

Estequiometría

Generalidades

La estequiometría consiste en cuantificar la cantidad de material producido y consumido en una reacción química.

La unidad básica es el mol. Un mol es la cantidad de átomos en 12 gramos de Carbono¹² puro. Espectrometría de masas, técnica que cuenta los átomos de forma precisa, ha determinado éste número y se conoce como *Número de Avogadro* y su valor es 6.02×10^{23} . Es decir ésta es la cantidad de átomos que existen en un mol de cualquier elemento.

Un compuesto químico es una colección de átomos. Por ejemplo el Metano (CH_4) consiste en 4 átomos de Hidrógeno ($\text{PA}=1.008$ [gr/mol]) y un átomo de Carbono ($\text{PA}=12$ [gr/mol]). Entonces *Peso Molecular* del Metano será $4 \times (1.008) + 12 = 16.04$ [gr/mol]. Un mol de metano pesará 16 [gr], a esto se le conoce como *Masa Molar*.

Otro concepto es el cálculo de porcentajes de un determinado elemento en un compuesto. Por ejemplo la Calcopirita (CuFeS_2), la Bornita (Cu_5FeS_4) y la Calcosina (Cu_2S) son menas de Cobre (minerales de los cuales se extrae el Cobre). Uno posee mejor ley que los otros, es decir un mineral es más apreciado porque posee mayor porcentaje de Cobre en su estructura. Si $\text{PA}(\text{Cu})=63.55$ [gr/mol], $\text{PA}(\text{Fe})=55.85$ [gr/mol], $\text{PA}(\text{S})=32.06$ [gr/mol]. El porcentaje de Cobre en cada mineral será:

$$\text{CuFeS}_2 = \frac{63.55}{63.55 + 55.85 + 2 \cdot 32.06} \cdot 100\% = 34.63\%$$

$$\text{Cu}_5\text{FeS}_4 = \frac{5 \cdot 63.55}{5 \cdot 63.55 + 55.85 + 4 \cdot 32.06} \cdot 100\% = 63.32\%$$

$$\text{Cu}_2\text{S} = \frac{2 \cdot 63.55}{2 \cdot 63.55 + 32.06} \cdot 100\% = 79.86\%$$

Entonces el que posee mayor ley es la Calcosina (Cu_2S).

Las reacciones químicas involucran una reorganización de los átomos en una o más sustancias. Por generalidad identificamos en una ecuación a los reactantes o reactivos (lado izquierdo) y a los productos (lado derecho).

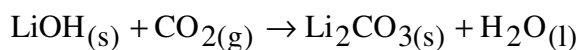
Para balancear éstas ecuaciones (debe existir la misma cantidad de moles al inicio y al final). Cuando balanceamos la ecuación, siempre partimos de la molécula más complicada (ya sea porque tiene un elemento raro o porque posee la mayor cantidad de átomos), luego ajustamos las otras cantidades multiplicando por un número entero o una fracción. En lo ideal, siempre queden con números enteros al final (multiplicar por factor común). Ejemplo: En la combustión del etanol: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, primero vemos la molécula más complicada (etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), acá tenemos 2 Carbonos... inmediatamente escribimos 2 Carbonos en el CO_2 del lado derecho.

$C_2H_5OH + O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$. Luego vemos los Hidrógenos... Tenemos 6 al lado izquierdo y sólo 2 al lado derecho, entonces amplificamos por 3... $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$. Tenemos 7 Oxígenos al lado derecho y sólo 3 al lado izquierdo... Amplificamos por 2... $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$. Luego queda balanceada...

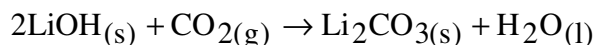
Para la reacción $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + H_2O + Cr_2O_3$, parten con Nitrógeno (listo), luego con Hidrógeno (8 a la izq. entonces amplifico agua por 4). Luego cuento los Oxígenos (7 a la izq. y 7 a la der.) y los Cromos (2 y 2). $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + 4H_2O + Cr_2O_3$.

