

[academiacesarvallejo.edu.pe](http://academiacesarvallejo.edu.pe)

Ciclo

**INTENSIVO  
UNI**



— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

[academiacesarvallejo.edu.pe](http://academiacesarvallejo.edu.pe)

Ciclo

**INTENSIVO  
UNI**



— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

# QUÍMICA

Tema: Estado gaseoso  
Docente: Darío Vera Cuadros

## I. OBJETIVOS

Los estudiantes, al término de la sesión de clases serán capaces de:

1. **Conocer** las propiedades y características del gas , así como las variables de estado termodinámico que rigen su comportamiento.
2. **Calcular** el valor de la masa, densidad y volumen molar en base a la ecuación universal y hacer **cálculos** en procesos isomasicos con la ecuación general de los gases ideales.
3. **Aplicar** las leyes de la mezcla gaseosa ideal y hacer cálculos relacionándolo con la fracción molar.
4. **Interpretar** y hacer **cálculos** con la ley de Graham para la difusión y efusión de los gases ideales.

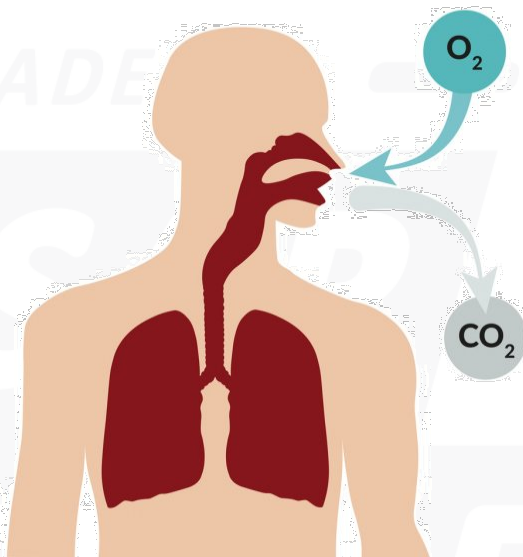
## II. INTRODUCCIÓN

### GLP y su combustión



El gas licuado de petróleo GLP es un combustible líquido, cuya fase gaseosa favorece la **combustión completa**. El GLP está constituido por **butano  $C_4H_{10}$**  y **propano  $C_3H_8$** .

### Respiración



El aparato respiratorio permiten la entrada de **oxígeno  $O_2$**  en nuestro cuerpo (inhalación) y producto del metabolismo la expulsión del **dióxido de carbono  $CO_2$**  (exhalación).

### Dirigible



Es una aeronave lleno de un gas menos denso que el aire, siendo el más común el **Helio  $He$**  por ser más seguro.



### III. CONCEPTO

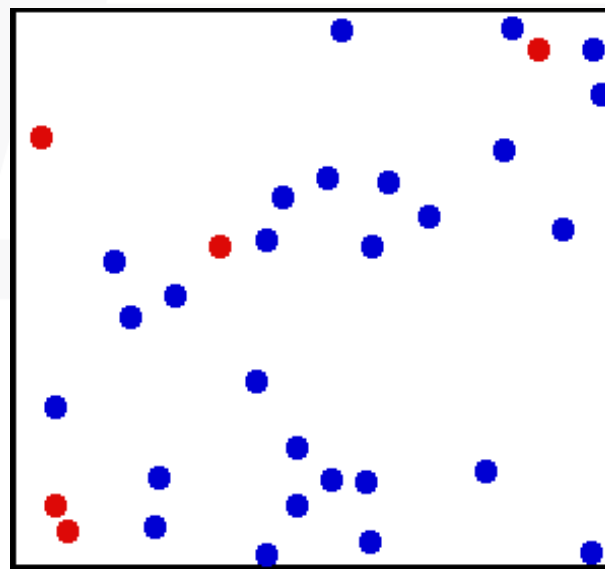
Es un estado de agregación de la materia en el cual, bajo ciertas condiciones de **temperatura** y **presión**, **sus moléculas** tienen atracción despreciable, predominando la repulsión.

El gas adopta la **forma** del recipiente que lo contiene y por su **volumen variable** tiende a comprimirse o expandirse, todo lo posible, por su alto nivel de energía cinética molecular.

- **Moléculas monoatómicas simples:**  
He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn
- **Moléculas poliatómicas simples y compuestas:**  
 $H_2$ ,  $N_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ , ...

El comportamiento dinámico del sistema gaseoso **ideal**, se explica mediante los postulados de la **teoría cinética molecular de los gases**, que lo describiremos más adelante..... pero a grandes rasgos podemos señalar que:

- ✓ Sus moléculas se mueven caóticamente (Gas en latín “Chaos”) a grandes velocidades por su alta energía cinética de traslación, respecto al líquido y sólido.
- ✓ Poseen grandes espacios intermoleculares, de ahí su fácil **compresión y expansión**.



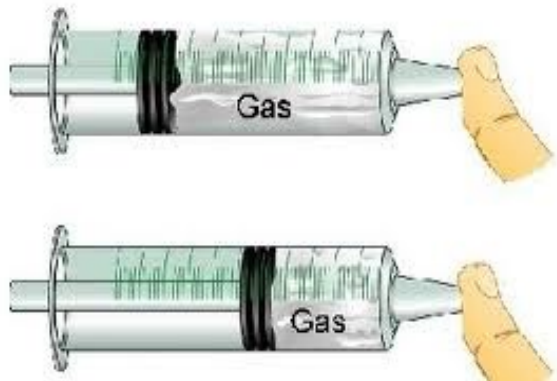
**Alta entropía**  
**(alto desorden)**

# IV. PROPIEDADES GENERALES Y PROCESOS DE LOS GASES IDEALES

## PROPIEDADES

### COMPRESIBILIDAD

Propiedad del gas donde se reduce el volumen por efecto de una presión externa, esto debido a los grandes espacios intermoleculares.

