

## Soluciones de Ley de los volúmenes parciales de Amagat

El volumen parcial ( $v_i$ ) de un gas en una mezcla, es el volumen que ocuparía si se encontrase solo a la misma temperatura y presión que la mezcla.

$$v_i = \frac{n_i R T}{P}$$

También se puede calcular como:

$$v_i = x_i V$$

- 1. Una mezcla de 0,197 moles de  $\text{CO}_2$  (g) y 0,00278 moles de  $\text{H}_2\text{O}$  (g) está a  $30^\circ\text{C}$  en un tanque de 3 L.  
¿Cuál es el volumen parcial de cada gas?**

Datos:  $R = 0,082 \text{ atm L/ mol K} = 8,314 \text{ J/ mol K}$

Datos:  $n \text{ CO}_2 = 0,197 \text{ moles}$   
 $n \text{ H}_2\text{O} = 0,00278 \text{ moles}$   
 $T = 30^\circ\text{C}$   
 $V = 3 \text{ L}$

**Cálculo a partir de**  $v_i = \frac{n_i R T}{P}$

Para utilizar esta ecuación, la temperatura debe expresarse en grados Kelvin (K). Para pasar la temperatura expresada en grados centígrados a grados Kelvin debe sumarse 273.

$$T = 30^\circ\text{C} + 273 = 303 \text{ K}$$

Antes de calcular la presión parcial de cada uno de los gases, necesitamos calcular la presión total que ocupa la mezcla (P).

$$P = \frac{n R T}{V}$$

Donde n es el número total de moles gaseosas:

$$n = \sum n_i$$

$$n = n_{CO_2} + n_{H_2O} = 0,197 + 0,00278 = 0,19978 \text{ moles}$$

Puesto que tenemos el volumen expresado en litros, utilizaremos la  $R=0,082 \text{ atm L/ mol K}$

$$P = \frac{n R T}{V} = \frac{0,19978 \text{ moles} \times 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 303 \text{ K}}{3 \text{ L}} = 1,655 \text{ atm}$$

$$v_{CO_2} = \frac{n_{CO_2} R T}{P} = \frac{0,197 \text{ moles} \times 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 303 \text{ K}}{1,655 \text{ atm}} = 2,958 \text{ L}$$

$$v_{H_2O} = \frac{n_{H_2O} R T}{P} = \frac{0,00278 \text{ moles} \times 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 303 \text{ K}}{1,655 \text{ atm}} = 0,042 \text{ L}$$

Comprobamos que hemos hecho bien los cálculos sabiendo que:

$$V = \sum v_i$$

$$V = v_{CO_2} + v_{H_2O} = 2,958 + 0,042 = 3 \text{ L}$$

Correcto. La suma de volúmenes totales es el volumen total.

**El volumen parcial de  $CO_2$  ( $v_{CO_2}$ ) es 2,958 L y el volumen parcial del  $H_2O$  ( $v_{H_2O}$ ) es 0,042 L.**

**Cálculo a partir de**  $v_i = x_i V$

Para utilizar esta ecuación, antes debemos calcular la fracción molar de cada uno de los gases de la mezcla.

$$x_i = \frac{n_i}{n}$$

$$n = \sum n_i$$

$$n = n_{CO_2} + n_{H_2O} = 0,197 + 0,00278 = 0,19978 \text{ moles}$$

$$x_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n} = \frac{0,197 \text{ moles}}{0,19978 \text{ moles}} = 0,986$$

$$x_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n} = \frac{0,00278 \text{ moles}}{0,19978 \text{ moles}} = 0,014$$

Comprobamos que hemos hecho bien los cálculos sabiendo que la suma de las fracciones molares ha de dar 1,000:

$$1,000 = \sum x_i$$

$$x_{CO_2} + x_{H_2O} = 0,986 + 0,014 = 1,000$$

$$v_{CO_2} = x_{CO_2} V = 0,986 \times 3 \text{ L} = 2,958 \text{ L}$$

$$v_{H_2O} = x_{H_2O} V = 0,014 \times 3 \text{ L} = 0,042 \text{ L}$$

Comprobamos que hemos hecho bien los cálculos sabiendo que:

$$V = \sum v_i$$

$$V = v_{CO_2} + v_{H_2O} = 2,958 + 0,042 = 3 \text{ L}$$

Correcto. La suma de volúmenes totales es el volumen total.

