuimos la temperatura, su volumen disminuye. Por tanto, Volumen y Temperatura son directamente proporcionales. Esto es, el cociente de valores correspondientes de V y T, permanece invariable.

$$\frac{V}{T} = cte \quad \rightarrow \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



Donde las temperaturas están expresadas en Kelvin.

### Ejemplo

3.- Si cierta masa de gas, a presión constante, llena un recipiente de 20 litros de capacidad a la temperatura de 124°C, ¿qué temperatura alcanzará la misma cantidad de gas a presión constante, si el volumen aumenta a 30 litros?

Si se trata de un proceso a presión constante (Isobaro) se verificará la Ley de Charles que dice que el volumen y la temperatura son directamente proporcionales, es decir:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Así que tenemos que calcular  $T_2$ , pero para ello hemos de expresar  $T_1$  en Kelvin, por tanto:

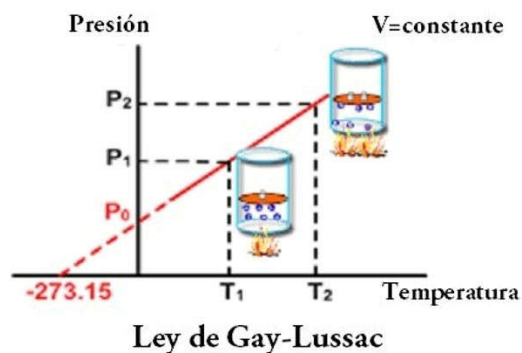
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \rightarrow \quad T_2 = \frac{T_1 \cdot V_2}{V_1} = \frac{(124 + 273)K \cdot 30L}{20L} = \frac{397K \cdot 30K}{20K} = 595,5K$$

Así que, alcanzará una temperatura de 595,5 K o 322,5 °C

## 2.5.3.- Ley de Gay - Lussac

Si consideramos una cantidad dada de gas y aumentamos su temperatura manteniendo constante el volumen (**Proceso Isocoro**), su presión aumenta. Si por el contrario disminuimos la temperatura, su presión disminuye. Así que la Presión P y la temperatura T son directamente proporcionales. Esto es, el cociente de valores correspondientes de P y T, permanece invariable.

$$\frac{P}{T} = cte \quad \rightarrow \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



### Ejemplo

4.- Si cierta masa de gas contenido en un recipiente rígido a la temperatura de 100°C posee una presión de 2 atm, ¿Qué presión alcanzará la misma cantidad de gas si la temperatura aumenta a 473 K?

Si se trata de un proceso a volumen constante porque el recipiente es rígido, por tanto, se verificará la Ley de Gay - Lussac que dice que la Presión y la temperatura son directamente proporcionales, es decir:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

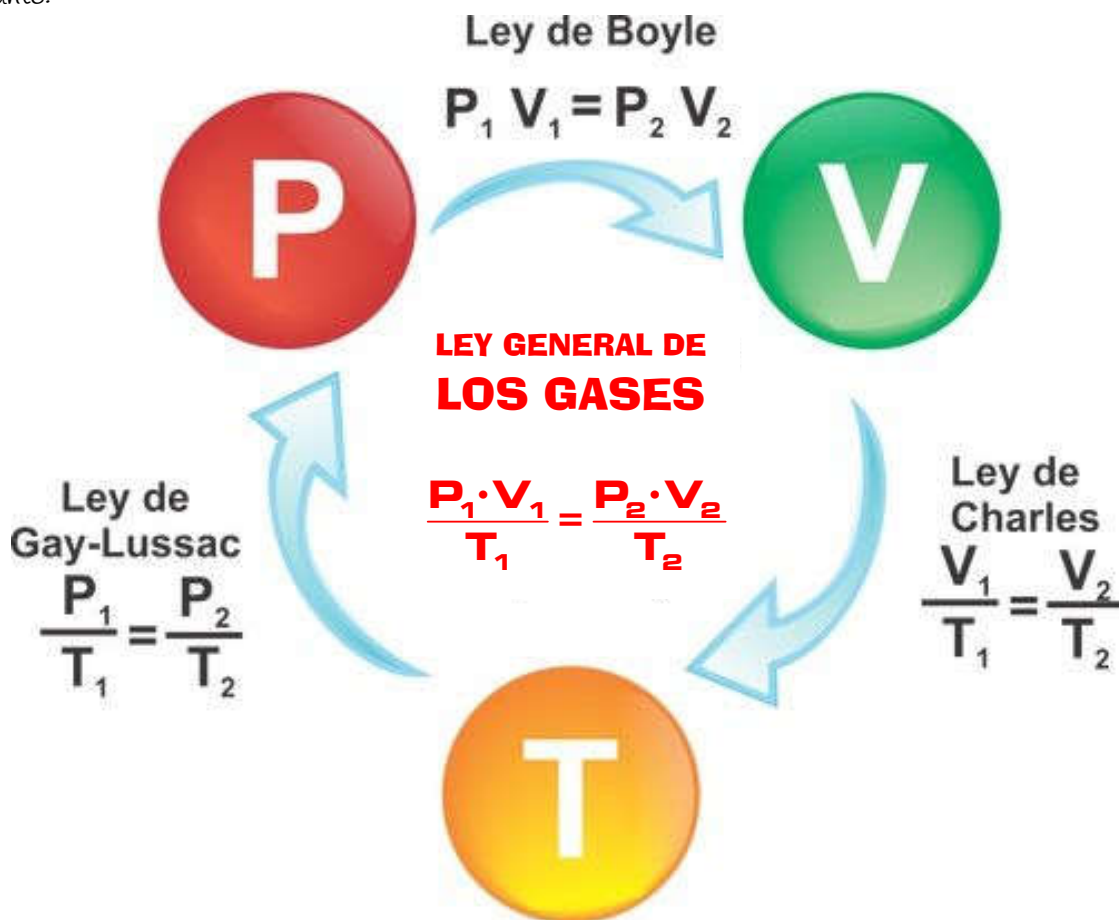
Así que conocidos  $P_1=2$  atm,  $T_1=100+273=373$  K y  $T_2=473$  K, tenemos que calcular  $P_2$ :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \rightarrow \quad P_2 = \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{2 \text{ atm} \cdot 473 \text{ K}}{373 \text{ K}} = \frac{2 \text{ atm} \cdot 473 \text{ K}}{373 \text{ K}} = 2,54 \text{ atm}$$