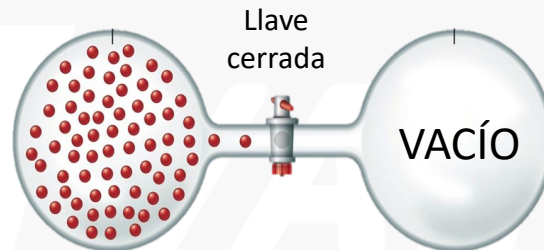


Compresión de  
aire

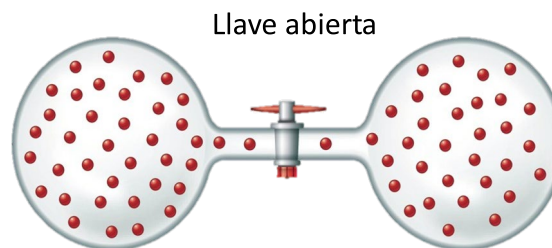
### EXPANSIBILIDAD

Propiedad del gas donde se incrementa el volumen para abarcar el mayor volumen posible, debido a los grandes espacios intermoleculares.

➤ **INICIO:**



➤ **FINAL:**

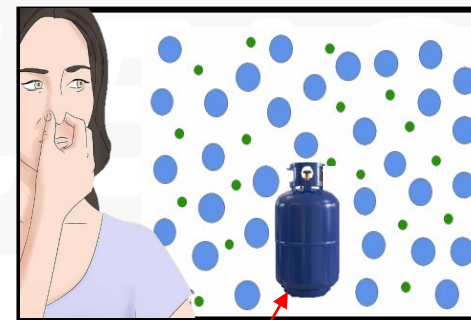


Expansión del helio

## PROCESOS

### DIFUSIÓN

Es un proceso donde las moléculas pueden trasladarse a través de otro medio material, siendo con mayor facilidad en el gas, luego el líquido y más difícil en el sólido. La expansión puede ocurrir por difusión o al vacío

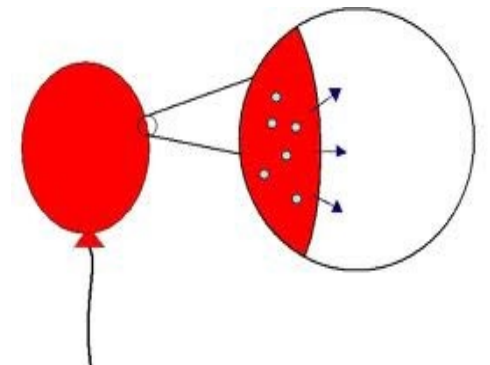


Balón de gas de  
cocina  
Difusión del gas  
propano.

### EFUSIÓN

Es un proceso donde las moléculas pueden atravesar por micro agujeros de una pared permeable.

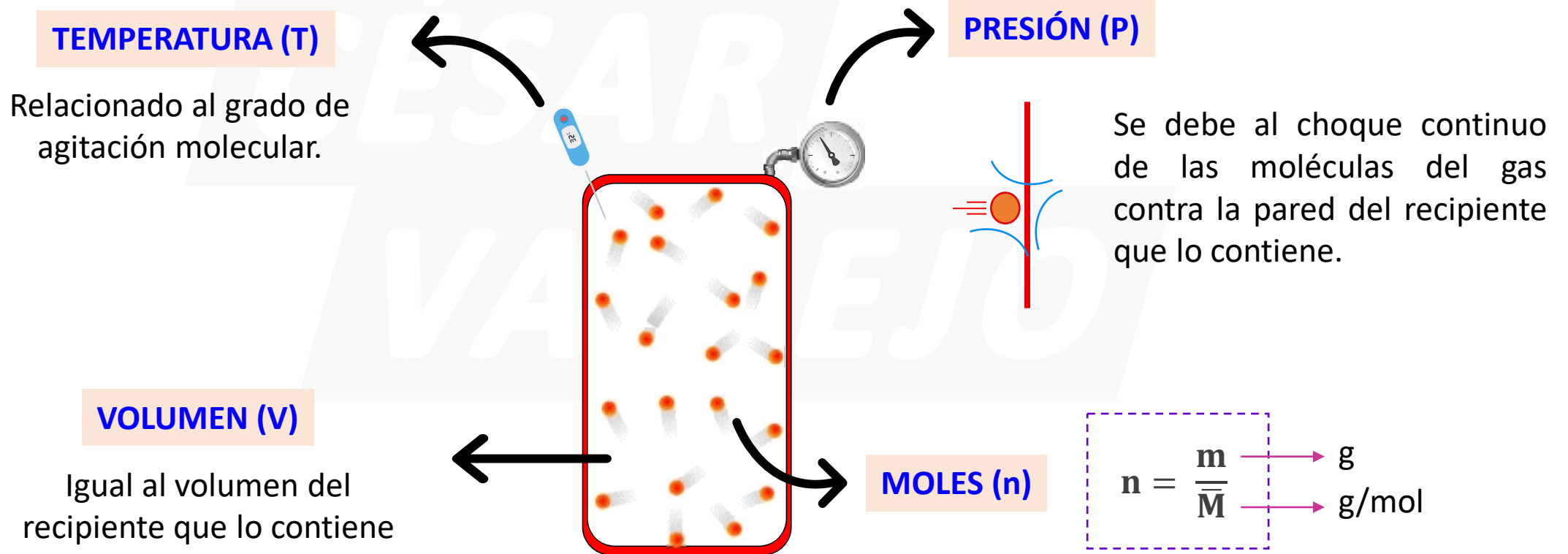
El **Efusiómetro** es usado para separar mezclas gaseosas.



El globo lentamente  
pierde aire, razón por  
la cual cambia de  
forma y se desinfla.

## V. VARIABLES DE ESTADO TERMODINÁMICO DE LOS GASES

El comportamiento de un gas no depende de la identidad del gas. Indiferente a que sea un elemento, compuesto o una mezcla de gases, su comportamiento se describe en función de cuatro variables: **temperatura, presión, volumen** y la **cantidad de gas**; esta última, comúnmente expresada en moles.



## VI. TEORÍA CINÉTICA MOLECULAR (TCM) DE LOS GASES

Explica el comportamiento y propiedades macroscópicas de los gases a partir de una descripción estadística de los procesos a nivel molecular.

Los postulados de esta teoría fundamenta el modelo de **gas ideal**.