**El volumen parcial de CO<sub>2</sub> (vCO<sub>2</sub>) es 2,958 L y el volumen parcial del H<sub>2</sub>O (vH<sub>2</sub>O) es 0,042 L.**

2. Se tiene una mezcla de gases a 47 °C que ejerce una presión de 100 atmósferas. La mezcla gaseosa está formada por un 23% de N<sub>2</sub>, un 46% de H<sub>2</sub>O y un 31% de CO<sub>2</sub>. Los porcentajes son en % en peso.

¿Cuál es el volumen que ocupa la mezcla?

¿Cuál es el volumen parcial de cada uno de los gases en la mezcla?

Datos: R = 0,082 atm L/ mol K = 8,314 J/ mol K  
M(C)= 12 g/mol  
M(N) = 14 g/mol  
M(O)= 16 g/mol

Datos: porcentaje en peso N<sub>2</sub> = 23%  
porcentaje en peso H<sub>2</sub>O= 46%  
porcentaje en peso CO<sub>2</sub> = 31%  
T= 47°C  
P = 100 atm

Cálculo a partir de 
$$v_i = \frac{n_i R T}{P}$$

Para utilizar esta ecuación, la temperatura debe expresarse en grados Kelvin (K). Para pasar la temperatura expresada en grados centígrados a grados Kelvin debe sumarse 273.

$$T = 47^\circ\text{C} + 273 = 320 \text{ K}$$

Para calcular el volumen parcial de cada gas (v<sub>i</sub>) necesitamos calcular primero el número de moles de cada uno de los gases en la mezcla.

Sabemos que la cantidad de cada uno de los gases está expresado en porcentaje en peso. Si suponemos que la masa de la mezcla son 100 gramos:

masa N<sub>2</sub> = 23 gramos  
masa H<sub>2</sub>O= 46 gramos  
masa CO<sub>2</sub> = 31 gramos

Una vez conocemos la masa de cada uno de los gases en la mezcla, calculamos el número de moles a partir del peso molecular de cada uno de ellos.

$$23 \text{ g } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{(2 \times 14) \text{ g } N_2} = 0,821 \text{ moles } N_2$$

$$46 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{(2 \times 1 + 16) \text{ g } H_2O} = 2,556 \text{ moles } H_2O$$

$$31 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{(12 + 2 \times 16) \text{ g } CO_2} = 0,705 \text{ moles } CO_2$$

Puesto que tenemos la presión expresada en atmósferas, utilizaremos la  $R=0,082 \text{ atm L/ mol K}$

$$v_{N_2} = \frac{n_{N_2} R T}{P} = \frac{0,821 \text{ moles} \times 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 320 \text{ K}}{100 \text{ atm}} = 0,215 \text{ L}$$

$$v_{H_2O} = \frac{n_{H_2O} R T}{P} = \frac{2,556 \text{ moles} \times 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 320 \text{ K}}{100 \text{ atm}} = 0,671 \text{ L}$$

$$v_{CO_2} = \frac{n_{CO_2} R T}{P} = \frac{0,705 \text{ moles} \times 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 320 \text{ K}}{100 \text{ atm}} = 0,185 \text{ L}$$

Sabemos que el volumen total de la mezcla es la suma de volúmenes parciales:

$$V = \sum v_i$$

$$V = v_{N_2} + v_{H_2O} + v_{CO_2} = 0,215 + 0,671 + 0,185 = 1,071 L$$

El volumen que ocupa la mezcla gaseosa es 1,071 L

El volumen parcial de  $N_2$  ( $v_{N_2}$ ) es 0,215 L, el volumen parcial del  $H_2O$  ( $v_{H_2O}$ ) es 0,671 L y el volumen parcial de  $CO_2$  ( $v_{CO_2}$ ) es 0,185 L.

