



# CHEMISTRY

---



## Chapter 7 ESTADOS FUNDAMENTALES DE AGREGACIÓN DE LA MATERIA.

5TO UNI

Ciclo Verano 2021

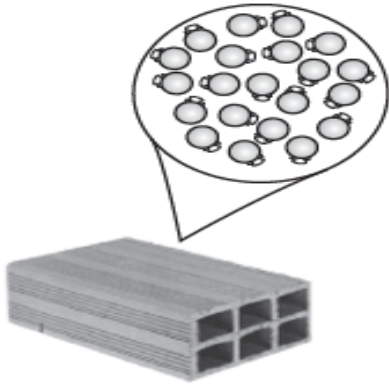

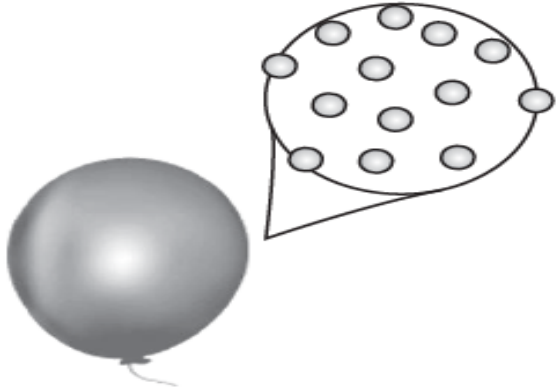
Teoría

# ACC



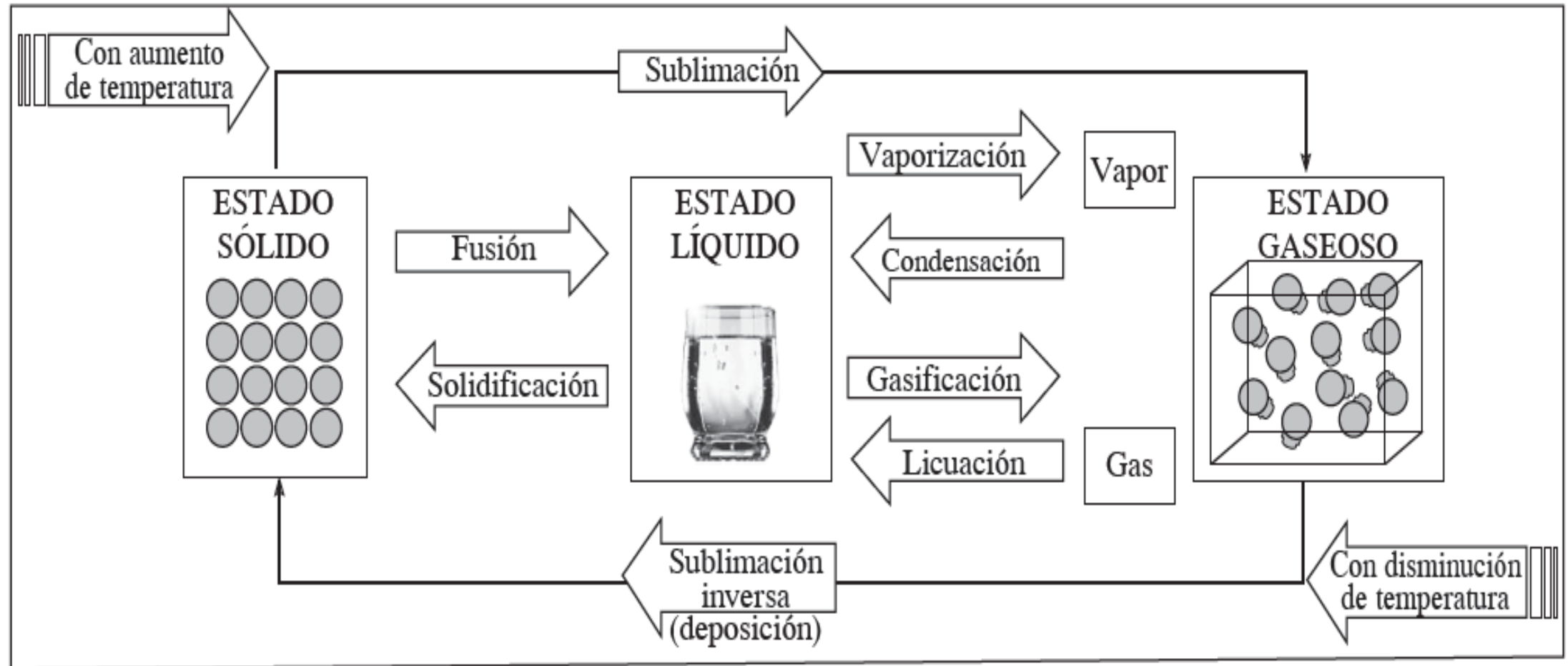
## 1. Características de los estados físicos

Las principales características de los estados sólido, líquido y gaseoso son:

	Sólido	Líquido	Gaseoso
			
Fuerza de atracción ( $F_A$ ) y repulsión ( $F_R$ )	$F_A > F_R$	$F_A = F_R$	$F_A < F_R$
Movimiento de las partículas	No tienen desplazamiento, solo movimiento vibratorio	Desplazamiento lento por diferencia de presión.	Desplazamiento rápido y caótico en todas las direcciones.
Volumen	Definido	Definido	Variable (los gases difunden hasta llenar cualquier recipiente que los ocupe).
Forma	Definida	Variable (toma la forma de la parte del recipiente que lo contiene).	Variable (toma la forma del recipiente que lo contiene).
Otras características	Incompresibles (No se pueden comprimir).	Incompresibles (no se pueden comprimir).	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Compresibles (se pueden comprimir).</li><li>➤ Expansibles</li></ul>

## 2. Cambios de estado de la materia

La materia por efecto de la variación de temperatura y presión puede cambiar de estado, observemos:



## A. Cambios de estado por aumento de temperatura

- a. **Fusión:** Transformación de un sólido en líquido al aplicarse calor.

**Punto de fusión:** Es la temperatura a la cual ocurre la fusión, esta temperatura es específica para cada sustancia que se funde.

*Ejemplos*

- Cubo de hielo (sólido) + temperatura = agua líquida
- Cobre sólido + temperatura = cobre líquido

- b. **Vaporización:** Es el cambio del estado líquido al gaseoso. Según como este ocurra se distinguen tres casos.

- **Evaporación:** Cuando las moléculas van escapando solo desde la superficie libre del líquido, así cuando en un día caluroso tiramos agua al piso, las moléculas superficiales progresivamente irán desprendiéndose del líquido.
- **Ebullición:** Cuando el cambio ocurre desde diferentes puntos del líquido, se producen abundantes burbujas. Cada líquido tiene un punto de ebullición característico, así al nivel del mar el agua empieza a hervir a  $100^{\circ}\text{C}$  y el alcohol a  $76^{\circ}\text{C}$ .
- **Volatilización:** Es una vaporización violenta, los líquidos volátiles deben guardarse en frascos herméticamente cerrados, en el caso de bencina, éter, acetona, ron, etc.



c. **Sublimación:** Es el proceso que consiste en el cambio de estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido.

*Ejemplo*

- El hielo seco ( $T_{\text{sublimación}} = -78,5\text{ °C}$ )
- La naftalina



## B. Cambios de estado por disminución de la temperatura

- a. **Solidificación:** Es el cambio del estado líquido al estado sólido.

*Ejemplo*

- Cuando un vaso con agua lo ponemos en la refrigeradora se solidifica convirtiéndose en hielo. ( $T_{\text{solidificación del agua}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

- b. **Condensación:** Es el cambio de estado gaseoso al estado líquido. El vapor de agua, al chocar con una superficie fría, se transforma en líquido.

*Ejemplos*

- La lluvia
- El rocío

- c. **Licuación:** Cuando la sustancia gaseosa pasa al estado líquido al bajarle la temperatura y aumentarle la presión.

*Ejemplo*

- Licuación del gas propano

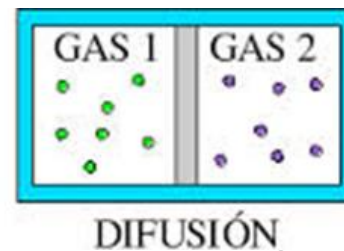
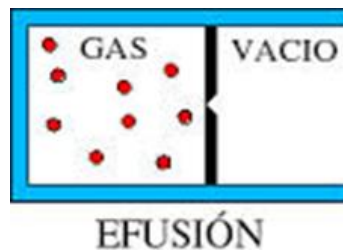
- d. **Sublimación inversa:** Es el cambio de una sustancia de estado gaseoso a estado sólido, sin pasar por el estado líquido.

*Ejemplo*

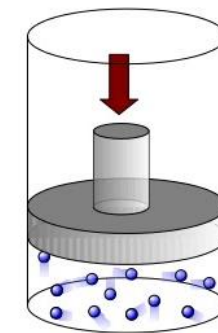
- La nieve

# ESTADO GASEOSO

- Gas (palabra acuñada por el científico flamenco Jan Baptista van Helmont, tomada del latín «*chaos*» que significa desorden).
- El estado gaseoso, se define como un estado de agregación de la materia en el cual, **las fuerzas intermoleculares de repulsión superan notablemente a la atracción**; además presenta **forma y volumen no definidos**. Los gases adoptan la forma de todo el recipiente que los contienen (a diferencia de los líquidos que adoptan la forma solamente de la parte del recipiente que los contienen) y también ocupan el volumen de todo este recipiente.
- En los gases existe una gran cinética, sus moléculas se mueven caóticamente de un lugar para otro y se dice que tienen **alta entropía** (refiriéndose al “desorden molecular”); además estas moléculas están muy separadas por lo que **son muy comprensibles y expansibles**. Otras propiedades de los gases son su **efusibilidad y su difusibilidad**.