**Postulados:**

1. Un gas está constituido por partículas diminutas (moléculas) que se mueven al azar y en línea recta.
2. Las **moléculas** son **puntuales**; es decir; volumen despreciable, en comparación con el volumen total del recipiente.
3. No hay fuerzas de atracción o repulsión entre ellas. Las partículas del gas actúan independientemente una de otra.
4. Las **colisiones** de las partículas del gas entre sí o con las paredes del recipiente **son perfectamente elásticas**.
5. La **energía cinética media** de las moléculas es proporcional a la **temperatura** del gas. Dos gases cualesquiera a la misma temperatura, tendrán la misma energía cinética media

Una de las conclusiones cuantitativas más importantes de la TCM es:

$$\bar{E}_c = \frac{3}{2} k T$$

$k$  = **Constante de Boltzman** ( $R/N_A$ )

$R$  = **constante universal del gas ideal** ( $8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ )

**Para una mol de moléculas :**  $\frac{1}{2} \bar{M} \bar{v}^2 = \frac{3}{2} RT$

$\bar{v}$  = Velocidad media (m/s)

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\bar{M}}}$$



## VII. GAS IDEAL

### 7.1. CONCEPTO

Gas hipotético que cumple con los postulados de la teoría cinética molecular.

- Los gases que conocemos:  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $Ne$ ,  $O_3$ ,  $CH_4$ ,  $SO_3$ , aire, GNV, etc., a las condiciones ambientales son gases reales, lejos del comportamiento ideal.
- Un **gas real** se acerca al comportamiento de un gas ideal cuando:
  - ✓ A nivel macro, son sometidas a bajas presiones (menor a 1 atm) y elevadas temperaturas (superior a la  $T_c$ ).
  - ✓ A nivel molecular, en lo posible, sus moléculas son livianas y de naturaleza apolar, así por **ejemplo**, el  $He_{(g)}$  y el  $H_{2(g)}$  son los que más fácilmente se acercan a dicho comportamiento.

### 7.2. ECUACIÓN UNIVERSAL DE LOS GASES IDEALES

Ecuación que permite explicar completamente el comportamiento de un gas ideal. Relaciona las cuatro variables de estado:  $V$ ,  $P$ ,  $T$  y  $n$ .

$$PV = nRT$$

- $P$ : Presión (atm)  $\rightarrow R = 0,082 \text{ atm L/mol K}$   
(mmHg)  $\rightarrow R = 62,4 \text{ mmHg L/mol K}$
- $T$ : Temperatura en grados Kelvin (K)
- $V$ : Volumen en litros (L)
- $n$ : Número de moles del gas (mol)

## Aplicaciones:

### ▪ Cálculo de la masa molar de un gas desconocido:

**Ejercicio 01.-** Cierta sustancia líquida desconocida tiene una masa de 2,2 gramos, si al vaporizarlo totalmente y llevarlo a 127°C, el gas ocupa un volumen de 10 Litros y ejerce una presión de 124,64 mmHg. Marque la alternativa que muestre la fórmula molecular de dicha sustancia.

Datos:

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

Masa molar (g/mol): H=1, C=12, O=16, S=32, F=19

- A) HF
- B) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>
- C) SO<sub>2</sub>
- D) F<sub>2</sub>O
- E) F<sub>2</sub>

**Resolución:**

**Respuesta: C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>**

**Clave: B**

▪ **Calculo del volumen molar ( $V_m$ ) del gas en condiciones normales (CN):**

Un gas se encuentra en condiciones normales si  
 $P_{\text{gas}} = 1 \text{ atm}$  y  $T = 0^\circ \text{C}$

El volumen molar en condiciones normales ( $V_m$ ) es el volumen ocupado por una mol de gas ideal en dichas condiciones.

Reemplazando en la ecuación universal de los gases

ideales:  $V_m = \frac{V}{n} = \frac{RT}{P}$

$$V_m = \frac{RT}{P} = \frac{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 273 \text{K}}{1 \text{ atm}} = 22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$$

**1 mol de gas  $\xrightarrow[\text{ocupa}]{\text{a CN}}$  22,4L**

La densidad en CN será:

$$D = \frac{\bar{M}}{22,4} \frac{\text{"g"}}{\text{L}}$$

**22,4 L**



**22,4 L**



**22,4 L**



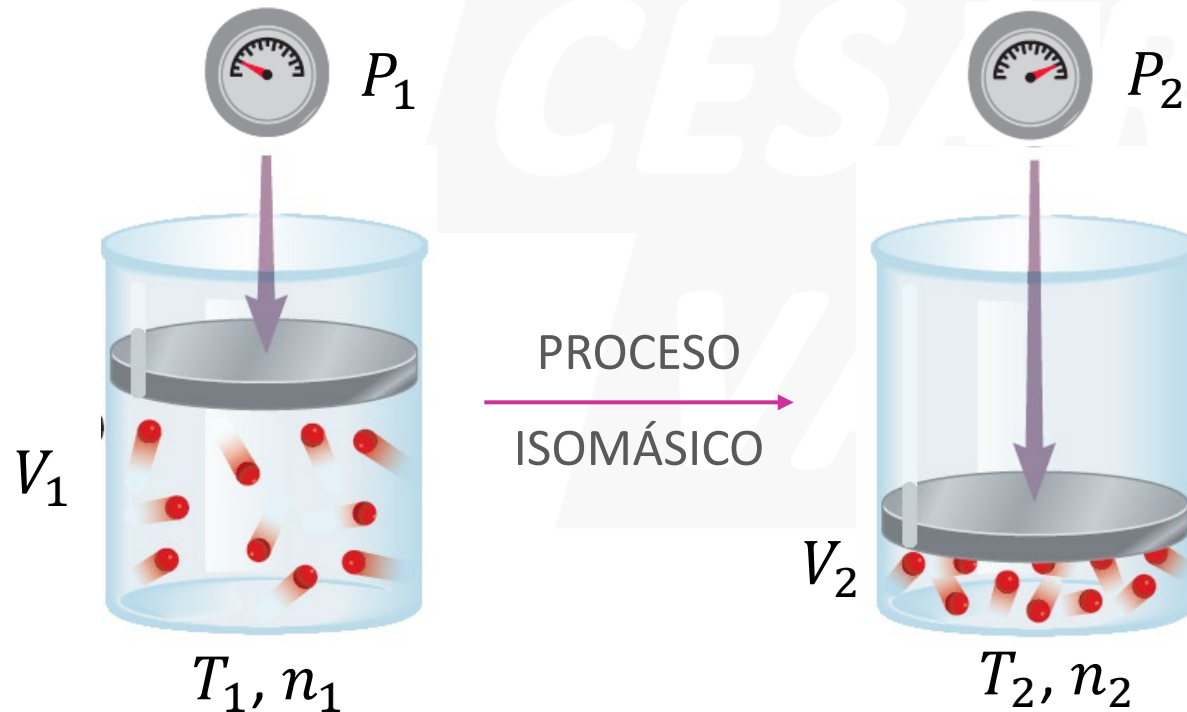
**Ejercicio 02:**

Halle la densidad en condiciones normales, en  $\text{Kg/m}^3$ , del gas fosgeno  $\text{COCl}_2$ , arma química usada en la primera guerra mundial.