Así que, alcanzará una presión de 2,54 atm.

## 2.5.4.- Ley general de los gases

Si agrupamos las tres leyes, obtenemos **la ley general de los gases** que dice que, para una determinada masa, de gas, el cociente entre el producto de su presión por el volumen y la temperatura absoluta se mantiene constante:



### Ejemplo

5.- En un recipiente se encuentra un gas a 10 °C, 3 atm de presión y ocupa un volumen de 450 ml. ¿Qué volumen ocupará a 100 °C de temperatura y 750 mm Hg de presión?

Como tenemos distintas unidades, vamos a expresar las temperaturas en Kelvin, las presiones en atmósferas y los volúmenes en litros:

$$\text{Antes: } \begin{cases} P_1 = 3 \text{ atm} \\ V_1 = 0,45 \text{ L} \\ T_1 = 10 \text{ °C} + 273 = 283 \text{ K} \end{cases} \quad \text{Después: } \begin{cases} P_2 = 750 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0,987 \text{ atm} \\ V_2 = ? \\ T_2 = 100 \text{ °C} + 273 = 373 \text{ K} \end{cases}$$

Así que con la Ley general de los gases calcularemos  $V_2$ :  $\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \rightarrow V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot P_2}$

$$V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot P_2} = \frac{3 \text{ atm} \cdot 0,45 \text{ L} \cdot 373 \text{ K}}{283 \text{ K} \cdot 0,987 \text{ atm}} = \frac{3 \text{ atm} \cdot 0,45 \text{ L} \cdot 373 \text{ K}}{283 \text{ K} \cdot 0,987 \text{ atm}} = 1,803 \text{ L}$$

Así que ocupará un volumen de 1.803 mL

### Piensa y practica

9.- Al comprimir un gas encerrado en un émbolo, su presión pasa de 2,3 atm a 8,5 atm. Si el volumen final es de 2 L, ¿cuál era el inicial, si la temperatura ha permanecido constante?

10.- Calcula a qué temperatura debe calentarse un gas encerrado en un recipiente a una temperatura de 30 °C y 2 atm de presión, para que su presión se duplique.

11.- Cierta cantidad de un gas tiene un volumen de 5 litros a  $-73^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál será su volumen a  $27^{\circ}\text{C}$  si no ha cambiado la presión?