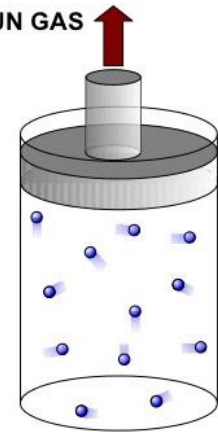
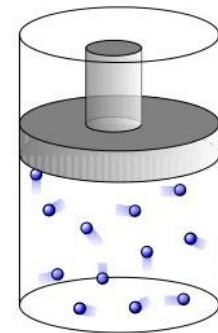


DIFUSIÓN, EXPANSIÓN Y COMPRESIÓN DE UN GAS



**Compresión**

Disminuimos el volumen  
Las partículas se acercan



**Expansión**

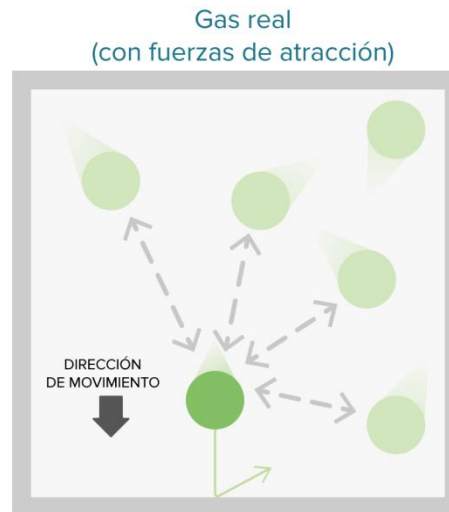
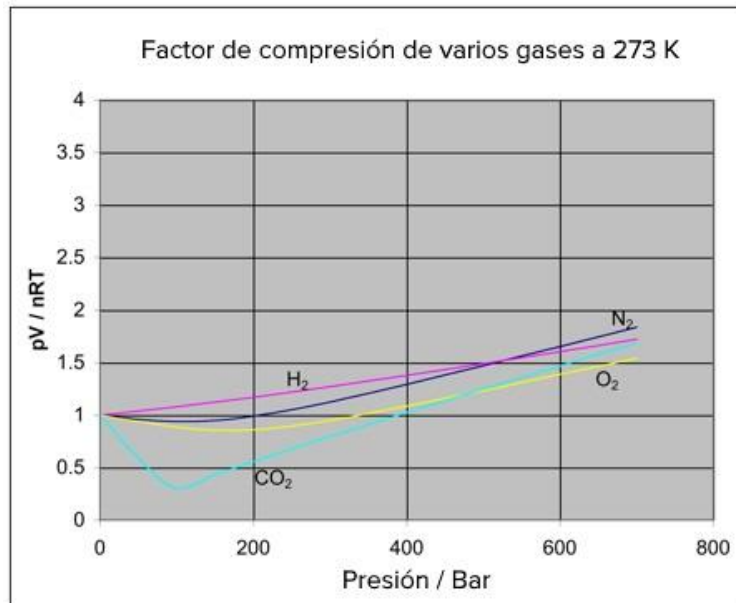
Aumentamos el volumen  
Las partículas se alejan



➤ Según su comportamiento, los gases pueden ser:

## A) Gases reales

Los gases reales son aquellos que existen en la naturaleza, presenta las características y propiedades que hemos mencionado antes. Podríamos mencionar al oxígeno ( $O_2$ ), nitrógeno ( $N_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), cloro ( $Cl_2$ ), He (He), propano ( $C_3H_8$ ), etc.



En oposición a un **gas** ideal o perfecto, es un **gas** que exhibe propiedades que no pueden ser explicadas enteramente utilizando la ley de los **gases ideales**. Para entender el comportamiento de los gases reales, lo siguiente debe ser tomado en cuenta:

- Efectos de compresibilidad
- Capacidad calorífica específica variable
- Fuerzas de Van der Waals
- Efectos termodinámicos del no-equilibrio
- Cuestiones con disociación molecular y reacciones elementales con composición variable.

## B) Gases ideales

Los gases ideales, llamados también **gases perfectos**, son sólo modelos teóricos que se ajustan a la teoría cinético-molecular y cumplen con la ecuación de estado. Los gases nobles y el aire son los que más se aproximan a este concepto.

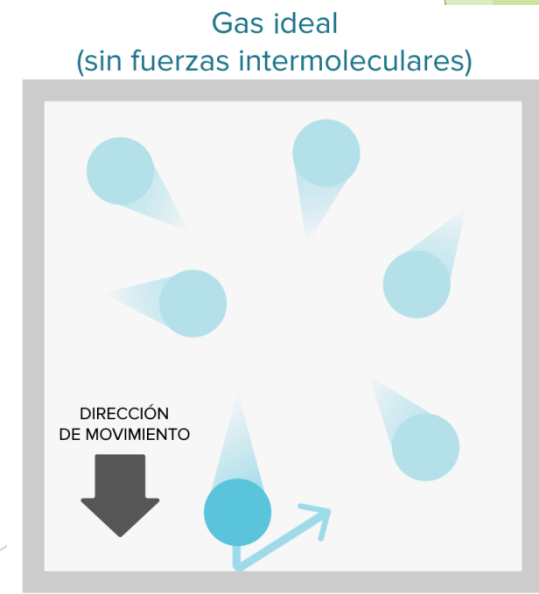
Por otro lado, si queremos que un gas real se comporte, aproximadamente, como un gas ideal debe elevar notablemente su temperatura absoluta y bajar severamente su presión absoluta.

Los **gases ideales** cumplen las siguientes condiciones :

- Ocupa el volumen del recipiente que lo contiene.
- Está formado por moléculas.
- Estas moléculas se mueven individualmente y al azar en todas direcciones.

A altas temperaturas y bajas presiones, un gas real se puede comportar aproximadamente como gas ideal o perfecto.

- La interacción entre las moléculas se reduce solo a su choque.
- Los choques entre las moléculas son completamente elásticos (no hay pérdidas de energía) y son instantáneos (el tiempo durante el choque es cero).



# Teoría Cinético – molecular para los gases

Es una teoría física y química que explica el comportamiento y las propiedades macroscópicas de los gases a partir de una descripción estadística de los procesos moleculares microscópicos. Después de muchos estudios, investigaciones y experimentaciones, numerosos científicos (entre ellos, Daniel Bernoulli, Ludwig Edward Boltzmann, James Clark Maxwell, Robert Boyle, José Louis Gay Lussac, Amadeo Avogadro, Edam Mariotte, etc.) llegaron a **conclusiones que se direccionaban hacia los llamados gases ideales o perfectos**. Estas conclusiones se resumen en los siguientes postulados:

A) Los gases están constituidos por partículas muy pequeñas (moléculas de carácter puntual, de diámetros muy pequeños) siendo la distancia prome-

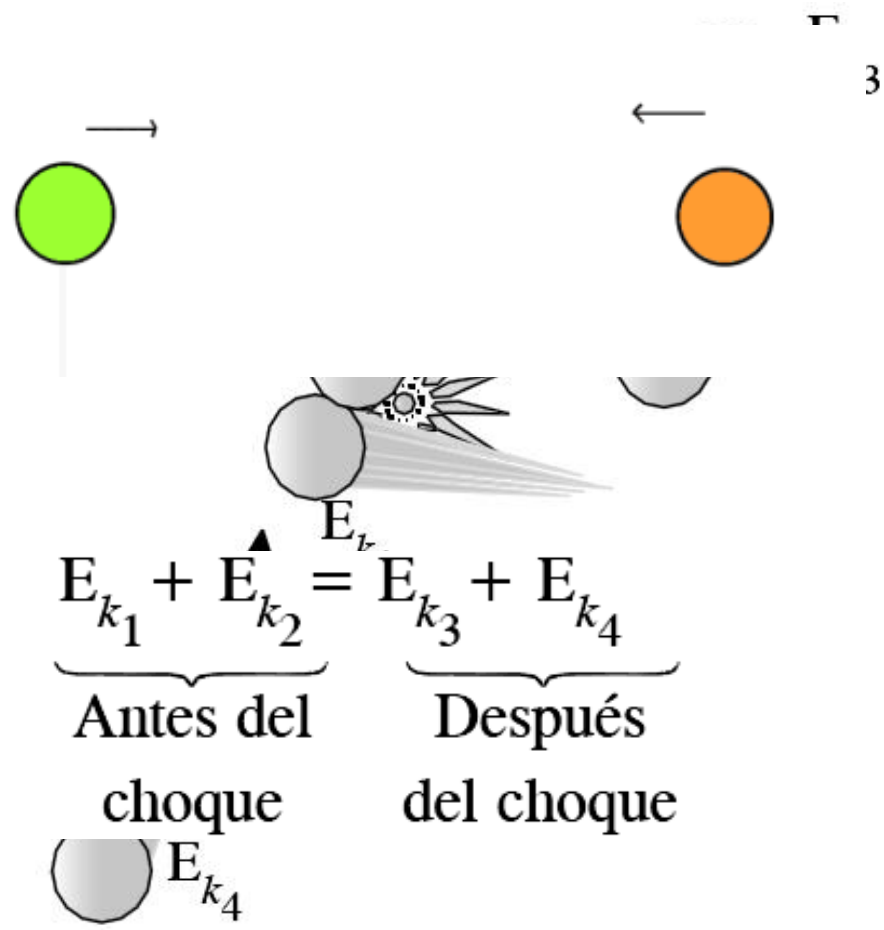
dio entre ellas tan grande que en el volumen real que ocupan en su mayor parte espacio vacío. Las moléculas poseen un movimiento continuo caótico y rectilíneo (poseen energía cinética  $E_k$ ) chocando contra las paredes del recipiente que los contiene y contra ellas mismas (presión del gas).

B) No existen fuerzas de atracción ni de repulsión entre las moléculas que constituyen un gas ideal. No existe fuerza de rozamiento entre las moléculas por lo tanto no existe calentamiento si se lo comprime.

$$F_A = 0$$

$$F_B = 0$$

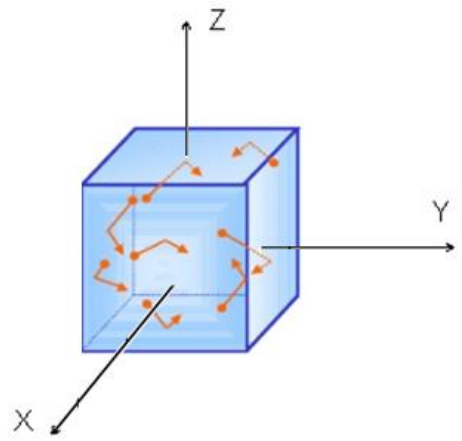
C) Las moléculas se mueven a grandes velocidades en línea recta y en los choques no existe pérdida de la energía cinética total de las moléculas. La energía cinética total permanece constante (choques perfectamente elásticos)



D) La energía cinética media de las moléculas sólo depende de la temperatura, en forma directamente proporcional.

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2}(K)(T)$$

**Ecuación de Boltzmann**



$$K = 1,38 \times 10^{-16} \text{ erg/molécula K}$$

$$K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/molécula K}$$

T = temperatura absoluta (Kelvin (K))

$$\overline{v_{\text{gas}}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$R = 8,314 \times 10^7 \text{ erg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Como vemos la velocidad de un gas varía inversamente con la masa molecular.



## Ecuación de estado

Mediante la ecuación de estado se pueden relacionar las principales variables que definen un estado termodinámico de un gas presión absoluta, volumen, temperatura absoluta y cantidad de sustancia.

$$pV = nRT$$

Por otro lado, el número de moles es la relación entre la masa y la masa molar, entonces la ecuación de estado se puede escribir así:

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

También se puede incluir el número de moléculas en esta ecuación:

$$pV = \frac{\# \text{ moléculas}}{N_0} RT$$

Finalmente; la densidad del gas ideal es la relación entre su masa y su volumen, quedando la ecuación de estado de la siguiente forma:

$$p\bar{M} = \rho RT$$



Siendo:

$p$  = presión absoluta (atm, mmHg, kPa, etc.)

$V$  = volumen (L)

$n$  = número de moles (mol)

$T$  = temperatura absoluta (K)

$m$  = masa (g)

$\overline{M}$  = masa molar (g/mol)

$N_0$  = número de Avogadro ( $6,022 \times 10^{23}$ )

$\rho$  = densidad (g/L)

$R$  = constante universal de los gases ideales.