Masa molar ( $\text{g/mol}$ ) :  $\text{COCl}_2 = 99$

### 7.3. ECUACIÓN GENERAL DE LOS GASES IDEALES

Para procesos isomásicos de un gas, se presenta una relación constante entre sus tres variables de estado ( $P$ ,  $V$ ,  $T$ ).



- A partir de la ecuación universal de los gases:

$$P \cdot V = R \cdot T \cdot n \rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

- Como el proceso es isomásico:

$$n_1 = n_2$$

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

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

La deducción de la ecuación general se hizo a partir de las leyes empíricas de los gases:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{cte}$$

\* **Proceso isotérmico**  $T = \text{Cte}$   
(ley de Boyle-Mariotte)



$$P \cdot V = \text{Cte}$$

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

\* **Proceso isobárico**  $P = \text{Cte}$   
(ley de Charles)



$$\frac{V}{T} = \text{Cte}$$

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

\* **Proceso isovolumétrico o isocórico**  $V = \text{Cte}$   
(ley de Gay-Lussac)



$$\frac{P}{T} = \text{Cte}$$

$$\frac{PV}{T} = \text{Cte}$$



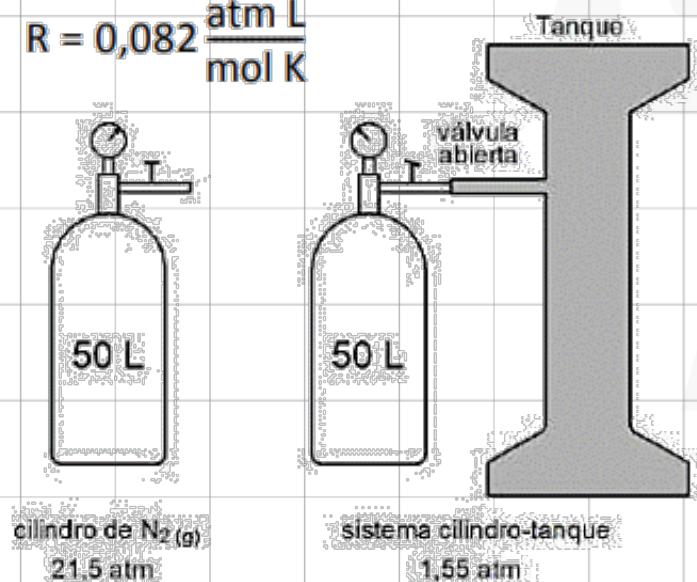
**Ejercicio 03** EX.AD. UNI 2015 - I

Un cilindro de 50 L de gas nitrógeno a una presión inicial de 21,5 atm se conecta a un tanque rígido y vacío. La presión final del sistema cilindro-tanque es de 1,55 atm.

¿Cuál es el volumen del tanque (en L) si el proceso fue isotérmico?

Masa atómica:  $N = 14$

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



A) 486,0  
D) 643,5

B) 532,4

C) 582,5  
E) 694,2

**Resolución 03**

Nos piden el volumen del tanque, en un proceso isotérmico.