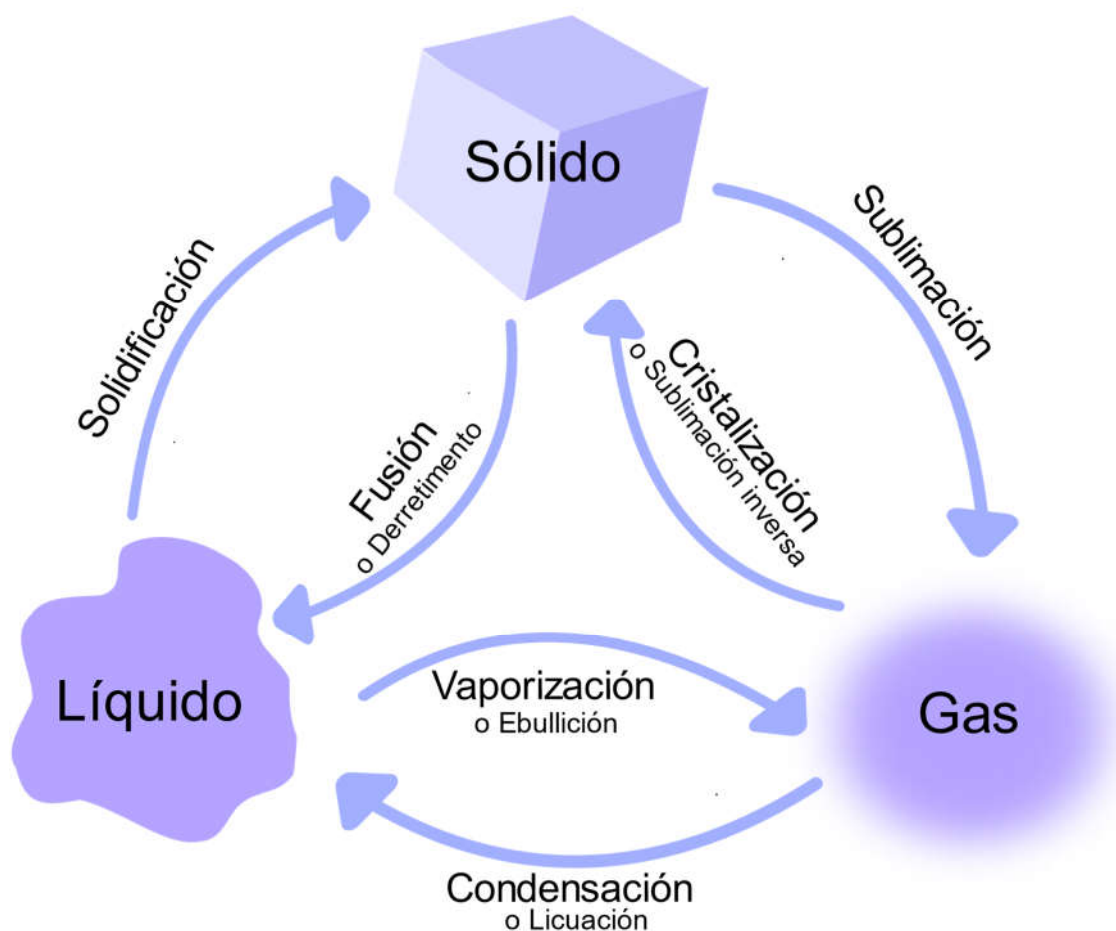
12.- Un globo inflado tiene un volumen de 6 litros a nivel del mar donde la presión atmosférica es de 1 atm y se le permite ascender hasta que la presión sea de 0,45 atm. Durante el ascenso la temperatura del gas baja desde  $22^{\circ}\text{C}$  hasta  $-21^{\circ}\text{C}$ . Calcula el volumen del globo a su altitud final.

## 2.06.- Los cambios de estado

Un cambio de estado es el cambio físico que experimenta un sistema material cuando, al variar la presión y la temperatura, pasa de un estado de agregación a otro. En un cambio de estado no cambian las partículas que forman el sistema material, sino las fuerzas de atracción entre ellas.

Si dejamos constante la presión y variamos la temperatura, podremos generar:

- 🍏 Cambios de estado regresivos, si disminuimos la temperatura (enfriamos).
- 🍏 Cambios de estado progresivos, si aumentamos la temperatura (calentamos)



### 2.6.1.- Temperaturas de cambio de estado

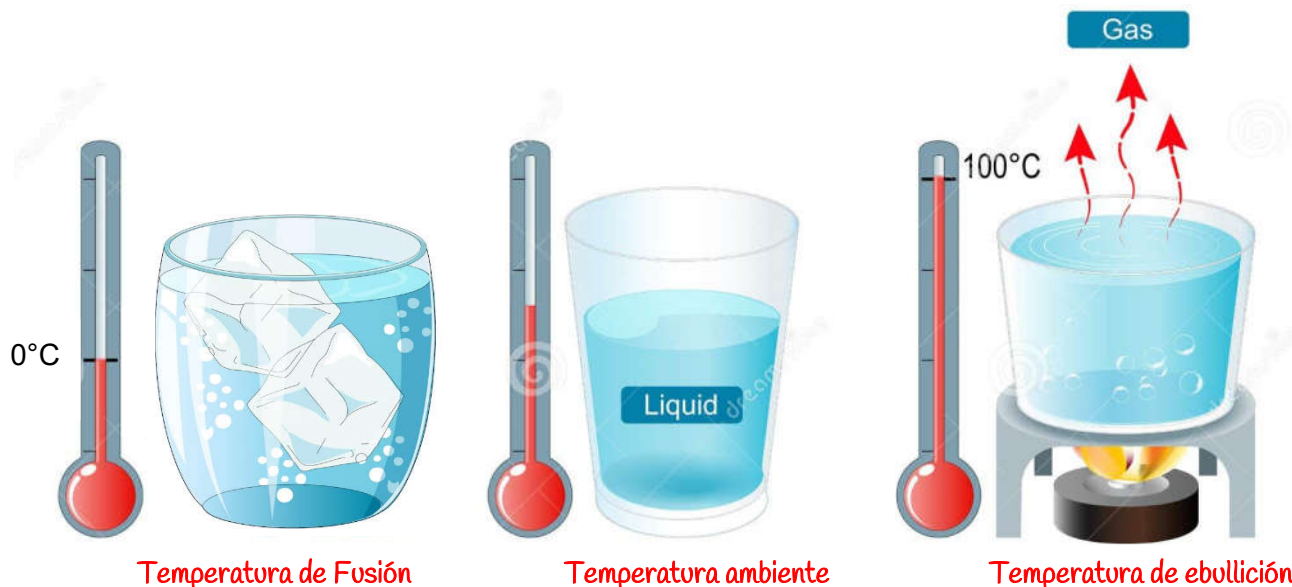
Las temperaturas de fusión y de ebullición son características de cada sustancia, por tanto, se trata de propiedades específicas de los sistemas materiales, como ya vimos en el capítulo anterior, y que nos permiten diferenciar unas sustancias de otras.