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$R = 62,4 \frac{\text{mmHg} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

## Condiciones normales

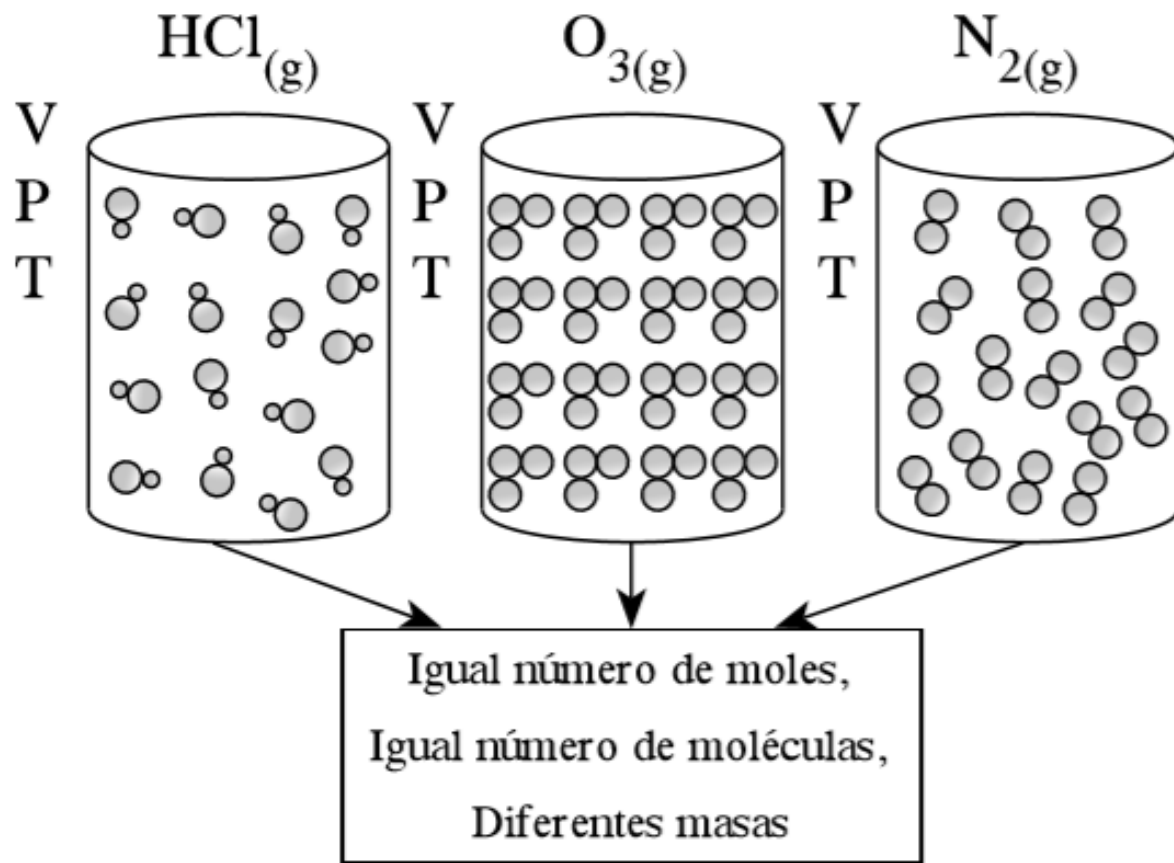
Un sistema se encuentra en condiciones normales cuando su temperatura es cero grados celsius y su presión una atmósfera.

$$P = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 76 \text{ cmHg} \\ = 101,3 \text{ kPa} = 14,7 \text{ psi}$$

$$T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

## Hipótesis de Avogadro

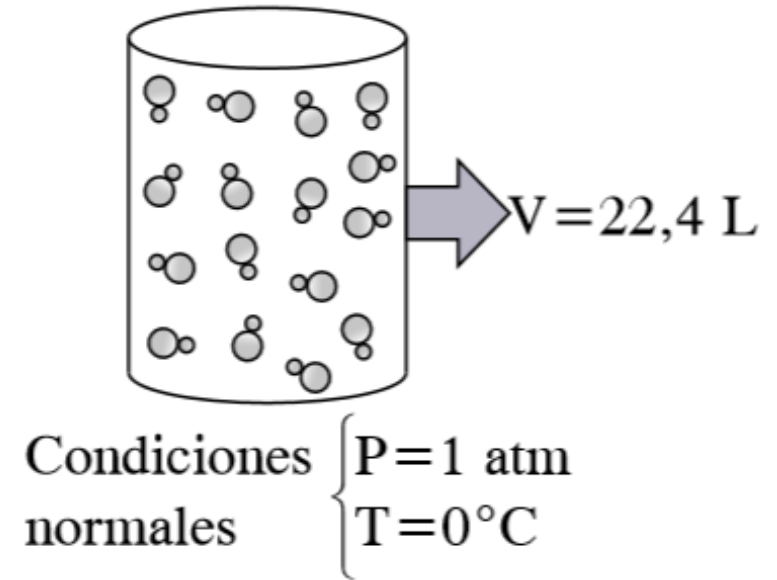
(Ley de Avogadro) En volúmenes iguales de diferentes gases, en las mismas condiciones de presión y temperatura, existe igual número de moles y moléculas, pero diferentes masas.



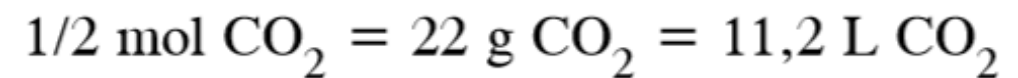
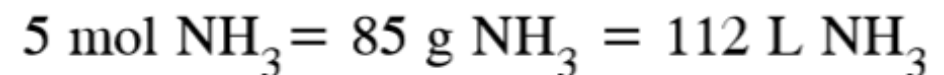
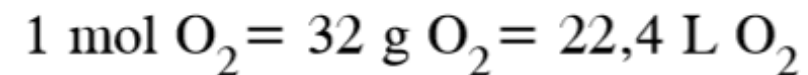
### Cálculo del volumen molar normal

Una mol de cualquier gas, en condiciones normales ( $0^{\circ}\text{C}$  y 1 atm), ocupa un volumen de 22,4 litros.

1 mol-g de gas



Por ejemplo; en C.N.:



# Procesos gasimétricos

## Procesos restringidos

Un gas ideal puede sufrir un proceso gasimétrico donde una de las variables de estado permanece constante; entonces se dice que se trata de un proceso restringido.

Los procesos restringidos son isomásicos ya que la masa del gas ideal permanece constante.

Los procesos restringidos son isomásicos ya que la masa del gas ideal permanece constante.

Los procesos restringidos son:

- a. Proceso isotérmico
- b. Proceso isobárico
- c. Proceso isocrórico

## A) Procesos isotérmicos

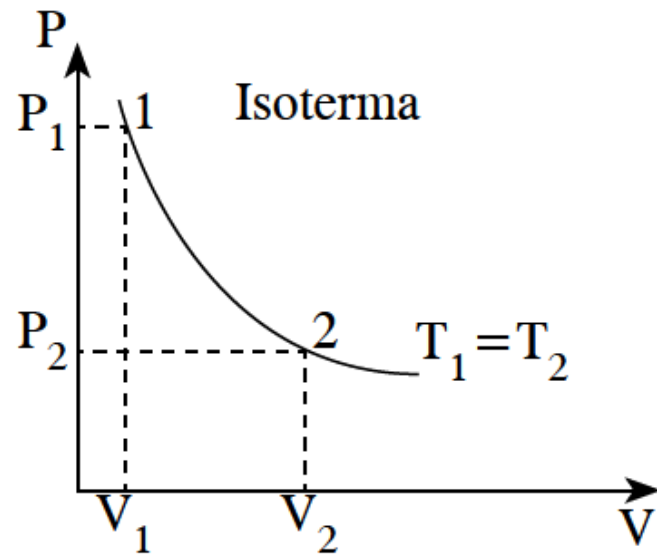
(Ley de Boyle-Mariotte). A **temperatura constante**, los volúmenes de una misma masa de gas ideal son inversamente proporcionales con sus respectivas presiones absolutas.

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \text{cte.}$$

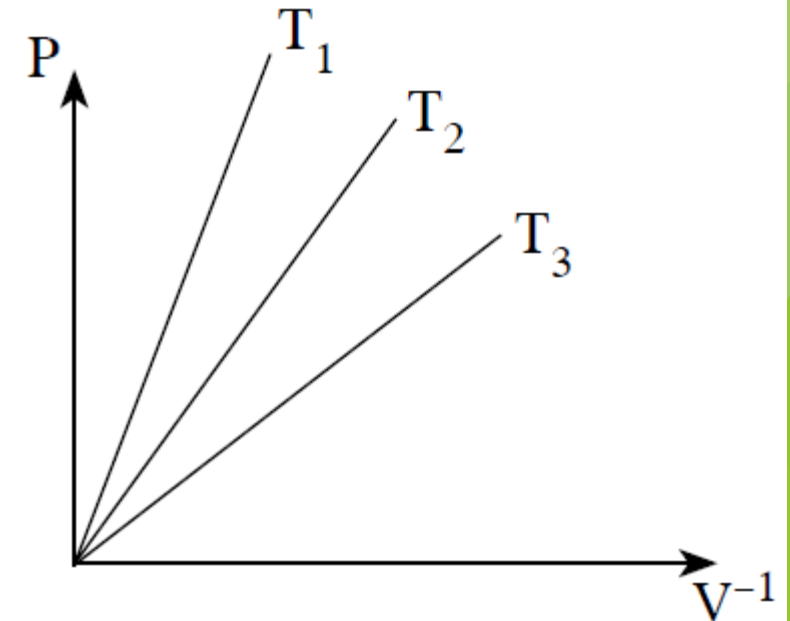
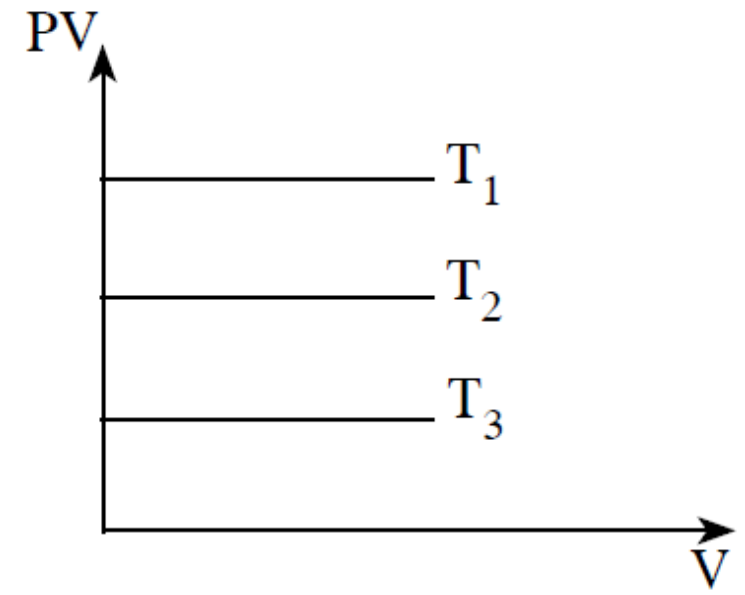
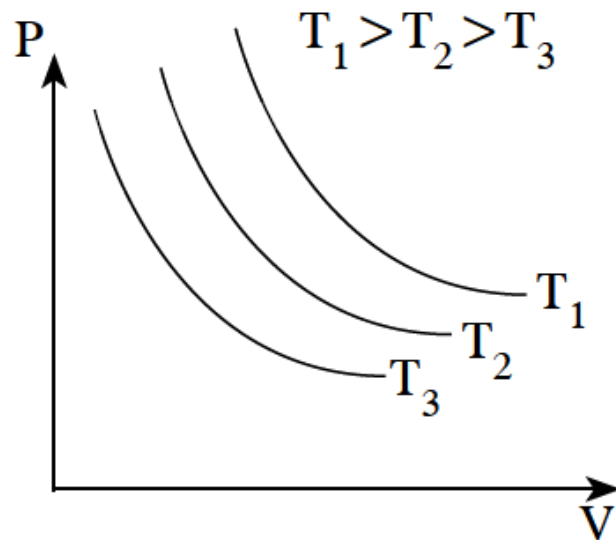
Este proceso se representa mediante una **isoterma**. Si consideramos los estados termodinámicos 1 y 2 para una misma masa de gas ideal, se tiene:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

Como vemos en la gráfica, la temperatura es constante; en cambio sus presiones absolutas y sus volúmenes varían inversamente.