**Respuesta: 643,5**

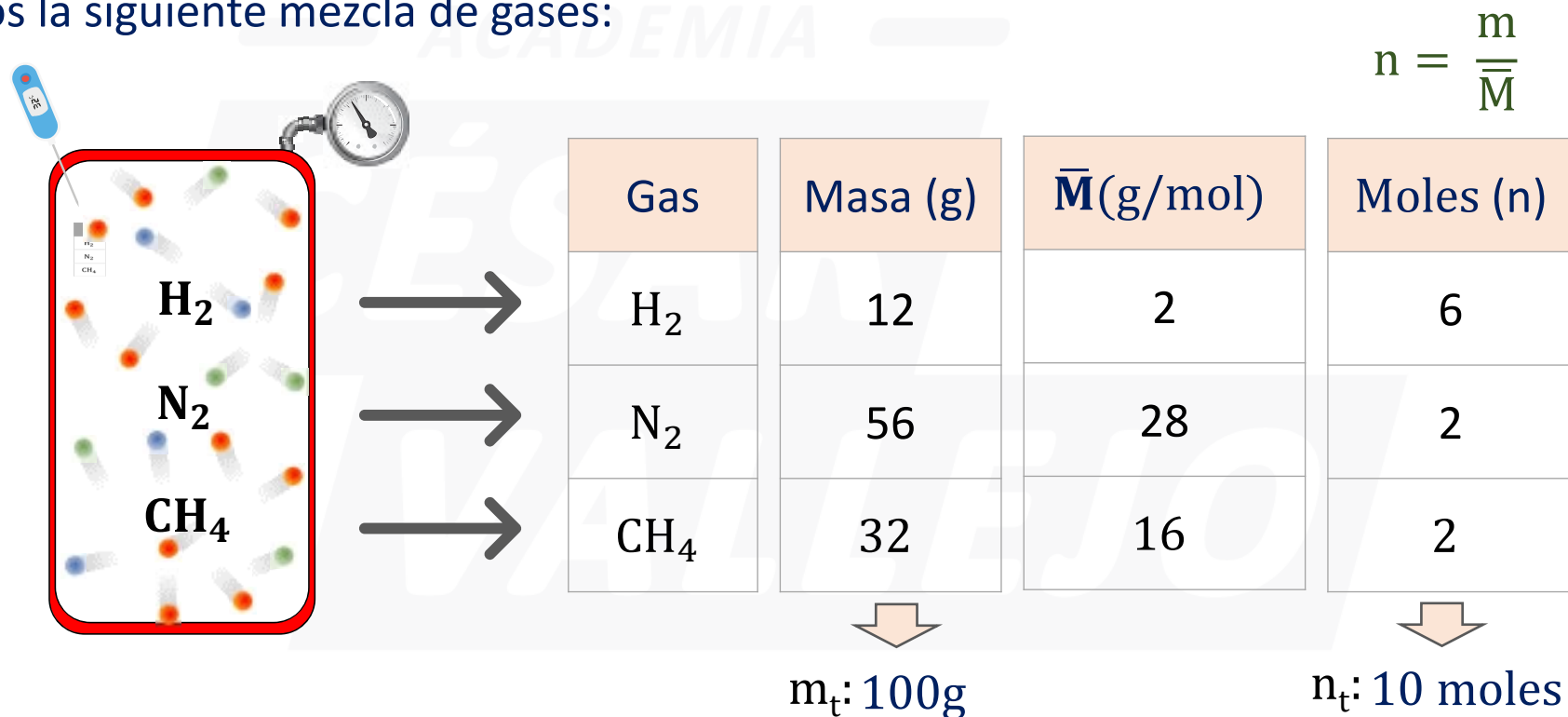
**Clave: D**

## VIII. MEZCLA DE GASES

### 8.1. CONCEPTO

Es la reunión física de dos o más gases, donde cada componente conserva su identidad molecular.

Analicemos la siguiente mezcla de gases:



**Concluimos:** En toda mezcla de  $n$  componentes se cumple

$$m_1 + m_2 + m_3 + \cdots + m_n = m_t$$

$$n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_n = n_t$$

## 8.2. FRACCIÓN MOLAR ( $X_i$ )

La fracción molar de un componente (i) es la relación entre las moles de un componente (i) gaseoso con las moles totales de la mezcla gaseosa.

$$X_i = \frac{n_i}{n_t}$$

$n_t$  = moles totales de la mezcla.

$n_i$  = moles de un gas de la mezcla.

Determinamos " $X_i$ " para cada componente:

- $X_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{n_t} = \frac{6}{10} = 0,6$

- $X_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_t} = \frac{2}{10} = 0,2$

- $X_{CH_4} = \frac{n_{CH_4}}{n_t} = \frac{2}{10} = 0,2$

## Concluimos

$$X_1 + X_2 + X_3 + \cdots + X_n = 1$$

### 8.3. MASA MOLAR PROMEDIO o APARENTE ( $\bar{M}_p$ )

## De forma general para n componentes

$$\bar{M}_p = X_1 \cdot \bar{M}_1 + X_2 \cdot \bar{M}_2 + \cdots + X_n \cdot \bar{M}_n$$

Para el ejemplo anterior:

$$\bar{M}_p = X_{H_2} \cdot \bar{M}_{H_2} + X_{N_2} \cdot \bar{M}_{N_2} + X_{CH_4} \cdot \bar{M}_{CH_4}$$

$$\bar{M}_p = 0,6(2) + 0,2(28) + 0,2(16)$$

$$\bar{M}_p = 10 \text{ g/mol}$$

Se cumple:  $\bar{M}_{H_2} < \bar{M}_p < \bar{M}_{N_2}$

## 8.4. LEY DE DALTON O DE LA PRESIONES PARCIALES

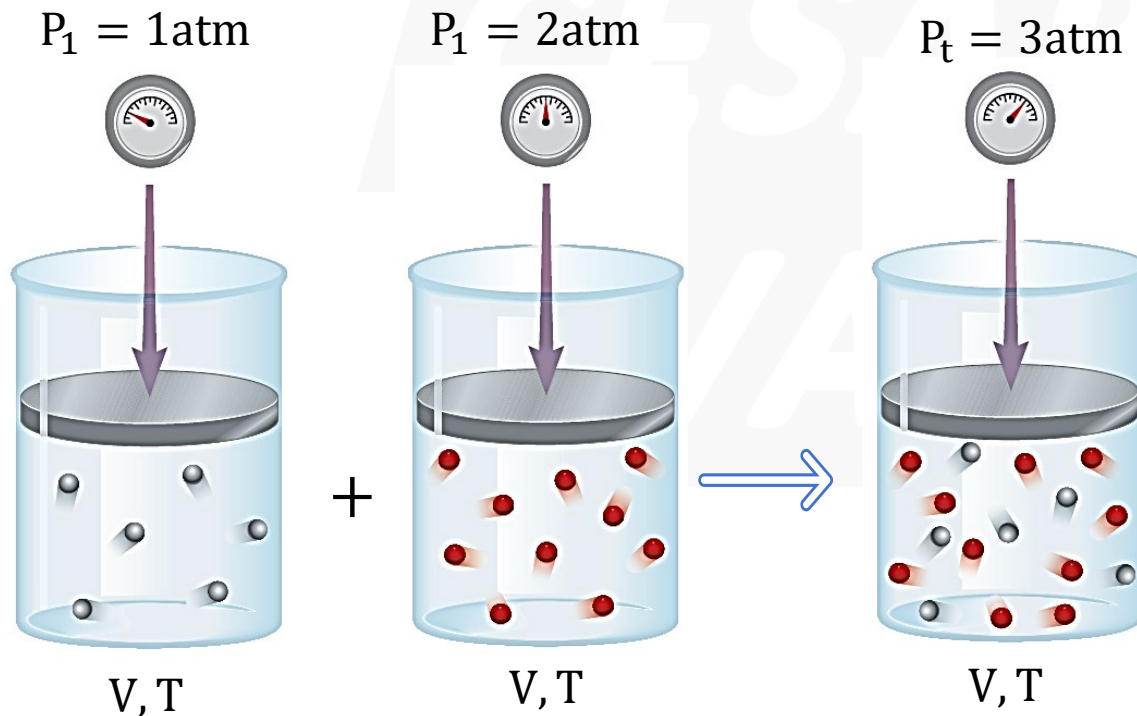
Establece que la presión total  $P_t$  ejercida por la mezcla de gases es igual a la **suma** de las **presiones parciales** de cada componente. Se cumple a volumen y temperatura constante.