🍏 La **temperatura de fusión ( $T_f$ )**, es la temperatura a la que una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido (fusión) o de estado líquido a sólido (solidificación) puesto que ambos cambios se producen a la misma temperatura.

En el caso del agua, la temperatura de fusión es de  $0^{\circ}\text{C}$  para la presión atmosférica (1 atm) que es la temperatura en la que coexisten los estados de sólido y líquido (cuando un cubito se está derritiendo, pero todavía queda hielo)

🍏 **La temperatura de ebullición ( $T_e$ )**, es la temperatura a la que una sustancia pasa del estado líquido al estado gaseoso (vaporización o ebullición) o de estado gaseoso a líquido (condensación).

En el caso del agua, la temperatura de ebullición es de  $100^{\circ}\text{C}$  (a presión atmosférica) que es la temperatura en la que coexisten los estados de líquido y gaseoso (cuando el agua comienza a hervir, pero todavía queda agua)



Mientras ocurre un cambio de estado, la temperatura no varía, aunque estemos enfriando o calentando.

## 2.6.2.- Formas de vaporización: ebullición y evaporación

Ebullición y evaporación son dos procesos diferentes relacionados con el cambio de estado de una sustancia de líquido a gas. Aunque ambos implican el paso del líquido al estado gaseoso, difieren en sus condiciones, mecanismos y características principales. A continuación, se explican las diferencias:

🍏 **Ebullición:** Es el proceso de cambio de líquido a gas que ocurre a una temperatura específica, conocida como el punto de ebullición, para una sustancia dada bajo una presión determinada. Sucede cuando la presión del vapor del líquido iguala la presión atmosférica y ocurre a una temperatura fija (por ejemplo,  $100^{\circ}\text{C}$  para el agua a nivel del mar).

- ✓ Es un proceso rápido.
- ✓ Se forman burbujas de vapor dentro del líquido, que suben a la superficie y escapan al aire.
- ✓ La temperatura permanece constante durante todo el proceso hasta que todo el líquido se convierte en gas.

🍏 **Evaporación:** Es el proceso de cambio de líquido a gas que ocurre en la superficie del líquido a cualquier temperatura por debajo de su punto de ebullición. Ocurre de forma gradual y a temperaturas más bajas que el punto de ebullición y depende de factores como la temperatura, la presión atmosférica y la superficie expuesta del líquido.

- ✓ Es un proceso lento.
- ✓ No se forman burbujas; las moléculas de la superficie adquieren suficiente energía para superar las fuerzas de atracción y escapar al aire como vapor.

- ✓ Puede ocurrir a temperaturas ambiente.

Características	Ebullición	Evaporación
Velocidad	Rápida	Lenta
Lugar	Todo el volumen del líquido	Solo en la superficie
Temperatura	A una temperatura concreta	A cualquier temperatura
¿Hace burbujas?	Si	No

Ambos procesos son importantes en fenómenos naturales y aplicaciones, como la regulación de la temperatura corporal (a través del sudor, que se evapora) o el calentamiento de agua para cocinar (ebullición).

## 2.0.7- Gráficas de los cambios de estado

La experiencia nos demuestra que es posible encontrar una misma sustancia en los tres estados de agregación, y el paso de un estado a otro depende de la temperatura fundamentalmente (y también de la presión). Los cambios de estado nos informan sobre el nivel energético de la materia. El estado de menor nivel energético es el sólido; el estado líquido presenta un mayor nivel energético y el gaseoso es el de mayor nivel energético.

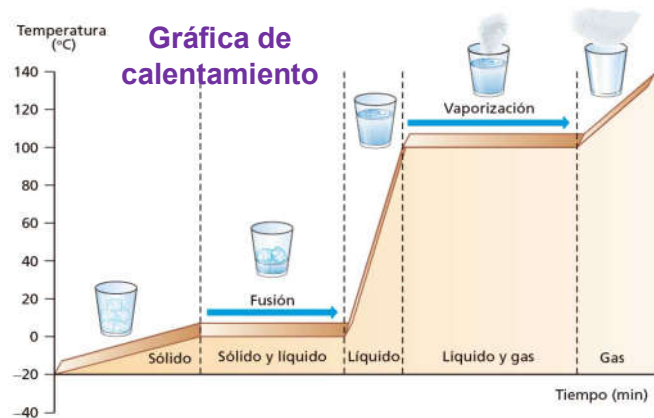
### 2.7.1.- Curva de calentamiento

Las gráficas de calentamiento muestran cómo va cambiando la temperatura al transcurrir el tiempo, si calentamos continuamente una sustancia.