**Cálculo a partir de**  $v_i = x_i V$

Para utilizar esta ecuación, antes debemos calcular la fracción molar de cada uno de los gases de la mezcla y el volumen total de la mezcla.

Para calcular la fracción molar, antes debemos calcular el número de moles de cada uno de los gases de la mezcla.

Sabemos que la cantidad de cada uno de los gases está expresado en porcentaje en peso. Si suponemos que la masa de la mezcla son 100 gramos:

masa  $N_2$  = 23 gramos  
masa  $H_2O$  = 46 gramos  
masa  $CO_2$  = 31 gramos

Una vez conocemos la masa de cada uno de los gases en la mezcla, calculamos el número de moles a partir del peso molecular de cada uno de ellos.

$$23 \text{ g } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{(2 \times 14) \text{ g } N_2} = 0,821 \text{ moles } N_2$$

$$46 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{(2 \times 1 + 16) \text{ g } H_2O} = 2,556 \text{ moles } H_2O$$

$$31 \text{ g } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{(12 + 2 \times 16) \text{ g } CO_2} = 0,705 \text{ moles } CO_2$$

Ahora ya podemos calcular la fracción molar mediante:

$$x_i = \frac{n_i}{n}$$

$$n = \sum n_i$$

$$n = n_{N_2} + n_{H_2O} + n_{CO_2} = 0,821 + 2,556 + 0,705 = 4,082 \text{ moles}$$

$$x_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n} = \frac{0,821 \text{ moles}}{4,082 \text{ moles}} = 0,201$$

$$x_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n} = \frac{2,556 \text{ moles}}{4,082 \text{ moles}} = 0,626$$

$$x_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n} = \frac{0,705 \text{ moles}}{4,082 \text{ moles}} = 0,173$$

Comprobamos que hemos hecho bien los cálculos sabiendo que la suma de las fracciones molares ha de dar 1,000:

$$1,000 = \sum x_i$$

$$x_{N_2} + x_{H_2O} + x_{CO_2} = 0,201 + 0,626 + 0,173 = 1,000$$

Ahora necesitamos calcular el volumen total de la mezcla gaseosa (V):

$$V = \frac{n R T}{P}$$

Para utilizar esta ecuación, la temperatura debe expresarse en grados Kelvin (K). Para pasar la temperatura expresada en grados centígrados a grados Kelvin debe sumarse 273.

$$T = 47^\circ\text{C} + 273 = 320 \text{ K}$$

Puesto que tenemos la presión expresada en atmósferas, utilizaremos la  $R=0,082 \text{ atm L/ mol K}$

$$V = \frac{n R T}{P} = \frac{4,082 \text{ moles} \times 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 320 \text{ K}}{100 \text{ atm}} = 1,071 \text{ L}$$

Ahora el volumen parcial de cada uno de los gases de la mezcla:

$$v_i = x_i V$$

$$v_{N_2} = x_{N_2} V = 0,201 \times 1,071 \text{ L} = 0,215 \text{ L}$$

$$v_{H_2O} = x_{H_2O} V = 0,626 \times 1,071 \text{ L} = 0,671 \text{ L}$$

$$v_{CO_2} = x_{CO_2} V = 0,173 \times 1,071 \text{ L} = 0,185 \text{ L}$$

Comprobamos que hemos hecho bien los cálculos sabiendo que:

$$V = \sum v_i$$

$$V = v_{N_2} + v_{H_2O} + v_{CO_2} = 0,215 + 0,671 + 0,185 = 1,071 \text{ L}$$

Correcto. La suma de volúmenes totales es el volumen total.