John Dalton  
1766 - 1844

Para  $n$  componentes:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$



¡TENER PRESENTE!

La presión parcial ( $P_i$ ) de un gas (i), es la presión que ejercería dicho gas, como si estuviera solo en el mismo recipiente y a la misma temperatura.



Relacionando con la fracción molar se deduce:

$$P_i = X_i \cdot P_t$$

## 8.5. LEY DE AMAGAT O DE LOS VOLÚMENES PARCIALES

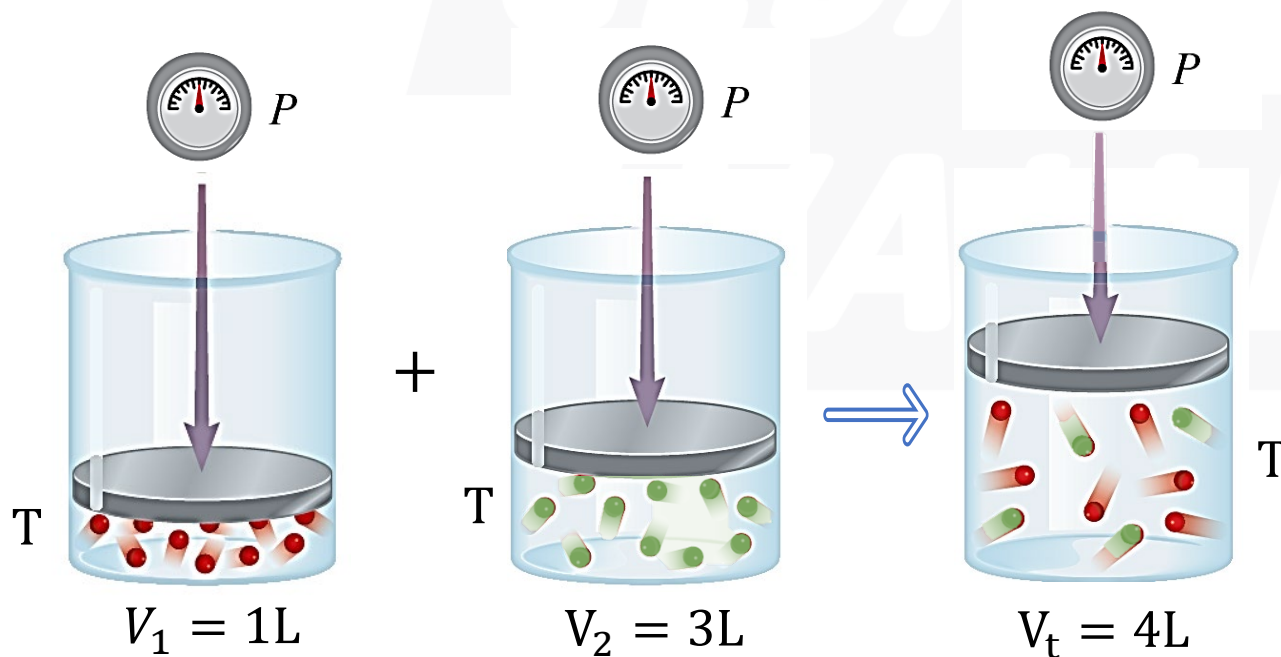
En 1893, establece que el volumen de una mezcla gaseosa es igual a la suma de los volúmenes parciales. Esto se cumple a presión y temperatura constante.



Emile Amagat  
1841 - 1915

Para  $n$  componentes:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$



### ¡TENER PRESENTE!

El volumen parcial ( $V_i$ ) de un componente( $i$ ) es el volumen que ocuparía dicho componente, a la presión total de la mezcla, sin cambiar la temperatura.



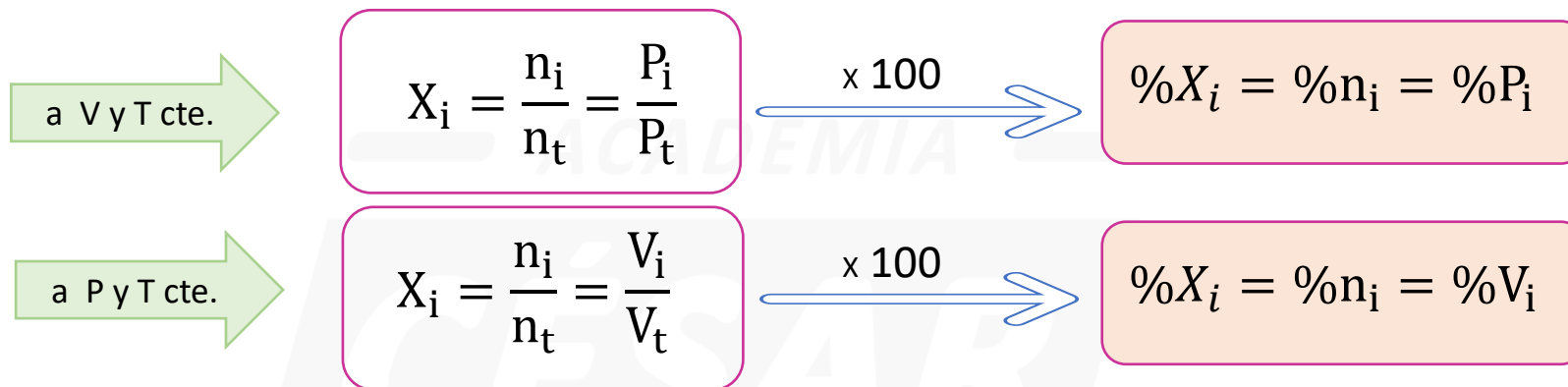
Relacionando con la fracción molar se deduce:

$$V_i = X_i \cdot V_t$$



## 8.6. IDENTIDAD DE AVOGADRO

De todo lo anterior se tiene que para un componente (i):



### Ejercicio 04

El Heliox es una mezcla gaseosa de helio (He) y oxígeno ( $O_2$ ) al 79% en volumen de helio. Determine la presión parcial del oxígeno, en mmHg, si la presión total es 2,5 atm.