Problema 1

El hidróxido de Litio es usado en vehículos espaciales para remover el Dióxido de Carbono de la respiración, para formar Carbonato de Litio sólido y agua líquida. ¿Cuánta masa de CO_2 puede absorberse por 1 kg. de $LiOH$? $PA(Li)=6.941$, $PA(O)=16$, $PA(H)=1.008$. $PA(C)=12$



Balanceando



Calculando Pesos Moleculares:

$$PM(LiOH) = 23.95 \text{ gr / mol}$$

$$PM(CO_2) = 44 \text{ gr / mol}$$

En la reacción: 2 moles de $LiOH$ + 1 mol de CO_2 producen 1 mol de agua y 1 mol de carbonato de Litio... Es decir por 2 moles de $LiOH$, necesitamos 1 mol de CO_2 siempre.

$$\text{En 1kg de } LiOH \text{ hay } \frac{m}{PM(LiOH)} = \frac{1[kg]}{23.95 \left[\frac{kg}{kmol} \right]} = 0.04[kmol] = 41.75[mol]:$$

Ahora hacemos una pequeña proporción... (regla de tres).

$$\frac{2}{1} = \frac{23.95}{x} \rightarrow x = 20.9$$

Corresponde a la cantidad de moles de CO_2 , por cada 2 moles de $LiOH$ hay 1 de CO_2 .

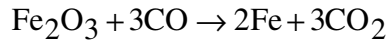
Con ésto calculamos el peso absorbido de Dióxido de Carbono.

$$m = 44 \left[\frac{gr}{mol} \right] \cdot 20.9[mol] = 919.60[gr]$$

Es decir cada kilo de $LiOH$ absorben 919[gr] de anhídrido carbónico.

Problema 2

En un alto horno pirometalúrgico, la hematita (Fe_2O_3) se convierte en Hierro puro fundido. Se obtienen 1640kg de Hierro puro a partir de 2620kg de una muestra de Hematita. Calcular la pureza de la Hematita. $\text{PA}(\text{Fe})=55.85$, $\text{PA}(\text{O})=16$



$$\text{PA}(\text{Fe})=55.85 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{PM}(\text{Hematita})=159.7 \text{ kg/kmol}$$

La reacción es 1:2, es decir un mol de hematita produce 2 moles de Fe.

$$\text{moles}(\text{Fe}) = \frac{1.64 \cdot 10^3 [\text{kg}]}{55.85 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right]} = 29.36 [\text{kmol}]$$

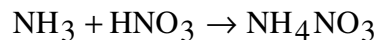
$$\frac{2 [\text{kmol}]_{\text{Fe}}}{1 [\text{kmol}]_{\text{Fe}}} = \frac{29.39 [\text{kmol}]}{x} \rightarrow x = 14.68 [\text{kmol}]$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159.7 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right] \cdot 14.68 [\text{kmol}] = 2344.4 [\text{kg}]$$

$$\% \text{pureza} = \frac{2344.4}{2620} \cdot 100\% = 89.48\%$$

Problema 3

En un proceso, 500 [kg] de Amoníaco reaccionan con 560 [kg] de ácido Nítrico para dar 698 [kg] de Nitrato de Amonio. Calcule el rendimiento de la Operación. $\text{PM}(\text{NH}_3)=17.03$, $\text{PM}(\text{HNO}_3)=63.02$, $\text{PM}(\text{NH}_4\text{NO}_3)=80.05$.



Es una reacción 1:1, es decir por 1 mol de amoníaco y 1 mol de ácido nítrico se forma 1 mol de nitrato de amonio.

Tengo:

$$500 [\text{kg}] / 17.03 [\text{kg/kmol}] = 29359.95 [\text{mol}] \text{ NH}_3$$

$$560 [\text{kg}] / 63.02 [\text{kg/kmol}] = 8886.07 [\text{mol}] \text{ HNO}_3$$

Si por cada mol de amoníaco necesito 1 mol de ácido... Entonces llegará un momento en que el amoníaco se "comerá" todos los moles de HNO_3 , sobrando $29359.95 - 8886.07 = 20473.88$ moles de amoníaco... Por limitar la reacción, al ácido nítrico se le conoce como *reactivo limitante*. Pongan el caso de hombres y mujeres que van a una fiesta, si van más hombres que mujeres y todas las mujeres terminan bailando con un hombre... van a quedar hombres solos (y sin bailar)... en éste caso las mujeres serán el reactivo limitante. ¿Qué nos importa a nosotros?. Dosificar bien, puesto que está sobrando reactivo y eso cuesta dinero.

Entonces si la relación es 1:1, se formarán 8886.07 moles de nitrato de amonio por 8886.07 moles de amoníaco y 8886.07 moles de ácido nítrico.

Al final se formarán $8886.07[\text{mol}] \cdot 80.05[\text{g/mol}] = 711329.90 [\text{gr}] = 711.33 [\text{kg}]$ de nitrato de amonio. La eficiencia del proceso será el cuociente entre lo que sale en realidad y entre el valor teórico (calculado).

$$\eta_{\text{proceso}} = \frac{698}{711.33} = 0.98 \rightarrow 98\%$$

****Si se dan cuenta no es nada del otro mundo y es sólo jugar con unidades****