Si desarrollamos varios procesos isotérmicos con una misma masa de gas ideal a las temperaturas  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$  se obtiene un haz de isotermas como se muestra en la figura:



## B) Procesos isobáricos

(Ley de Charles). A **presión constante**, los volúmenes de una misma masa de gas ideal son directamente proporcionales con sus respectivas temperaturas absolutas.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \text{cte.}$$

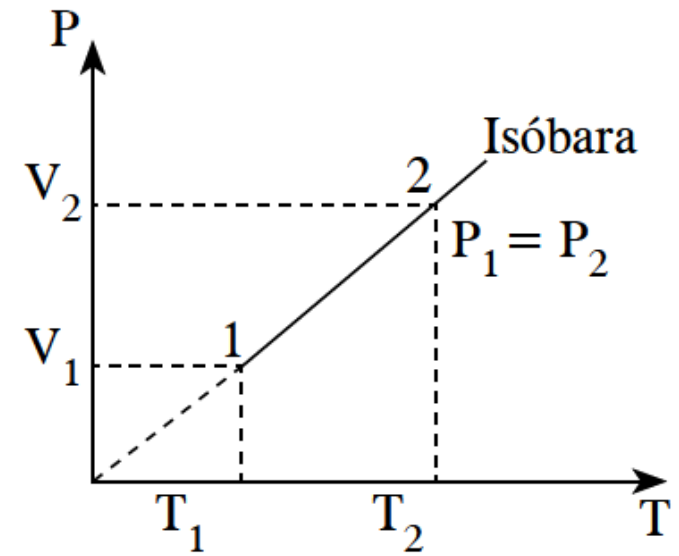
Este proceso se representa mediante una **isóbara**.

Para los estados termodinámicos 1 y 2 para una misma masa de gas ideal, se tiene:

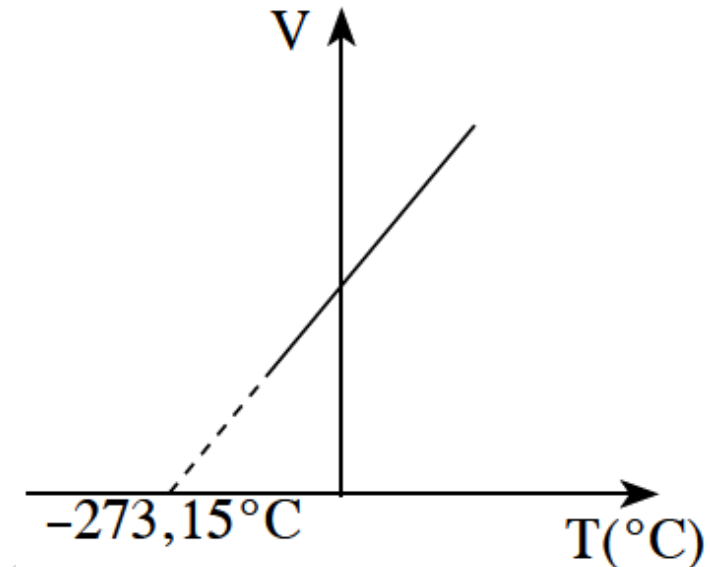
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

La presión es constante. En cambio, sus volúmenes y sus temperaturas absolutas varían directamente.

Nótese que la isóbara (prolongación de la línea recta pasa por el origen de coordenadas)

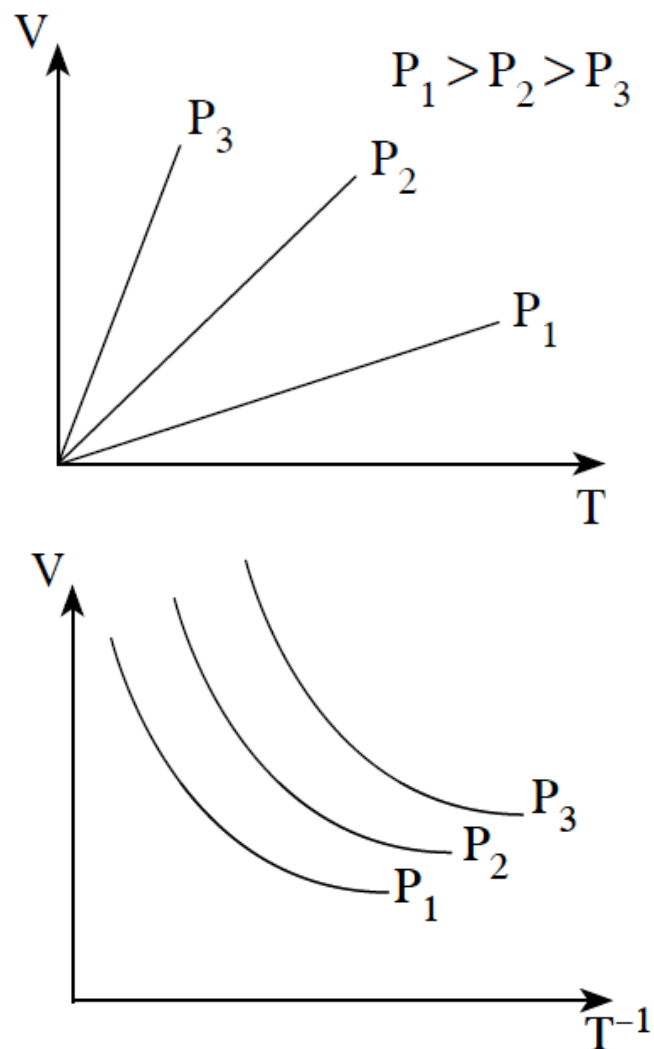


Pero si la temperatura se expresa en grados Celsius, la isóbara cortará al eje de las temperaturas en el cero absoluto de la materia.





También; si desarrollamos varios procesos isobáricos con una misma masa de gas ideal a las presiones absolutas  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  se obtiene un haz de isóbaros como se muestra en la figura:



### C. Procesos isocóricos

(Ley de Gay Lussac). A **volumen constante**, las presiones absolutas de una misma masa de gas ideal son directamente proporcionales con sus respectivas temperaturas. También se le conoce como **proceso isométrico**.

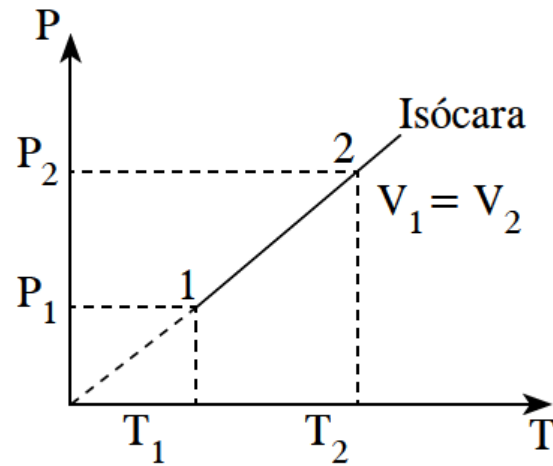
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = \text{cte.}$$

Este proceso se representa mediante una **isócora**. Para los estados termodinámicos 1 y 2 para una misma masa de gas ideal, se tiene:

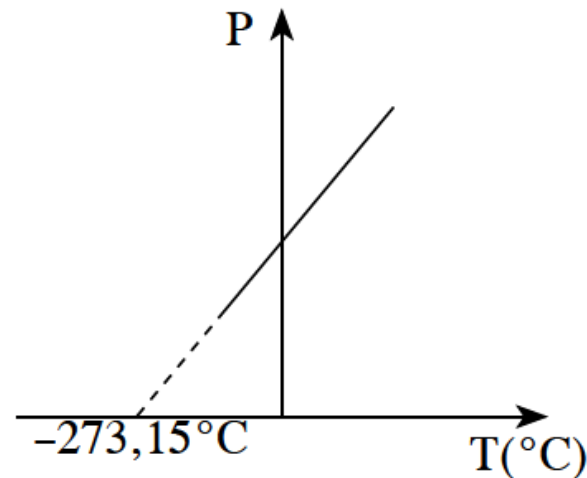
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

El volumen es constante; pero sus presiones absolutas y sus temperaturas absolutas varían directamen-

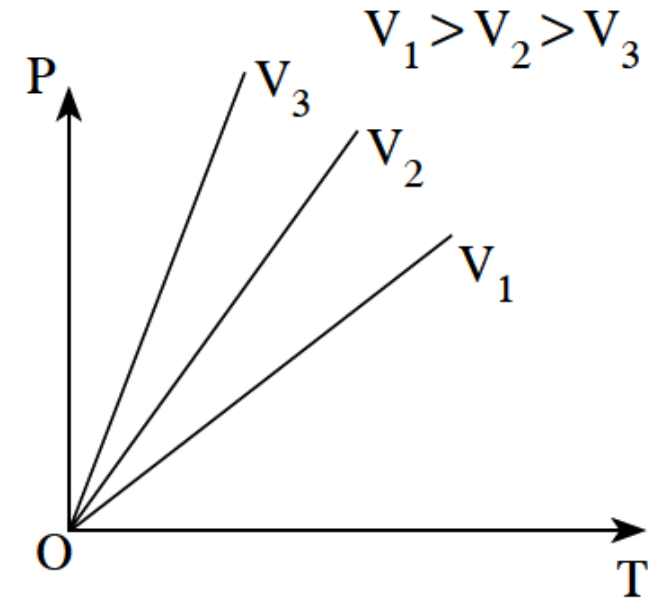
te. Nótese que la isócora (prolongación de la línea recta pasa por el origen de coordenadas).



pero si la temperatura se expresa en grados Celsius, la isócora cortará al eje de las temperaturas en el cero absoluto de la materia.



Para varios procesos isocóricos con una misma masa de gas ideal a los volúmenes  $V_1$ ,  $V_2$  y  $V_3$  se obtiene un haz de isócoras como se muestra en la figura:



### Procesos generales

Es aquel proceso gasimétrico donde cambian las tres variables de estado. Matemáticamente, es el resultado de las tres leyes anteriores (procesos restringidos). Claussius demostró la ecuación general al multiplicar miembro a miembro estas ecuaciones.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \dots (1)$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \dots (2)$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \dots (3)$$

Al multiplicar las tres ecuaciones, se tiene:

$$\frac{P_1^2 \cdot V_1^2}{T_1^2} = \frac{P_2^2 \cdot V_2^2}{T_2^2}$$

Finalmente se extrae la raíz cuadrada a ambos miembros, resultando la **ecuación general de los gases ideales**.