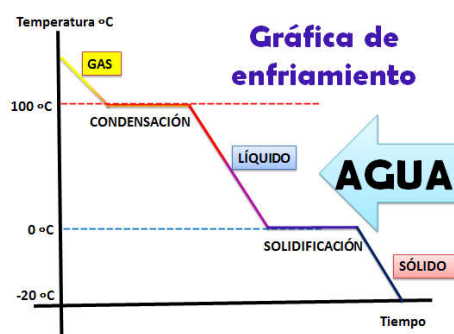
En ellas se diferencian tramos que corresponden a fenómenos diferentes.

Los cambios de estado ocurren a una temperatura constante, por eso corresponden a tramos horizontales, llamados mesetas.

Cuando calentamos, añadiendo calor una sustancia pura sólida, su temperatura comienza a subir hasta que alcanza el **punto de fusión**, que es la temperatura a la que se produce la fusión. Mientras el sólido se está fundiendo, la temperatura de la sustancia permanece constante (**calor latente de fusión**). Una vez que se ha fundido todo el sólido, si se sigue calentando, la temperatura del líquido comienza a subir hasta alcanzar el **punto de ebullición**. Mientras el líquido puro hierve se mantiene constante la temperatura (**calor latente de ebullición**). Cuando todo el líquido se haya transformado en vapor, y si se sigue aportando energía, la temperatura vuelve a subir. En el caso particular del agua, su curva de calentamiento sería la gráfica de la derecha.



### 2.7.2.- Curva de enfriamiento



Las gráficas de enfriamiento muestran el proceso inverso; esto es, cómo va cambiando la temperatura y los cambios de estado que se producen cuando una sustancia pierde energía en forma de calor (se enfría).

A partir de las temperaturas de fusión y ebullición de una sustancia, es posible dibujar de forma esquemática las gráficas de calentamiento y enfriamiento.

## 2.08.- Ejercicios Resueltos

1.- Se calienta aire en un cilindro de acero de volumen constante de 20 °C a 60 °C. Si la presión inicial es de 3 atmósferas ¿Cuál es su presión final?, ¿Qué ley has utilizado?, ¿Cómo se llama a este tipo de procesos?

Si el volumen no cambia porque permanece constante entonces, verifica la Ley de Gay-Lussac que dice que cuando el volumen permanece constante, se cumple que la presión y la temperatura son magnitudes directamente proporcionales, es decir:

$$\frac{P}{T} = \text{Cte} \quad \rightarrow \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Si recogemos los datos en una tabla tenemos:

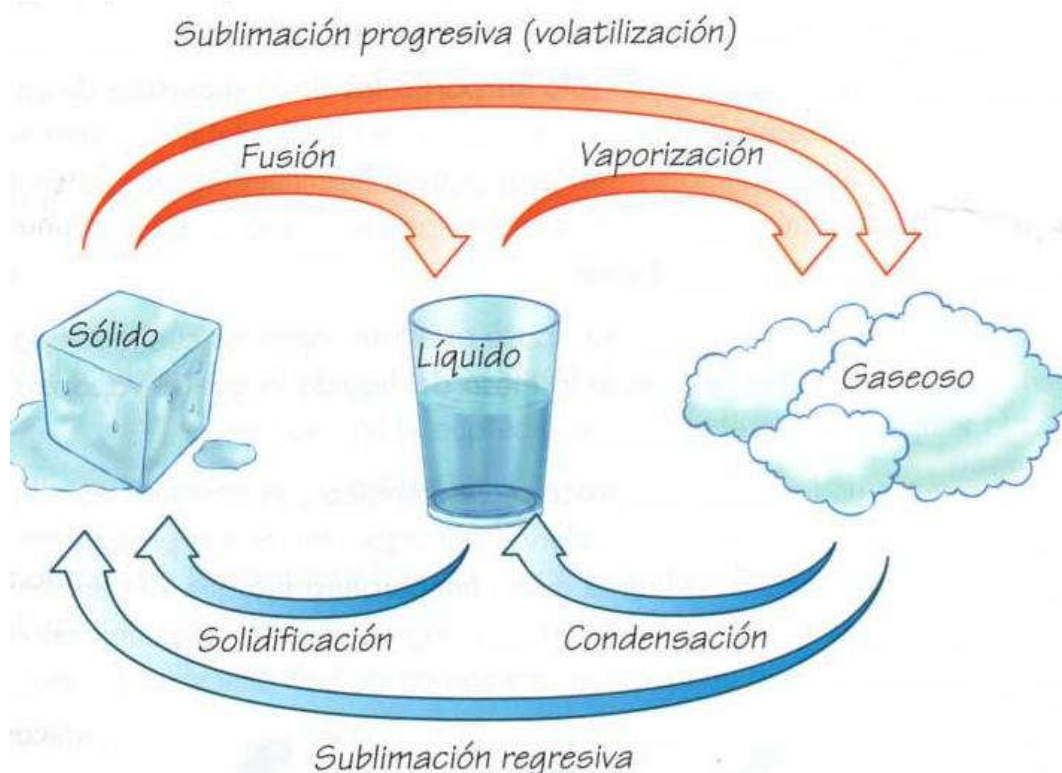
$$\text{Antes: } \begin{cases} T_1 = 20 \text{ °C} + 273 = 293 \text{ K} \\ P_1 = 3 \text{ atm} \end{cases} \quad \text{Después: } \begin{cases} T_2 = 60 \text{ °C} + 273 = 333 \text{ K} \\ P_2 = ? \end{cases}$$

