

Ley de difusión de Graham

La difusión es el proceso por el cual una sustancia se distribuye uniformemente en el espacio que la encierra o en el medio en que se encuentra. Por ejemplo: si se conectan dos tanques conteniendo el mismo gas a diferentes presiones, en corto tiempo la presión es igual en ambos tanques. También si se introduce una pequeña cantidad de gas A en un extremo de un tanque cerrado que contiene otro gas B, rápidamente el gas A se distribuirá uniformemente por todo el tanque. La difusión es una consecuencia del movimiento continuo y elástico de las moléculas gaseosas. Gases diferentes tienen distintas velocidades de difusión. Para obtener información cuantitativa sobre las velocidades de difusión se han hecho muchas determinaciones. En una técnica el gas se deja pasar por orificios pequeños a un espacio totalmente vacío; la distribución en estas condiciones se llama efusión y la velocidad de las moléculas es igual que en la difusión. Los resultados son expresados por la ley de Graham.

"La velocidad de difusión de un gas es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su densidad."

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

en donde v_1 y v_2 son las velocidades de difusión de los gases que se comparan y d_1 y d_2 son las densidades. Las densidades se pueden relacionar con la masa y el volumen porque ($d = \frac{m}{v}$); cuando M sea igual a la masa (peso) m molecular y v al volumen molecular, podemos establecer la siguiente relación entre las velocidades de difusión de dos gases y su peso molecular:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{M_2}{V_2}}}{\sqrt{\frac{M_1}{V_1}}} \qquad \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{M_2} \cdot \sqrt{V_1}}{\sqrt{V_2} \cdot \sqrt{M_1}}$$

y como los volúmenes moleculares de los gases en condiciones iguales de temperatura y presión son idénticos, es decir $V_1 = V_2$, en la ecuación anterior sus raíces cuadradas se cancelan, quedando:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

Es

decir: *la velocidad de difusión de un gas es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su peso molecular.*

Ejemplo 1

Un gas se difunde 5.0 veces más rápido que otro. Si el peso molecular (M) del primero es 20, ¿cuál es el peso molecular (M_2) del segundo?

Respuesta

Según la ley de difusión de Graham

$$\frac{v_{\text{gas 1}}}{v_{\text{gas 2}}} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

y las velocidades de difusión tienen la relación 5.0: 1.0

por lo que

$$\frac{v_{\text{gas 1}}}{v_{\text{gas 2}}} = \frac{5.0}{1.0} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{20}}$$

elevando ambos miembros al cuadrado

$$\frac{(5.0)^2}{(1.0)^2} = \frac{M_2}{20} \quad \therefore \quad \frac{25}{1} = \frac{M_2}{20} \quad \therefore \quad \frac{500}{1} = M_2$$

El peso molecular del segundo gas es **500**

Ejemplo 2

Calcúlese la velocidad relativa de efusión del hidrógeno y el oxígeno en idénticas condiciones

Respuesta

Los pesos moleculares son: H₂, 2,0; O₂, 32,0. Utilizando la ley de Graham se tiene:

$$\frac{\text{Velocidad (H}_2\text{)}}{\text{Velocidad (O}_2\text{)}} = \sqrt{\frac{M(\text{O}_2)}{M(\text{H}_2)}} = \sqrt{\frac{32,0}{2,0}} = \sqrt{16,0} = 4,0$$

La relación de la velocidad molecular media H₂:O₂ es 4,0 y esta también es la relación entre las velocidades de efusión de los dos gases.

Ejemplo 3

El NH₃ y HBr, ambos gaseosos, se difunden en sentidos opuestos a lo largo de un tubo estrecho (ver figura 1). ¿En que parte del tubo se encontrarán para formar NH₄Br?

Respuesta

En primer lugar se calculan las velocidades de difusión relativas de los dos gases, cuyos PM son: NH₃, 17 y HBr, 81.

$$\frac{\text{Velocidad (NH}_3\text{)}}{\text{Velocidad (HBr)}} = \sqrt{\frac{M(\text{HBr})}{M(\text{NH}_3)}} = \sqrt{\frac{81,0}{17,0}} = \sqrt{4,76} = 2,18$$

Luego, en el tiempo necesario para que ambos gases se encuentren, el NH_3 se habrá difundido 2,18 veces la distancia que se difundió el HBr . Si la longitud total del tubo es 3,18 unidades, los gases se encontrarán en un punto separado 2,18 unidades del extremo de partida del NH_3 , tal como se muestra en la figura 1. El NH_4Br se formará en el punto $2,18/3,18 = 0,69$ o, lo que es lo mismo, en un punto equivalente al 69% de la longitud del tubo contada a partir del extremo por donde se introduce el NH_3 .

Figura 1