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

## Densidad de un gas

Ya sabemos que al variar la temperatura y/o la presión, varía la densidad del gas ideal. Si multiplicamos la masa constante ( $m$ ) a ambos miembros de esta ecuación general podemos obtener la relación entre la densidad inicial y la densidad final en función de la presión y la temperatura.

La densidad de un gas inicial es directamente proporcional a su presión absoluta e inversamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot \left( \frac{P_2}{P_1} \right) \cdot \left( \frac{T_1}{T_2} \right)$$

## Mezcla de gases

Las mezclas de gases son homogéneas y se consideran soluciones gaseosas, por ejemplo una mezcla de CO y CO<sub>2</sub>, una mezcla de O<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>, una mezcla de He, Ne y Ar, el aire, etc.

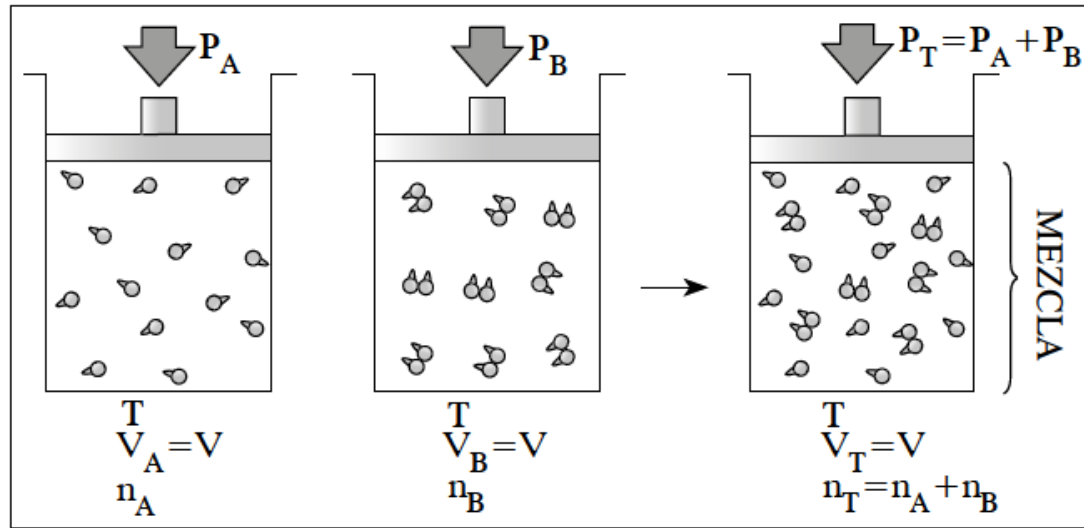
### 1. Ley de Dalton de las presiones parciales

Si se mezclan gases diferentes de tal forma que no hay reacción entre los mismos, estos se comportan de acuerdo a la siguiente ley empírica: “La presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones (presiones parciales) que cada uno de los componentes tendría si ocupase él solo el volumen de la mezcla”.

Si mezclamos los gases A, B, C,..., etc.; tendremos las moles  $n_A$ ,  $n_B$ ,  $n_C$ ,...,etc.. Si al ocupar el volumen  $V$  cada uno independientemente, ejercen las presiones  $p_A$ ,  $p_B$ ,  $p_C$ ,..., etc respectivamente, todos ellos a la temperatura  $T$ . Resulta que el mezclarse, estos gases ocupan el mismo volumen  $V$  y la misma temperatura, de tal forma que la presión total de la mezcla será:

$$P_T = P_A + P_B + P_C + \dots$$

Cada gas ejerce una presión que es independiente de los otros gases presentes en la mezcla. Estas presiones son las presiones parciales, las que se suelen representar como  $p_1$ .



## 2. Fracción molar

La fracción molar en una mezcla gaseosa es el tanto por uno molar en que se encuentra cada uno de los componentes gaseosos. Si una mezcla se compone de  $n_A$ ,  $n_B$ ,  $n_C$ , ..., etc., entonces el número de moles totales es  $n_T = n_A + n_B + n_C$ , ...; por lo que la fracción molar ( $f_m$ ) de cada componente será:

$$fm_1 = \frac{n_1}{n_T} = \frac{n_1}{n_A + n_B + n_C + \dots}$$

$$fm_A = \frac{n_A}{n_T} = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C + \dots}$$

$$fm_B = \frac{n_B}{n_T} = \frac{n_B}{n_A + n_B + n_C + \dots}$$

$$fm_C = \frac{n_C}{n_T} = \frac{n_C}{n_A + n_B + n_C + \dots}$$

Si sumamos todas las fracciones molares resulta la unidad:

$$fm_A + fm_B + fm_C + \dots = 1$$

## 3. Presión parcial

A partir de la ecuación de estado se puede demostrar que:

$$p_1 = fm_1 \cdot p_T$$



De tal forma que para cada componente se tiene:

$$p_A = f_{m_A} \cdot p_T$$

$$p_B = f_{m_B} \cdot p_T$$

$$p_C = f_{m_C} \cdot p_T$$

#### 4. Volumen parcial

El volumen parcial de un componente ( $V_1$ ) es el volumen que ocupa dicho componente, cuando está sometido a una presión igual a la de la mezcla ( $p_T$ ) y la misma temperatura ( $T$ ). Este volumen parcial dependerá también de la fracción molar de cada componente y del volumen total de la mezcla, como se indica:

$$V_1 = f_{m_1} \cdot V_T$$

$$V_A = f_{m_A} \cdot V_T$$

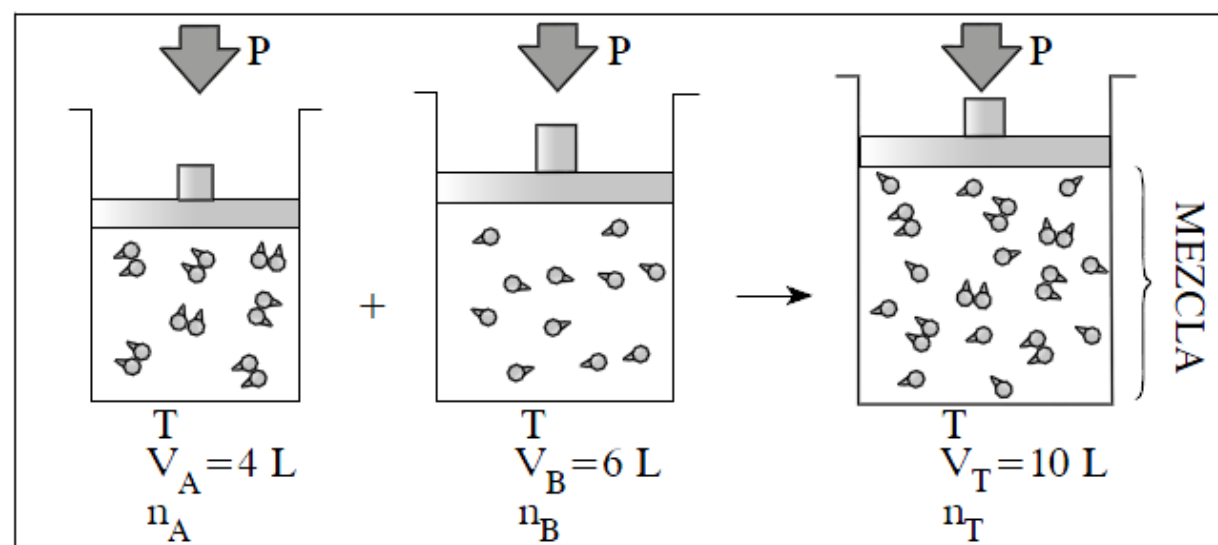
$$V_B = f_{m_B} \cdot V_T$$

$$V_C = f_{m_C} \cdot V_T$$

#### 5. Ley de Amagat de los volúmenes parciales

“El volumen total ocupado por una mezcla gaseosa, es igual a la suma de los volúmenes parciales de sus gases componentes”.

$$V_T = V_A + V_B + V_C + \dots$$



#### 6. Relación de proporción

Existe una proporción directa entre las moles y las presiones parciales:

$$\frac{n_A}{p_A} = \frac{n_B}{p_B} = \frac{n_C}{p_C} = \dots \frac{n_T}{p_T}$$

De la misma forma existe una proporción directa entre las moles y los volúmenes parciales:

$$\frac{n_A}{V_A} = \frac{n_B}{V_B} = \frac{n_C}{V_C} = \dots \frac{n_T}{V_T}$$

A partir de estas relaciones resulta la denominada **identidad de Avogadro**. La composición molar (%n), composición en presión (%p) y composición volumétrica (%V), es la misma para un componente cualquiera de una mezcla gaseosa.

$$\%n_1 = \%p_1 = \%V_1 = fm_1 \times 100$$

## 7. Masa molecular ( $\bar{M}$ ) promedio o aparente de una mezcla gaseosa

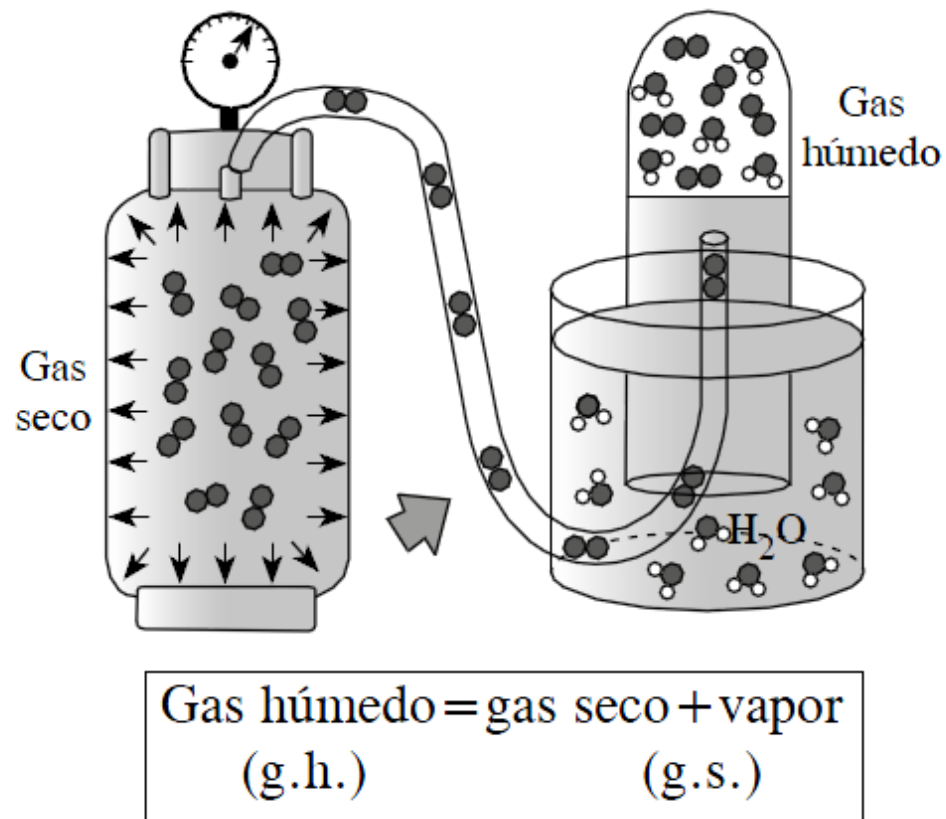
Las mezclas gaseosas no tienen fórmula unidad, por lo tanto no tienen masa molecular exacta; solo podemos calcular su masa molecular aparente o promedio.

$$\bar{M}_1 = fm_A \bar{M}_A + fm_B \bar{M}_B + fm_C \bar{M}_C + \dots$$

## Gases húmedos

### 1. Gas húmedo

También se dice **gas recogido sobre un líquido**. En el trabajo de laboratorio, algunos gases producidos mediante reacciones químicas, como el  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ , etc, se recogen o recolectan sobre agua. Para esto se usa la técnica conocida como “desplazamiento del agua” con la que se logra eliminar impurezas que pueden estar mezcladas con el gas (polvo atmosférico, gotas de líquidos en suspensión, etc.)