Por tanto, ya podemos calcular la presión final pedida:

$$\text{Si } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \rightarrow \quad P_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot T_1 \quad \rightarrow \quad P_2 = \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{3 \text{ atm} \cdot 333 \text{ K}}{293 \text{ K}} = \frac{3 \cdot 333 \text{ atm} \cdot \cancel{\text{K}}}{293 \cancel{\text{K}}} = 3,41 \text{ atm}$$

Así que la presión final es de 3,41 atm, la ley que verifica es la de Gay-Lussac y los procesos que ocurren a volumen constante se llaman isocoros.

2.- Haz un esquema en el que aparezcan los 3 estados de agregación de la materia e indica los nombres de cada uno de los cambios de estado tanto progresivos como regresivos.



3.- Completa la siguiente tabla, indicando en qué estado de agregación se encontrarán, a temperatura ambiente (20°C), las siguientes sustancias:

Agua – oxígeno – mercurio – hierro – dióxido de carbono – aluminio – sal marina

Sólido	Líquido	Gas
Hierro Aluminio Sal marina	Agua Mercurio	Oxígeno Dióxido de carbono

4.- Dada la siguiente tabla:

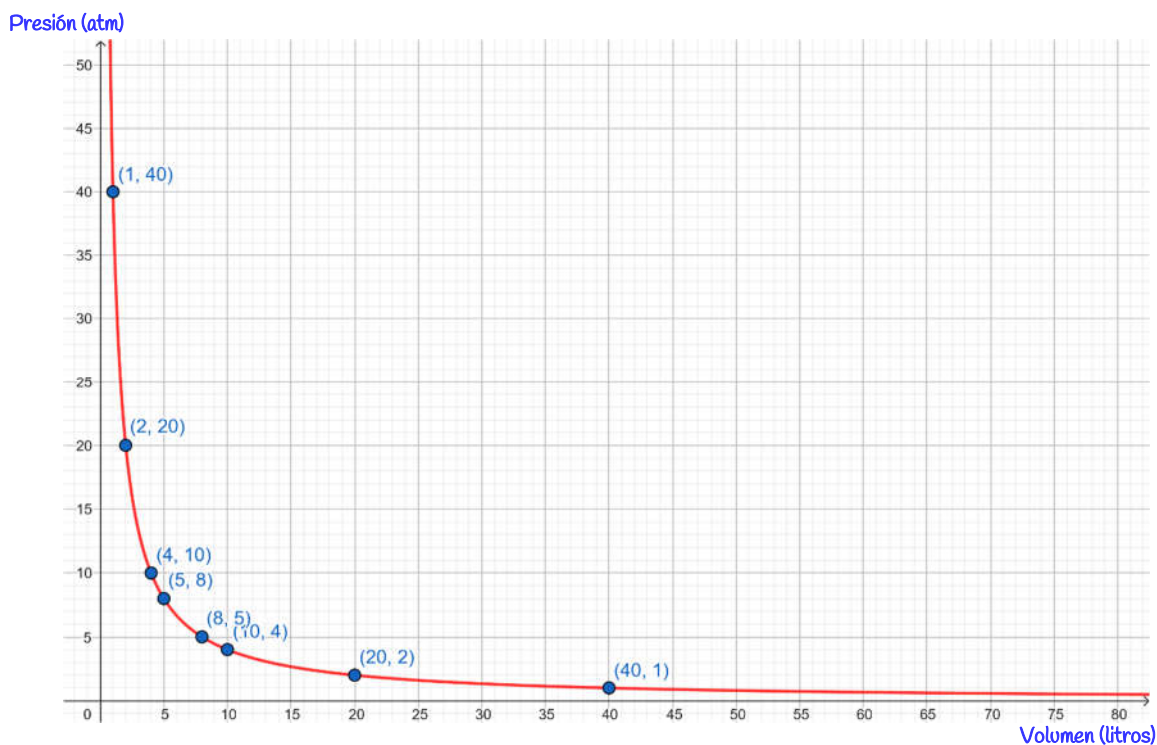
P (atm)	1	2	4	5	8	10	20	40
V (litros)	40	20		8	5	4	2	1

a) Completadla, aplicando la ley de Boyle-Mariotte.