Dato: 1atm = 760 mmHg

### Resolución 04

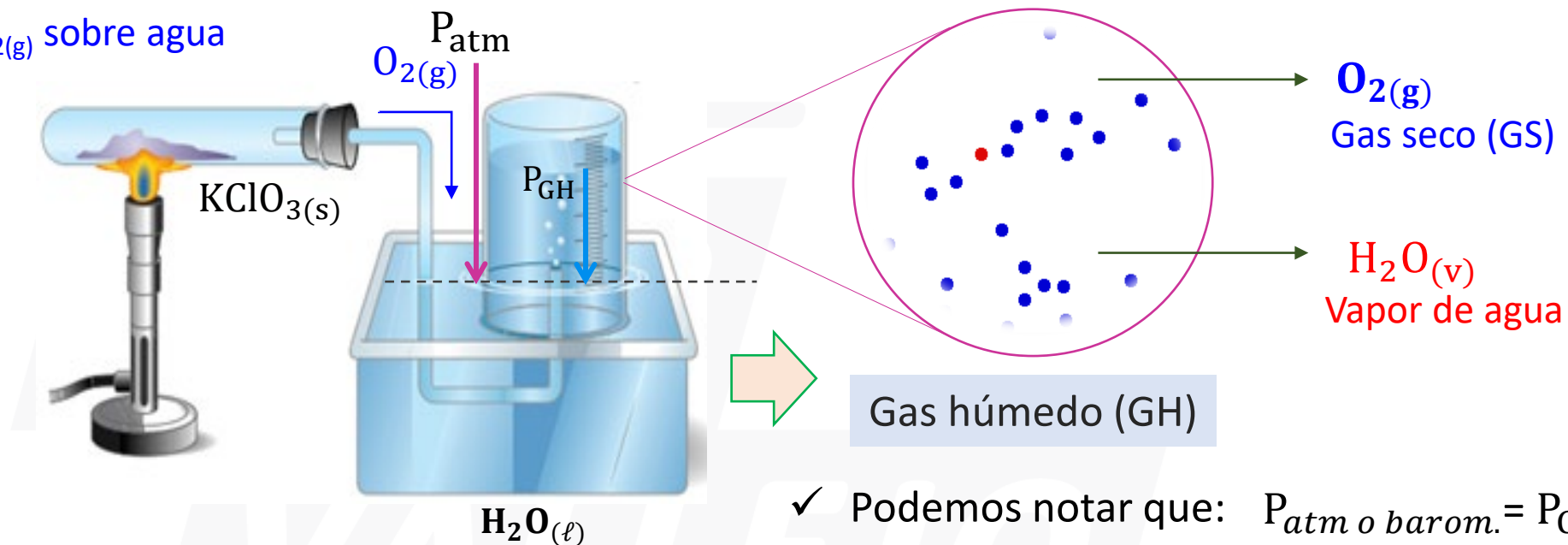
Nos piden la presión parcial del  $O_2$

## IX. GAS HÚMEDO O GAS RECOGIDO SOBRE UN LÍQUIDO (GH)

### 9.1. CONCEPTO

Es una mezcla gaseosa formada por un gas y el vapor de un líquido poco volátil, comúnmente el agua.

Ejemplo: Se recoge  $O_{2(g)}$  sobre agua



- ✓ Podemos notar que:  $P_{atm \text{ o } barom.} = P_{GH}$
- ✓ Por ley de presiones parciales:

$$P_{GH} = P_{GS} + P_{V(H_2O)}$$

$$\therefore \text{comúnmente se cumplirá: } P_{GS} + P_{V(H_2O)} = P_{atm}$$

Cuando un gas húmedo no está saturado de vapor, la presión de vapor del agua se relaciona mediante la humedad relativa (HR)

$$\%HR = \frac{P_{V(H_2O)}}{P_{V(H_2O)}^{T^{\circ}C}} \cdot 100\%$$

%HR = Porcentaje de humedad relativa

$P_V^{T^{\circ}C}$  = Presión de vapor saturado

**Ejercicio 05**

EX.AD. UNI 2011 - I

En una localidad la temperatura es de  $30^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa es de 70 %. Determine la presión de vapor del agua (en mmHg) en dicha localidad.

Dato:

$P_v$  saturado del agua a  $30^{\circ}\text{C} = 31,82$  mmHg

A) 30,0

D) 22,3

B) 26,8

E) 17,0

C) 24,7

**Resolución 05**

Nos piden la presión de vapor de agua en una localidad.

**Respuesta: 22,3**

**Clave: D**

**Ejercicio 06** EX.AD. UNI 2016 – I (modificado)

En una región se tiene aire húmedo a 30°C, siendo la humedad relativa 80%; si el barómetro indica 755mmHg. Calcule la masa (en kilogramos) de aire seco en 20 m<sup>3</sup> del aire en referencia.

$$P_v^{30^\circ\text{C}} = 31,82 \text{ mmHg}$$

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

Masa molar (g/mol): H<sub>2</sub>O=18 ; aire= 28,9

- A) 0,48
- B) 22,30
- C) 28,90
- D) 33,45
- E) 36,00

**Resolución 06**

Nos piden la masa (en gramos) de agua en el aire húmedo.