Generalmente no se recogen sobre agua, gases de moléculas polares ( $NH_3$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ , etc.) ya que debido a su polaridad, éstas se disuelven, lo cual hace que el proceso de recolección sea deficiente. Entonces, en este caso se utilizan líquidos apolares como por ejemplo el benceno, el tetracloruro de carbono, etc.

La mezcla (gas húmedo) que se recoge en el tubo invertido contiene el gas seco y el vapor de agua. Cuando los niveles de agua dentro y fuera del tubo invertido, son iguales, la presión en el interior y en el exterior son también iguales.

$$P_{atm} = P_{gas\ húmedo}$$

Según la ley de Dalton de las presiones parciales, la presión del gas húmedo es la suma de la presión de gas seco más la presión de vapor del agua. Recuerde que la **presión de vapor del agua o la tensión de vapor** ( $p_v^c$ ) depende solamente de la temperatura. Además debemos tener presente que en los problemas de gases húmedos, la **tensión de vapor es dato**.

$$P_{g.h.} = P_{g.s.} + P_{vapor}$$

## 2. Presión de vapor de agua a diferentes temperaturas

La **presión de vapor de un líquido o tensión de vapor** es la máxima presión que ejerce el vapor de dicho líquido a cierta temperatura, una vez establecido el equilibrio entre los fenómenos de evaporación y

condensación. Ya que no depende de la cantidad de líquido, y sólo de la temperatura, se trata de una propiedad intensiva. En el caso del agua se tiene:

<b>T</b> <b>(°C)</b>	<b>P</b> <b>(mmHg)</b>
-10	2,15
-5	3,16
0	4,58
1	4,93
2	5,29
3	5,69
4	6,10
5	6,54
6	7,01
7	7,51
8	8,04
9	8,61
10	9,21

11	9,84
12	10,52
13	11,23
14	11,99
15	12,79
16	13,63
17	14,53
18	15,48
19	16,48
20	17,54
21	18,65
22	19,83
23	21,07
24	22,39
25	23,76
26	25,21
27	26,74
28	28,35
29	30,04
30	31,82



35	42,18
40	55,32
45	71,88
50	92,51
55	118,04
60	149,38
65	187,54
70	233,70
75	289,10
80	355,10
85	433,60
90	525,76
95	633,90
<b>100</b>	<b>760,00</b>
105	906,07
110	1024,56
115	1267,98

### 3. Sistema saturado de vapor

Se denomina **sistema saturado de vapor** a aquel que contiene la máxima cantidad de vapor, por lo tanto la presión de vapor es la máxima, llamada tensión o vapor de líquido ( $p_v^{Tc}$ ). Este sistema no admite más vapor, porque en ella se ha establecido un equilibrio físico entre los fenómenos de evaporación y condensación a temperatura constante.

Para resolver los problemas debemos tener en cuenta lo siguiente: La ( $p_v^{Tc}$ ), es dato del problema, su valor se encuentra en tablas. La presión del gas saturado de vapor (gas húmedo) se calcula así:

$$P_{g.h.} = P_{g.s} + P_v^{Tc}$$

Luego la presión del gas seco es

$$P_{g.s} = P_{g.h} - P_v^{Tc}$$

Si no nos señalan lo contrario, debemos asumir que el gas húmedo está saturado de vapor.



#### 4. Sistema no saturado

En este caso el sistema todavía puede admitir más vapor de un líquido, ya que todavía no se ha establecido el equilibrio dinámico entre los fenómenos de la evaporación y condensación. Esto quiere decir que la presión de vapor no es la máxima y se denomina “**presión parcial de vapor no saturado ( $p_v$ )**”.

La presión parcial de vapor ( $p_v$ ) es el producto del **grado de saturación** por la máxima presión de vapor a una cierta temperatura ( $p_v^{Tc}$ ).

$$\boxed{G.S. = \frac{P_v}{P_v^{rc}}} \rightarrow \boxed{P_v = G.S. \times P_v^{Tc}}$$

#### 5. Humedad relativa (H.R.)

Este concepto se usa solo para vapor de agua. La humedad relativa indica el grado de saturación de vapor de agua en el medio ambiente o en un sistema aislado de aire húmedo. Viene a ser la comparación

porcentual entre la presión parcial de vapor no saturado ( $p_v$ ) y la máxima presión de vapor a una cierta temperatura ( $p_v^{Tc}$ ).

$$\boxed{H.R. = \frac{P_v}{P_v^{Tc}} \times 100\%} \rightarrow \boxed{P_v = \frac{H.R.}{100} \times P_v^{Tc}}$$

Para una humedad relativa inferior a 50%, se tiene tiempo **muy seco**; hasta 70% es **seco**; de 75% a 80% es **húmedo** y con más de 85% ya es **muy húmedo**.

La humedad relativa del aire atmosférico se mide con el **higrómetro** (de punto de rocío o condensación, químico y psicrómetro).

#### 6. Punto de rocío

Se refiere a la temperatura a la cual el aire atmosférico está totalmente saturado de vapor de agua, por lo tanto  $H.R. = 100\%$ ; cuando esto ocurre, el exceso de vapor de agua que no puede dispersarse en el aire seco se condensa por efecto del enfriamiento en for-

ma de pequeñas gotitas de agua líquida, que se llama rocío, las cuales por acción de la gravedad, caen, depositándose en la superficie de los cuerpos materiales, especialmente sobre la hierba y las hojas de los árboles y plantas. Generalmente ocurre de noche o de madrugada, cuando no hay viento.

Cuando la temperatura, a la que ocurre la saturación total de vapor en el aire es  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  (situación común en las alturas y ciertos lugares de la tierra), no se forma rocío, sino **escarcha** (partículas sólidas de agua); por lo tanto, **el punto de rocío debe ser mayor a  $0^{\circ}\text{C}$ .**

El **punto de burbuja** es la temperatura a la que surge la primera burbuja en el agua, por lo tanto:

$$\boxed{P_v=0} \rightarrow \boxed{\text{H.R.}=0\%}$$

## Difusión gaseosa

### 7. Difusión gaseosa

Los gases se caracterizan por su gran cinética molecular y alta entropía. Es por su movimiento molecular, que se difunden. Difundirse es la capacidad de mezclarse entre dos o más gases espontáneamente hasta formar un todo homogéneo.

También podemos decir que mediante la **difusión**, un gas se puede desplazar a través de un medio (puede ser el aire).

### 8. Efusión gaseosa

En cambio, mediante la **efusión** gaseosa las moléculas de un gas pasan a través de un orificio (o abertura) muy pequeña desde un recipiente a una presión mayor, a un recipiente de presión menor que la anterior.

## 9. Ley de Thomas Graham

Thomas Graham (químico escocés) demostró experimentalmente que la rapidez de la efusión de un gas depende de su densidad. La ley que lleva su nombre se puede enunciar de la siguiente forma: “La rapidez de la efusión de dos gases, a la misma temperatura y presión, son inversamente proporcionales a las raíces cuadradas de sus densidades, o de sus masas molares”.

$$\frac{V_A}{V_B} = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}} = \sqrt{\frac{\bar{M}_B}{\bar{M}_A}}$$

Donde:

$v_A, v_B$  = velocidades de efusión

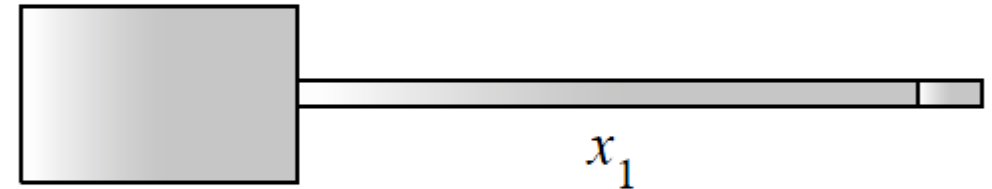
Donde:

$v_A, v_B$  = velocidades de efusión

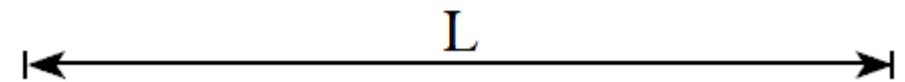
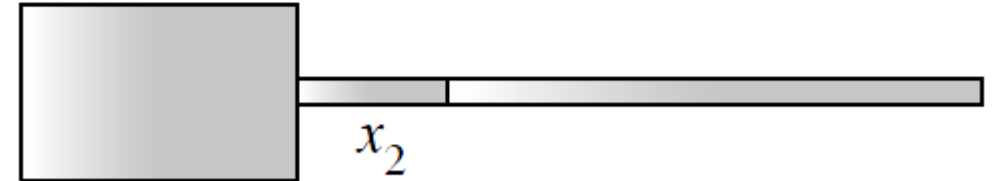
$\rho_A, \rho_B$  = densidades

$\bar{M}_A, \bar{M}_B$  = masa molares

$H_2 \quad \bar{M}=2$



$O_2 \quad \bar{M}=32$



$$t_1 = t_2; \bar{M}_1 < \bar{M}_2, x_1 > x_2, V_1 > V_2$$





# Chapter 7

## **ESTADOS FUNDAMENTALES DE AGREGACIÓN DE LA MATERIA.**

**Ciclo Verano 2021**  
**Práctica de Clase**

1. Respecto al origen de los estados de agregación, escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.

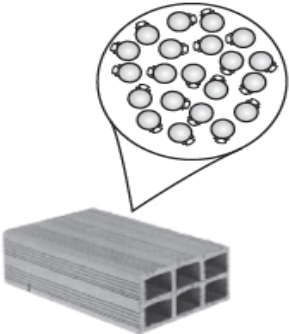
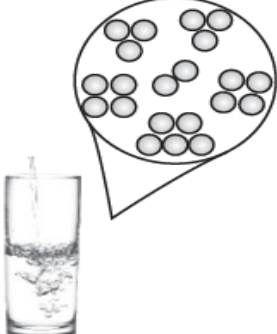
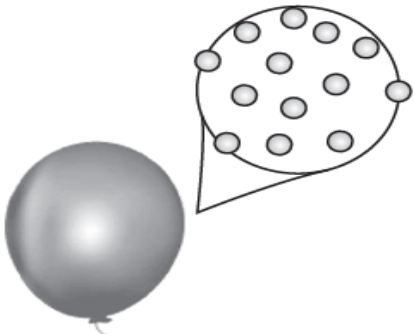
- En el estado sólido se presentan fuerzas de repulsión que son muchísimo más intensas que las fuerzas de atracción. ( **F** )
- El estado líquido es consecuencia de la intensidad similar entre las fuerzas de atracción y las fuerzas de repulsión. ( **V** )
- En el estado gaseoso las fuerzas de atracción son más intensas que las fuerzas de repulsión. ( **F** )

A) FVV      B) FVF      C) FFV  
D) VFF      E) FFF

**Resolución:**

Todas las sustancias que se encuentran a nuestro alrededor se pueden presentar fundamentalmente en tres estados: sólido, líquido y gaseoso.