La ley de Boyle-Mariotte dice que cuando la temperatura permanece constante, la presión y le temperatura son inversamente proporcionales, y como ya sabemos de la asignatura de matemáticas las magnitudes inversamente proporcionales cumplen que su producto es siempre el mismo, es decir:

$$P \cdot V = cte$$

b) Representa P en función de V en el recuadro de abajo.



5.- Un cierto día, la presión atmosférica en la ciudad de Lisboa es de 1.536 mm Hg. Expresa esta presión en Pascales y en atmósferas.

Como deberíamos saber de la teoría la equivalencia entre las distintas unidades de presión es:

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$$

Por tanto:

$$1.536 \text{ mm Hg} = 1.536 \text{ mm Hg} \cdot \frac{101.325 \text{ Pa}}{760 \text{ mm Hg}} = 1.536 \cancel{\text{ mm Hg}} \cdot \frac{101.325 \text{ Pa}}{760 \cancel{\text{ mm Hg}}} = 204.783 \text{ Pa}$$

$$1.536 \text{ mm Hg} = 1.536 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} = 1.536 \cancel{\text{ mm Hg}} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \cancel{\text{ mm Hg}}} = 2,02 \text{ atm}$$

Así que 1.536 mm Hg son 204.783 Pascales y 2,02 atmosferas.

6.- Si cierta masa de gas, a presión constante, llena un recipiente de 20 litros de capacidad a la temperatura de 124°C, ¿qué temperatura alcanzará la misma cantidad de gas a presión constante, si el volumen aumenta a 30 litros?

Si se trata de un proceso a presión constante (Isobaro) se verificará la Ley de Charles que dice que el volumen y la temperatura son directamente proporcionales, es decir:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Así que tenemos que calcular  $T_2$ , pero para ello hemos de expresar  $T_1$  en Kelvin, por tanto:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{T_1 \cdot V_2}{V_1} = \frac{(124 + 273) \text{ K} \cdot 30 \text{ L}}{20 \text{ L}} = \frac{397 \text{ K} \cdot 30 \cancel{\text{ L}}}{20 \cancel{\text{ L}}} = 595,5 \text{ K}$$

Así que, alcanzará una temperatura de 595,5 K o 322,5 °C

7.- Si cierta masa de gas contenido en un recipiente rígido a la temperatura de 100°C posee una presión de 2 atm, ¿Qué presión alcanzará la misma cantidad de gas si la temperatura aumenta a 473 K?

Si se trata de un proceso a volumen constante porque el recipiente es rígido, por tanto, se verificará la Ley de Gay - Lussac que dice que la Presión y la temperatura son directamente proporcionales, es decir:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Así que conocidos  $P_1=2 \text{ atm}$ ,  $T_1 = 100 + 273 = 373 \text{ K}$  y  $T_2 = 473 \text{ K}$ , tenemos que calcular  $P_2$ :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{2 \text{ atm} \cdot 473 \text{ K}}{373 \text{ K}} = \frac{2 \text{ atm} \cdot 473 \cancel{\text{ K}}}{373 \cancel{\text{ K}}} = 2,54 \text{ atm}$$

Así que, alcanzará una presión de 2,54 atm.

8.- Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son falsas. Razona tu respuesta:

a) Las partículas que forman el estado sólido no se mueven en absoluto.

**Falso.**

Es verdad que no se desplazan unas respecto de las otras, pero sí existe movimiento de vibración de las partículas, así que decir que no se mueven en absoluto es muy extremo.

b) Las partículas que forman una sustancia son diferentes si la sustancia se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.

**Falso.**

El agua es agua siendo líquida o sólida.  $H_2O = 2$  átomos de hidrógeno y un uno de oxígeno.

c) Las fuerzas de atracción entre las partículas que forman la materia son muy intensas en estado gaseoso y casi nulas en estado sólido.

**Falso.**

Es precisamente lo contrario, muy intensas en estado sólido y casi nulas en estado gaseoso.

9.- Una muestra de hidrógeno gaseoso ocupa un volumen de 5 litros a una presión de 770 milímetros de mercurio y a una temperatura de  $60^\circ C$ . Calcula:

a) El volumen que ocupa el gas en condiciones normales de presión y temperatura.

Como ya sabemos las condiciones normales de presión y de temperatura se corresponden con  $T=273 K$  y  $P=1 atm$ . Por tanto, utilizando la **Ley combinada de los gases** y despejando el volumen llegamos a:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \Leftrightarrow \quad P_1 \cdot V_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot V_2 \cdot T_1 \quad \rightarrow \quad V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{P_2 \cdot T_1} = \frac{770 \text{ mmHg} \cdot 5 l \cdot 273 K}{760 \text{ mmHg} \cdot 333 K} = 4,15 l$$

Por tanto, **el volumen que ocupa en c.n. es de 4,15 litros.**

b) La presión que ejerce si se trasvasa a un recipiente de 2,25 L mediante un proceso isoterma.