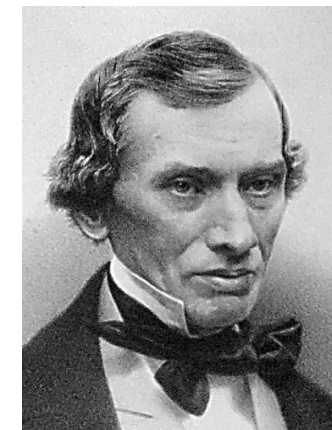
**Respuesta: 22,3**

**Clave: B**

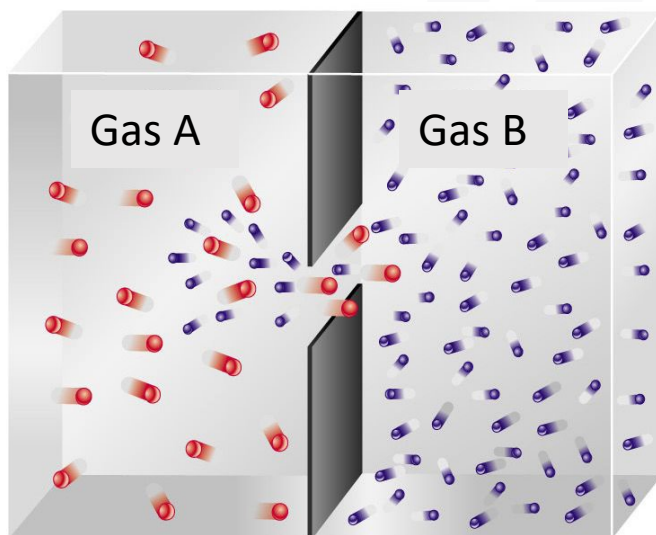
## X. DIFUSIÓN GASEOSA

### 10.1. LEY DE GRAHAM DE LA DIFUSIÓN Y EFUSIÓN GASEOSA

Graham demostró que las velocidades de difusión de las sustancias gaseosas es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su masa molar ( $\bar{M}$ ) cuando la P y T son constantes.



Thomas Graham  
1805 - 1869

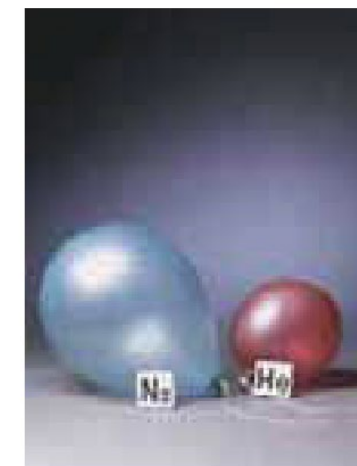


- Según la TCM para dos gases "A" y "B", se cumple:

$$v_A = \sqrt{\frac{3RT}{\bar{M}_A}} ; v_B = \sqrt{\frac{3RT}{\bar{M}_B}}$$

- Dividiendo ambos, tenemos:

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{\bar{M}_B}{\bar{M}_A}}$$



Después de dos días de haberse dejado dos globos de igual volumen.



**Ejercicio 07**

EX.AD. UNI 2009 - II

Si  $2,2 \times 10^{-4}$  moles de nitrógeno molecular gaseoso efunden en un tiempo  $t$  a través de un pequeño orificio, ¿cuántos moles de hidrógeno molecular gaseoso efunden a través del mismo orificio en el mismo tiempo y a las mismas condiciones de presión y temperatura?

Masas atómicas:  $H = 1$  ;  $N = 14$

- A)  $2,2 \times 10^{-4}$       D)  $8,2 \times 10^{-4}$   
B)  $4,2 \times 10^{-4}$       E)  $1,0 \times 10^{-3}$   
C)  $6,2 \times 10^{-4}$

**Resolución 07**

Nos piden las moles de gas hidrógeno que efunden.

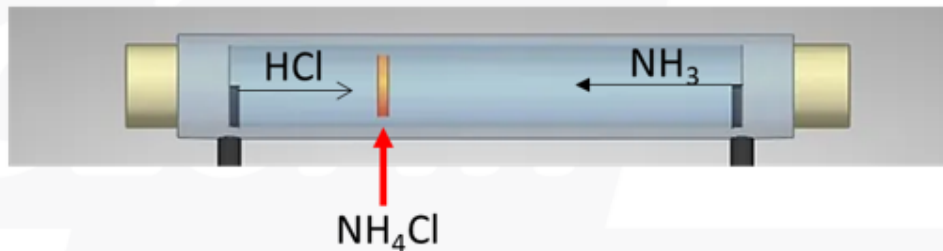
**Respuesta:  $8,2 \times 10^{-4}$**

**Clave: D**

### Ejercicio 08

Comprobación experimental de la ley de Graham:

El esquema muestra un tubo de vidrio de sección uniforme y de 80 cm de longitud, donde se comprobará experimentalmente la ley de Graham. Para ello se inyecta simultáneamente los gases  $\text{HCl}$  y  $\text{NH}_3$  por los extremos, se taponea y se deja que, por difusión, ambos gases se encuentren y formen la sustancia  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .



Responda a qué distancia, en cm, del extremo donde se inyecta el  $\text{NH}_3$ , se formará el  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Datos de masa molar(g/mol):  $\text{NH}_3=17$ ,  $\text{HCl}=36,5$

- A) 32,5
- B) 47,5
- C) 49,8
- D) 52,5
- E) 54,8

### Resolución 08

Nos piden determinar la distancia (cm), que recorre el  $\text{NH}_3$  para formarse el compuesto  $\text{NH}_4\text{Cl}$

**Respuesta: 47,5**

**Clave: B**

## XI. GLOSARIO

**Entropía**, una medida directa de la aleatoriedad o desorden de un sistema.

**Evaporación**, escape de las moléculas desde la superficie de un líquido, también se llama vaporización.

**Gases nobles**, elementos no metálicos del grupo 18(He, Ne, Ar, Kr, Xe y Rn).

**Mezcla**, agrupación de dos o más sustancias en la que estas conservan su identidad.

**Molécula poliatómica**, agregado de 2 o mas átomos unidos por enlace covalente de composición definida

**Sistema**, cualquier parte específica del universo.

**Sistema cerrado**, sistema que permite el intercambio de energía generalmente en forma de calor pero no de masa con su entorno.

**Sublimación**, proceso en el que las moléculas pasan directamente de la fase sólida a la de vapor.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- ❑ Chang, R. y Goldsby, K. (2017). **Química**. Duodécima ed. *Gases* (pp. 202 - 210). México. McGraw Hill Interamericana Editores
- ❑ McMurry, J.E y Fay, R.C (2009). **Química General**. Gases: Propiedades y comportamiento (pp. 332 - 338).
- ❑ Brown T. L., H. Eugene L., Bursten B.E., Murphy C.J., Woodward P.M. (2014). **Química, la ciencia central**. decimosegunda ed. Gases (pp. 402 - 410). México. Pearson Educación.



— ACADEMIA —  
**CÉSAR**  
**VALLEJO**

# GRACIAS

SÍGUENOS:   

[academiacesarvallejo.edu.pe](https://academiacesarvallejo.edu.pe)