Un estado físico depende del grado del movimiento de las partículas originado por la fuerza de atracción ( $F_A$ ) y la fuerza de repulsión ( $F_R$ ) además de la temperatura y la presión atmosférica.

Sólido	Líquido	Gaseoso
		
$F_A > F_R$	$F_A = F_R$	$F_A < F_R$

**Clave:**  
**B**



2. Escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.

- En el universo se presentan tres estados de agregación. ( )
- Las condiciones de presión y temperatura determinan el estado de agregación de una sustancia. ( )
- Para predecir el estado de agregación de una sustancia es necesario conocer el tipo de moléculas que la conforman. ( )

- A) VVV      B) VVF      C) VFF  
D) FVV      E) FFF

**Resolución:**

➤ **FALSO**

La  **materia**  se presenta en tres estados fundamentales en condiciones ambientales: sólido, líquido y gaseoso, los que se denominan estados de agregación o estados físicos. El  **plasmático**  es un estado de alta energía, donde la materia está totalmente ionizada en forma de cationes y electrones libres.

➤ **VERDADERO**

El  **estado físico**  depende del grado de movimiento de sus partículas, por lo tanto depende de factores externos como la presión y temperatura.

➤ **VERDADERO**

Las  **fuerzas intermoleculares**  que actúan sobre distintas moléculas o iones y que hacen que éstos se atraigan o se repelan. Estas fuerzas son las que  **determinan las propiedades físicas**  de las sustancias como, por ejemplo, el estado de agregación, el punto de fusión y de ebullición, la solubilidad, la tensión superficial, la densidad, etc.

**Clave:**

**D**

3. Respecto a los estados de agregación, escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.

➤ Todo sólido tiene volumen y forma constantes. ( **F** )

➤ En el estado líquido la materia adopta la forma del depósito que lo contiene. ( **V** )

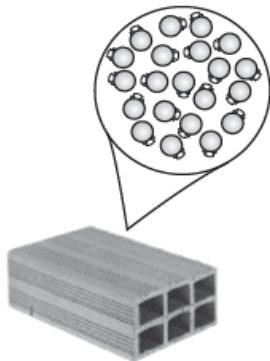

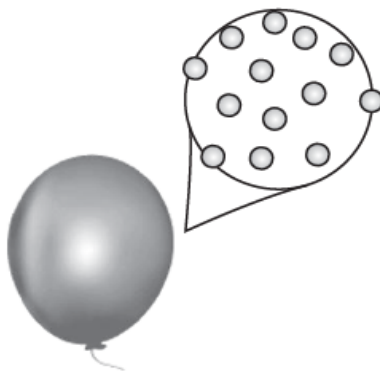
➤ Los gases disminuyen su volumen por acción de una fuerza externa. ( **V** )

A) FFV      B) FFF      C) VFV

D) FVV      E) FVF

**Resolución:**

Las principales características de los estados sólido, líquido y gaseoso son:

	Sólido	Líquido	Gaseoso
			
Fuerza de atracción ( $F_A$ ) y repulsión ( $F_R$ )	$F_A > F_R$	$F_A = F_R$	$F_A < F_R$
Movimiento de las partículas	No tienen desplazamiento, solo movimiento vibratorio	Desplazamiento lento por diferencia de presión.	Desplazamiento rápido y caótico en todas las direcciones.
Volumen	Definido	Definido	Variable (los gases difunden hasta llenar cualquier recipiente que los ocupe).
Forma	Definida	Variable (toma la forma de la parte del recipiente que lo contiene).	Variable (toma la forma del recipiente que lo contiene).
Otras características	Incompresibles (No se pueden comprimir).	Incompresibles (no se pueden comprimir).	➤ Compresibles (se pueden comprimir). ➤ Expansibles

(\*) Los sólidos amorfos no poseen un punto de fusión definido, pues conforme se va calentando se ablandan y comienzan a fluir. El único estado realmente sólido es el cristalino.

**Clave:**

4. Identifique las proposiciones correctas.

- I. Cuando el hielo seco pasa directamente a la fase gaseosa se dice que experimenta una vaporización.
- II. La formación de granizo es un ejemplo típico de deposición.
- III. En un refrigerador no frost ocurre la sublimación regresiva.

- A) Solo I      B) Solo II      C) Solo III  
D) II y III      E) Todas

**Resolución:**

**I. FALSO.**

Algunos sólidos como el Yodo, naftalina, hielo seco a temperatura ambiental y presión de 1 atmósfera pasan directamente a la fase vapor, se dice que se subliman, debido a su alta presión de vapor.

**II. VERDADERO.**

La presión de vapor de los sólidos son muy bajas respecto a la presión de vapor de los líquidos y se mide cuando se establece el equilibrio entre los procesos de sublimación y deposición.

**II. FALSO.**

Un refrigerador No Frost es una tecnología que genera frío de manera uniforme, es decir, reparte el frío por cada rincón del frigorífico haciendo que llegue, por igual, a todos los alimentos. ... El **sistema No Frost** lo hace automáticamente, eliminando la humedad y dando como resultado un frigorífico libre de escarcha.

**Clave:**



5. Escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.

➤ En el estado gaseoso las moléculas presentan movimiento caótico. ( **V** )

➤ El movimiento molecular en los líquidos es al azar. ( **V** )

➤ En los líquidos las moléculas que lo constituyen no presentan movimiento de traslación. ( **F** )

A) VVV

B) VVF

C) VFV

D) VFF

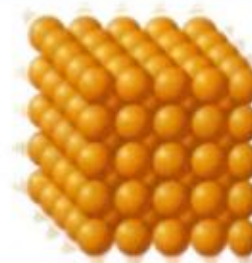
E) FVV

**Resolución:**

### El estado sólido

Masa y volumen fijos porque las partículas están firmemente unidas

Las partículas pueden vibrar un poco, pero no desplazarse.



### El estado líquido

Las partículas también están unidas, pero no tan fuertemente como en los sólidos.

Las partículas pueden desplazarse, por lo que los líquidos pueden fluir y adoptar cualquier forma.



### El estado gaseoso

Las partículas están muy separadas unas de otras y se mueven libremente a gran velocidad; por eso ocupan todo el espacio disponible y no tienen volumen ni forma fijos.



**Clave:**

6. Acerca de la descripción o características de una sustancia al estado gaseoso, escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.

- Tiene propiedades similares a cualquier otra sustancia gaseosa. ( )
- Adopta el volumen del recipiente que lo contiene. ( )
- Las partículas gaseosas están en movimiento continuo y desordenado, debido a que predomina la repulsión térmica sobre la atracción. ( )

A) FFV

B) VFV

C) VVV

D) FVF

E) FVV

### Resolución:

➤ **FALSO**

Los gases presentan propiedades físicas similares, pero sus propiedades químicas por lo general son diferentes.

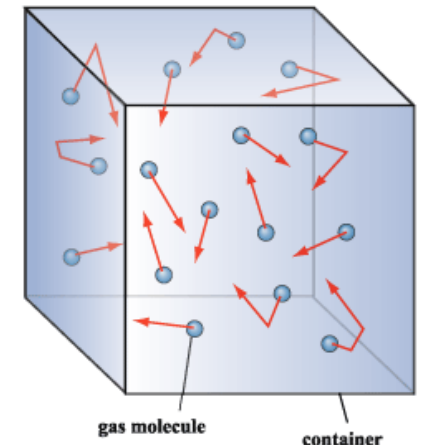
➤ **VERDADERO**

Los gases no tienen forma definida, sino que adoptan la forma del recipiente que los contiene.



➤ **VERDADERO**

Las partículas gaseosas presentan movimiento continuo y desordenado



**Clave: E**



7. Con referencia a la presión atmosférica, escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.

- A mayor altitud menor presión atmosférica. ( **V** )
- No afecta a la temperatura de ebullición de un líquido. ( **F** )
- A nivel del mar tiene un valor de 740 mmHg. ( **F** )

- A) VFF      B) VVV      C) FFV  
D) VVF      E) FFF

**Resolución:**

A mayor altura,  
menor presión  
atmosférica.

A medida que se asciende las capas de aire soportan menos peso por lo que ejercen menor presión....

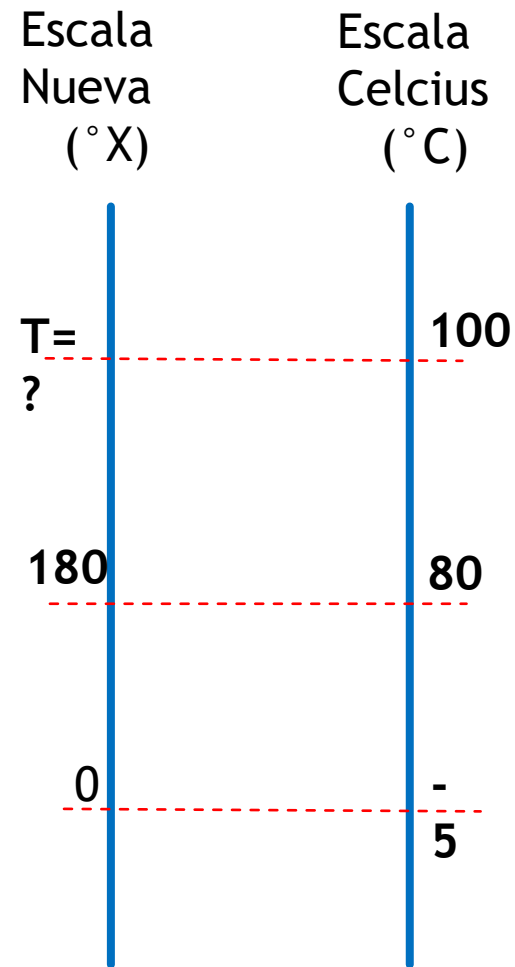


**Clave: A**

8. Un estudiante de Saco Oliveros inventa un termómetro en una escala tal que los valores de 0 y 180 grados coinciden con  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $80^{\circ}\text{C}$  respectivamente. ¿Cuál es el valor de la temperatura de ebullición del agua en dicha escala?