Si el proceso es isoterma, quiere decir que su temperatura no cambia y se verifica la ley de Boyle:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad \Leftrightarrow \quad P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2} = \frac{770 \text{ mmHg} \cdot 5 l}{2,25 l} = 1.711,11 \text{ mmHg} = 1.711,11 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 2,25 \text{ atm}$$

Por tanto, **la presión es de 2,25 atm.**

c) Con el mismo recipiente ¿qué hay que hacer para que la presión descienda hasta el valor de  $10^5$  pascuales?

Si utilizamos el mismo recipiente, quiere decir que el volumen de gas no va a cambiar, por tanto, se tratará de un proceso isócoro en el que se verifica la Ley de Gay-Lussac:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \Leftrightarrow \quad P_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot T_1 \quad \rightarrow \quad T_2 = \frac{P_2 \cdot T_1}{P_1} = \frac{10^5 Pa \cdot 333 K}{770 \text{ mmHg} \cdot \frac{101325 Pa}{760 \text{ mmHg}}} = 324,38 K = 51,38^\circ C$$

Por tanto, para que la presión descienda a  $10^5$  pascuales, **hemos de disminuir la temperatura en:  $60^\circ C - 51,38^\circ C = 8,62^\circ C$ .**

## 2.09.- Autoevaluación

1.- Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas, justificando la respuesta:

- ✚ Los gases son fácilmente compresibles.
- ✚ Los gases no tienen forma propia porque pueden fluir.
- ✚ Las partículas que forman una sustancia son diferentes dependiendo del estado de agregación en que se encuentren.
- ✚ Las fuerzas de atracción entre las partículas que forman la materia dependen del estado de agregación en el que se encuentren.
- ✚ Al aumentar la temperatura de un gas encerrado en un recipiente rígido, aumenta la energía cinética de sus partículas.

2.- ¿Qué dice la Teoría cinética de la materia?

3.- Pon un ejemplo de un sólido que, como la arena, tenga un comportamiento parecido a los líquidos. Indica cómo podrías demostrar que es un sólido.

4.- En un recipiente de 3 L se introduce nitrógeno gaseoso a 4 atm de presión. ¿Qué presión ejercerá si el volumen del recipiente se amplía hasta 6 L sin variar la temperatura?

5.- Se introduce gas oxígeno en un recipiente de 10 L a 4 atm y 20 °C. ¿Cuál será su presión si la temperatura pasa a ser de 40 °C sin variar el volumen?

6.- Un gas a una presión de 2 atm ocupa 5 L y su temperatura es 15 °C.

- a) ¿Qué volumen ocupará a 10 °C si la presión no se modifica?
- b) ¿Qué ley has aplicado?

7.- Supón que tienes un vaso con agua a 20 °C y lo metes en el congelador, cuyo indicador de temperatura marca 18 °C.

Elabora la gráfica correspondiente. ¿Cuál es el punto de solidificación del agua?

8.- Haz un esquema en tu cuaderno indicando el nombre de los cambios de estado.

9.- Di en qué estado físico se encuentra el agua en:

- a) Las nubes.
- b) El aire.
- c) El granizo.
- d) La nieve.
- e) El rocío.

10.- Un recipiente cilíndrico de radio 5 cm y de altura 10 cm, está lleno de aire a la presión de 76 cm de Hg. Por el extremo abierto se introduce un émbolo que ajusta perfectamente en las paredes interiores del cilindro, reduciendo la longitud del cilindro ocupado por el gas hasta 7,5 cm. ¿Qué presión ejerce el gas en este caso?

11.- Disponemos de un volumen de 20 L de gas helio, a 2 atm de presión y a una temperatura de 100 °C. Si lo pasamos a otro recipiente en el que la presión resulta ser de 1,5 atm y bajamos la temperatura hasta 0 °C ¿cuál es el volumen del recipiente?

12.- En el fondo de un lago, donde la temperatura es de 7 °C, la presión es de 2,8 atm. Una burbuja de aire de 4 centímetros de diámetro en el fondo asciende hasta la superficie, donde la temperatura del agua es de 27 °C. ¿Cuál será el diámetro de la burbuja justo antes de alcanzar la superficie?

13.- ¿Es correcto decir que la escarcha se sublimó al salir el Sol? ¿Y si decimos que fue el rocío el que lo hizo?

14.- Convierte las siguientes medidas de presión a atm, mm Hg, mbar, Pa, N/m<sup>2</sup>; HPa, Torr:

- a) 59 cm Hg
- b) 750 mbar
- c) 10<sup>8</sup> Pa
- d) 3 bar
- e) 5 atm



15.- Al poner agua en una olla, calentar hasta que hierva, y seguir calentando mientras sigue hirviendo, no aumenta la temperatura. ¿Es cierto? ¿Por qué?