**El volumen que ocupa la mezcla gaseosa es 1,071 L**

**El volumen parcial de  $N_2$  ( $v_{N_2}$ ) es 0,215 L, el volumen parcial del  $H_2O$  ( $v_{H_2O}$ ) es 0,671 L y el volumen parcial de  $CO_2$  ( $v_{CO_2}$ ) es 0,185 L.**

3. Una mezcla de gases a 33 °C ejerce una presión de 2,6 atmósferas. El volumen parcial de cada uno de ellos es:

$$v_{N_2} = 0.13 \text{ L}$$

$$v_{H_2O} = 0.58 \text{ L}$$

$$v_{CO_2} = 0.49 \text{ L}$$

¿Cuál es el volumen que ocupa la mezcla?

¿Cuál es el porcentaje en peso de cada uno de los gases en la mezcla?

Datos:  $R = 0,082 \text{ atm L/ mol K} = 8,314 \text{ J/ mol K}$

$$M(C) = 12 \text{ g/mol}$$

$$M(N) = 14 \text{ g/mol}$$

$$M(O) = 16 \text{ g/mol}$$

Datos:  $v_{N_2} = 0,13 \text{ L}$

$$v_{H_2O} = 0,58 \text{ L}$$

$$v_{CO_2} = 0,49 \text{ L}$$

$$T = 33^\circ\text{C}$$

$$P = 2,6 \text{ atm}$$

Sabemos que el volumen total de la mezcla es la suma de volúmenes parciales:

$$V = \sum v_i$$

$$V = v_{N_2} + v_{H_2O} + v_{CO_2} = 0,13 + 0,58 + 0,49 = 1,2 \text{ L}$$

A partir de la siguiente ecuación podemos calcular el número de moles de cada uno de los gases:

$$n_i = \frac{P v_i}{R T}$$

Para utilizar esta ecuación, la temperatura debe expresarse en grados Kelvin (K). Para pasar la temperatura expresada en grados centígrados a grados Kelvin debe sumarse 273.

$$T = 33^\circ\text{C} + 273 = 306 \text{ K}$$

$$n_{N_2} = \frac{P v_{N_2}}{R T} = \frac{2,6 \text{ atm} \times 0,13 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 306 \text{ K}} = 0,013 \text{ moles}$$

$$n_{H_2O} = \frac{P v_{H_2O}}{R T} = \frac{2,6 \text{ atm} \times 0,58 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 306 \text{ K}} = 0,060 \text{ moles}$$

$$n_{CO_2} = \frac{P v_{CO_2}}{R T} = \frac{2,6 \text{ atm} \times 0,49 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{K mol}} \times 306 \text{ K}} = 0,051 \text{ moles}$$

Ahora calculamos la masa de cada uno de ellos mediante el peso molecular:

$$0,013 \text{ moles } N_2 \times \frac{(2 \times 14) \text{ g } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 0,364 \text{ gramos } N_2$$

$$0,060 \text{ moles } H_2O \times \frac{(2 \times 1 + 16) \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 1,080 \text{ gramos } H_2O$$

$$0,051 \text{ moles } CO_2 \times \frac{(12 + 2 \times 16) \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 2,244 \text{ gramos } CO_2$$

Calculamos la masa total:

$$m = m_{N_2} + m_{H_2O} + m_{CO_2} = 0,364 + 1,080 + 2,244 = 3,688 \text{ g}$$

Calculamos el porcentaje en peso de cada uno de ellos:

$$\% \text{ peso } N_2 = \frac{0,364 \text{ g } N_2}{3,688 \text{ g totales}} \times 100 = 9,9 \% N_2$$

$$\% \text{ peso } H_2O = \frac{1,080 \text{ g } H_2O}{3,688 \text{ g totales}} \times 100 = 29,3 \% H_2O$$

$$\% \text{ peso } CO_2 = \frac{2,244 \text{ g } CO_2}{3,688 \text{ g totales}} \times 100 = 60,8 \% CO_2$$

El volumen que ocupa la mezcla gaseosa es 1,2 L

En la mezcla hay un 9,9 % en peso de  $N_2$ , un 29,3% en peso de  $H_2O$  y un 60,8% en peso de  $CO_2$ .

**Pequeñas diferencias en los valores pueden deberse al número de decimales utilizados en los cálculos.**