- A) 222      B) 240      C) 250  
D) 280      E) 320

**Resolución:**



Aplicando proporcionalidad:

$$\frac{T - 0}{180 - 0} = \frac{100 - (-5)}{80 - (-5)}$$

$$T = 222,35^{\circ}\text{X}$$

**Clave: A**

9. En relación a las características de los gases ideales, escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.

- Están formado por un número muy grande de partículas muy pequeñas, en movimiento constante, lineal y al azar. ( V )
- Las distancias intermoleculares son relativamente muy grandes. ( V )
- Se supone que las fuerzas de interacción son nulas. ( V )

A) FFF      B) VFF      C) VVF  
D) FVV      E) VVV

**Resolución:**

Los **gases ideales** cumplen las siguientes condiciones :

- Ocupa el volumen del recipiente que lo contiene.
- Está formado por moléculas.
- Estas moléculas se mueven individualmente y al azar en todas direcciones.
- La interacción entre las moléculas se reduce solo a su choque.
- Los choques entre las moléculas son completamente elásticos (no hay pérdidas de energía) y son instantáneos (el tiempo durante el choque es cero).

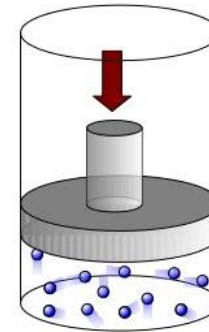
**Clave: E**

**10** Se tiene un cilindro metálico con pistón móvil que contiene 50 L de gas hilarante,  $\text{N}_2\text{O}$ , a 18,5 atm y  $21^\circ\text{C}$ . Si la temperatura se mantiene en  $21^\circ\text{C}$ , mientras la presión se reduce a 1 atm, ¿qué volumen en litros ocupará el gas?

- A) 800 L      B) 900 L      C) 925 L  
D) 92,5 L      E) 600 L

**Resolución:**

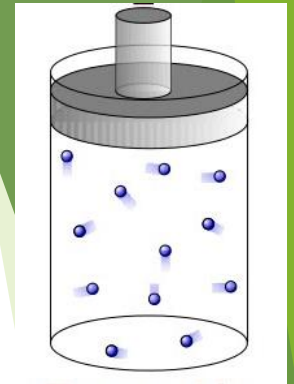
GAS:  $\text{N}_2\text{O}$  (gas hilarante)



$$V_1 = 50 \text{ L}$$

$$P_1 = 18,5 \text{ atm}$$

$$T = 21^\circ\text{C}$$



$$V_2 = X \text{ L}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

PROCESO ISOTÉRMICO (LEY DE BOYLE)  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$18,5 \text{ atm} \times 50 \text{ L} = 1 \text{ atm} \times V_2$$

$$V_2 = 925 \text{ L}$$

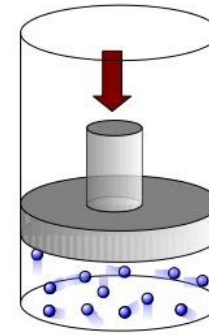
**Clave: C**

**11.** Un cilindro con un émbolo móvil contiene 20 L de gas natural a una presión de 1 atm y 127 °C. Si el gas se expande hasta duplicar su volumen, calcule la temperatura final del gas si la presión permanece constante.

- A) 254 °C      B) 400 °C      C) 527 °C  
D) 635 °C      E) 800 °C

**Resolución:**

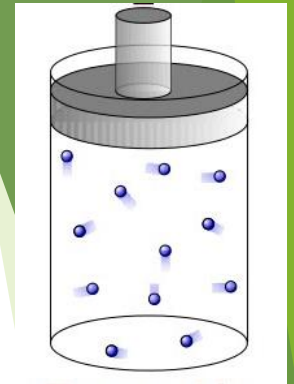
**GAS: Gas natural**



$$V_1 = 20 \text{ L}$$

$$T_1 = 127^\circ\text{C} + 273 = 400 \text{ K}$$

P  
constante



$$V_2 = 40 \text{ L}$$

$$T_2 = T \text{ (K)}$$

**PROCESO ISOBÁRICO (LEY DE CHARLES)**

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

$$\frac{20}{400} = \frac{40}{T_2}$$

$$T_2 = 800 \text{ K}$$

$$T_2 = 800 - 273 = 527^\circ\text{C}$$

**Clave: C**



- 12.** Determine la masa, en gramos, de gas  $O_2$  que se debe agregar a una muestra de 20 g del mismo gas que está a 2 atm y  $27^\circ C$ , para que en el mismo recipiente, el cual es rígido, la presión se duplique y la temperatura se incremente a  $127^\circ C$ .

$$R = 0,082 \text{ atm} \times L / \text{mol} \times K$$

Masa atómica:  $O = 16$ .

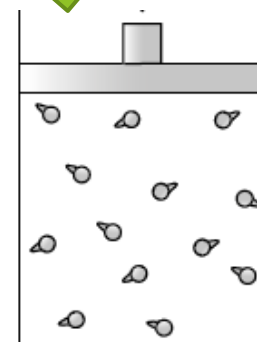
- A) 5                      B) 7,5                      C) 10  
D) 15                      E) 20

**Resolución:**

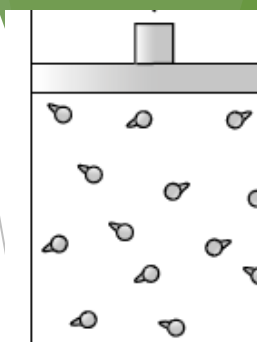
GAS: oxígeno molecular

$O_2$

Se  
agrega  
X g  $O_2$



V  
constante



$$m_1 = 20 \text{ g}$$

$$P_1 = 2$$

atm

$$T_1 = 27^\circ C + 273 = 300 \text{ K}$$

$$m_2 = (20 + X) \text{ g}$$

$$P_2 = 4$$

atm

$$T_2 = 127^\circ C + 273 \text{ K} = 400 \text{ K}$$

$$\frac{P_1}{T_1 \frac{m_1}{P_2}} = \frac{T_2 m_2^2}{(300) (20) 4}$$

Se debe agregar 10g de oxígeno.

$$X = 10 \text{ g}$$

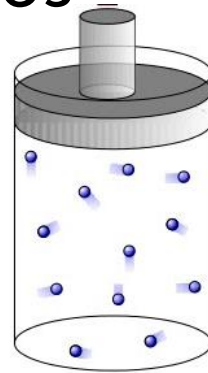
**Clave: C**

**13.** El ozono es un gas que se encuentra en la estratósfera y que absorbe parte de la radiación UV que nos llega desde el espacio. Sabiendo que la presión y la temperatura típicas del ozono en la estratósfera son  $10^{-7}$  atm y 250 K, respectivamente, calcule el número de moléculas de esta sustancia que hay presentes en  $1 \text{ m}^3$  de aire en esas condiciones.

- A)  $4,87 \times 10^{-6}$       B)  $4,87 \times 10^{15}$   
C)  $2,93 \times 10^{18}$       D)  $3,16 \times 10^{19}$   
E)  $3,01 \times 10^{21}$

**Resolución:**

GAS: oxígeno molecular  
O<sub>2</sub>



$$P = 10^{-7} \text{ atm}$$

$$T = 250 \text{ K}$$

$$V = 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$R = 0,082 \text{ atm L/mol}$$

$$N^{\circ} \text{ de moléculas} = ?$$

$$P V = R T \frac{N^{\circ} \text{ moléculas}}{6 \times 10^{23}}$$

$$\frac{10^{-7} \times 1000}{6 \times 10^{23}} = \frac{0,082 \times 250 \times N^{\circ} \text{ moléculas}}{6 \times 10^{23}}$$

$$N^{\circ} \text{ moléculas} = 2,93 \times 10^{18}$$

**Clave: C**

**14.** En un recipiente de vidrio de 4 litros se hallan 8,66 g de un gas a 27 °C y presión de 0,75 atm. Si el gas está formado por moléculas diatómicas, ¿qué gas se encuentra en el recipiente?

Gas	F <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
$\overline{M}$	38	28	32	71	2

A) F<sub>2</sub>

B) N<sub>2</sub>

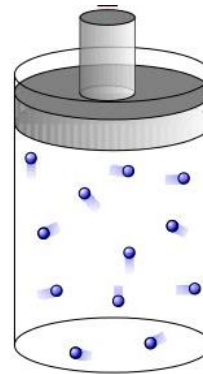
C) O<sub>2</sub>

D) Cl<sub>2</sub>

E) H<sub>2</sub>

**Resolución:**

GAS: molécula diatómica  
X<sub>2</sub>



$$P = 0,75 \text{ atm}$$

$$T = 27^\circ \text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

$$R = 0,082 \text{ atm L/mol K}$$

$$m = 8,66 \text{ g}$$

$$\overline{M} = ?$$

$$P V = \frac{m}{\overline{M}} R T$$

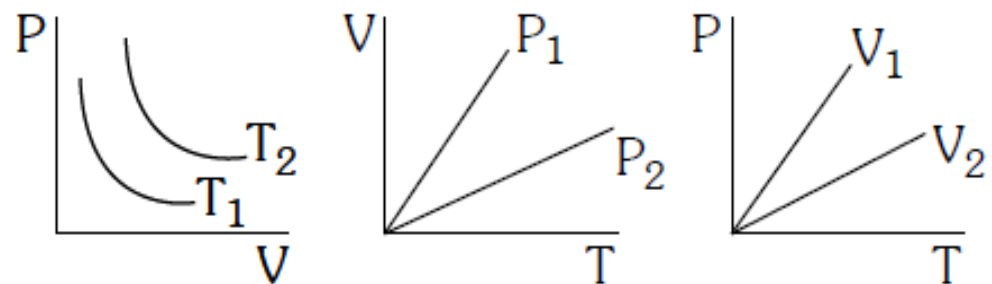
$$0,75 \times 4 = \frac{8,66}{\overline{M}} \times 0,082 \times 300$$

$$\overline{M} = 71 \text{ g/mol}$$

Se trata del cloro gaseoso.

**Clave: D**

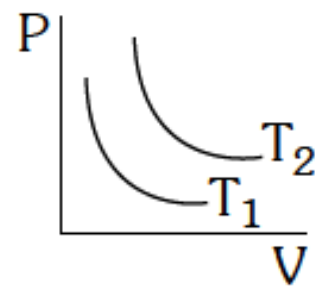
**15.** Respecto al comportamiento de los gases ideales, escriba verdadero (V) o falso (F) según corresponda, luego marque la alternativa correcta.



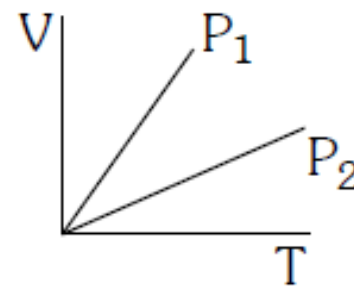
- $T_1 < T_2$        $P_1 < P_2$        $V_2 > V_1$       **V**
- $T_1 > T_2$        $P_1 > P_2$        $V_1 > V_2$       **F**
- $T_2 < T_1$        $P_2 > P_1$        $V_1 < V_2$       **F**

- A) VFF      B) VVF      C) VFV  
 D) FVV      E) FFV

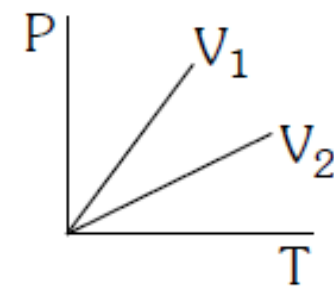
**Resolución:**



$T_1 < T_2$



$P_1 < P_2$



$V_2 > V_1$

**Clave: A**