

Tema N° 13

Estudio de las Reacciones químicas. Estequiometria

A medida que avanzamos en edad, los juegos y experiencias que realizamos, van variando en función de las inquietudes y pensamientos que tengamos.

En mi caso, **sobre los doce años de edad**, descubrí sin saberlo el mundo de la Química. Jugaba a **mezclar pastillas de medicamentos con agua**, luego mezclaba los líquidos obtenidos esperando que pasara algo, **lógicamente no pasaba nada**. Más tarde las experiencias se hicieron más serias y más peligrosas, a pesar de que yo no lo sabía, no pensaba en las consecuencias. Hacía, bueno realizábamos, porque éramos varios en el grupo, **cohetes**. No sé cómo nos enteramos pero **mezclando azufre con clorato potásico** se forma una mezcla, que con una cerilla iniciábamos una reacción química con desprendimiento de gases en sentido contrario al desplazamiento del cohete. Sin saberlo estábamos en el mundo de la Química.

La siguiente etapa en nuestras vidas se centraba en el mundo de los efectos de las **hormonas** sobre **nuestro organismo** y **sobre nuestros pensamientos**. Me reencontré con la Química al estudiar el 4° de Bachillerato (Antiguo Bachillerato, 1965).

Hoy día, en nuestro Plan de Estudios, la Física y la Química se estudian conjuntamente en 3°, 4° de E.S.O y 1° de Bachillerato. En 2° de Bachillerato se separan las dos

ciencias e incluso en la Universidad se estudia Ciencias Físicas y Ciencias Químicas como dos carreras diferentes. Yo, como Profesor de Física-Química pienso que desde un principio tendrían que venir separadas las dos ramas de la Ciencia. Existen muy pocos temas en donde existen conatos de unir la Física y la Química. Un ejemplo lo encontramos en el Tema de Cinética Química en donde aplicamos el concepto de Velocidad de Reacción igual que se hace en Física.

Pero sí, existe un motivo por el cual la Física y La Química se estudian conjuntamente en las etapas mencionadas anteriormente. **Se estudian conjuntamente porque las dos Ciencias tienen un mismo objetivo, el estudio de la MATERIA.** La estudian desde puntos de vista diferentes pero **es** el objetivo tanto de la Física como de la Química.

Contenido temático

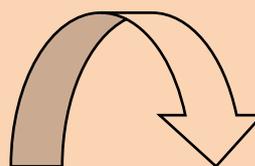
1.- Estudio de las Reacciones Químicas

1.1.- Clasificación Energética de las Reacciones Químicas

1.2.- Clasificación General de las Reacciones Químicas

2.- Ajuste de las reacciones Químicas. Ley de Conservación de la Masa

3.- Ecuación General de los Gases Perfectos



1.- Estudio de las Reacciones Químicas

Podríamos dar una definición de la **Química**: **Ciencia que tiene por objeto el estudio de la MATERIA y de las Transformaciones químicas de la misma.**

Física: **Ciencia que tiene por objeto el estudio de las Transformaciones Físicas de la Materia.**

Pueden existir **definiciones ambiguas**, pero la que hemos dado de Física y algo menos la de Química **No pueden serlo más de lo que son**. Hemos definido la Física y la Química en función de algo que no conocemos, **Las transformaciones físicas y químicas de la Materia**. Arreglaremos el problema explicando en qué consisten estas Transformaciones.

Estudio de las reacciones químicas

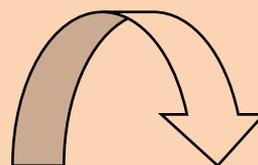
http://www.fisicanet.com.ar/quimica/compuestos/ap02_reacciones_quimicas.php

Reacciones químicas (Muy buena)

http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyg3/tema6/index6.htm

Estudio de las reacciones químicas

http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/EDAD_3eso_reacciones_quimicas_1/3quincena9/3q9_index.htm



Transformaciones Químicas de la Materia

Vamos a realizar la experiencia de mezclar carbonato de calcio (mármol), CaCO_3 , con ácido clorhídrico, HCl .



El **carbonato de calcio** es un **sólido** como indica el paréntesis a la derecha de la fórmula, está compuesto por **Calcio**, **Carbono** y **Oxígeno**. El sólido tiene un **entramado cristalino** que da al compuesto una **estructura interna** y tiene **unas propiedades físicas y químicas determinadas**. El ácido clorhídrico es **líquido** y está formado por átomos de **Hidrógeno** y átomos de **Cloro**. Dicho de otra forma, estos dos compuestos químicos tienen:

- a) **Una composición** (átomos que los forman)
- b) **Una estructura interna**
- c) **Unas propiedades**

Cuando se mezclan estos dos compuestos químicos se produce una transformación, llamada **Reacción Química**, que lleva consigo la obtención de otros compuestos químicos:



Obtenemos tres compuestos químicos totalmente diferentes a los que se mezclaron en un principio: **Cloruro de calcio**, CaCl_2 , **Dióxido de Carbono**, CO_2 , y **Agua**, H_2O . Si observamos la reacción en conjunto:



Podemos establecer unas diferencias:

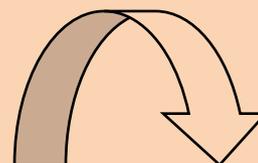
- En los dos miembros de la reacción no hay compuestos químicos con la misma fórmula. Ha habido una reorganización de átomos.
- La reorganización de átomos ha hecho posible que aparezca un compuesto en estado gas, CO_2 .
- Los compuestos obtenidos son diferentes.

Por todo ello podemos concluir que una **Transformación Química** de la **MATERIA** implica un **Cambio** en:

- La **composición** (átomos constituyentes) de los compuestos químicos.
- En la **estructura** de los compuestos.
- Con los dos cambios anteriores, se han producido compuestos químicos distintos y tendrán, por tanto, **distintas propiedades físicas y químicas**.

Nueva experiencia:

Tenemos en un plano horizontal un pequeño bloque de mármol. En un principio está en la **posición A** y más tarde en la **posición B**:



Para que el mármol pase de (A) a (B):

- a) Hemos ejercido una **fuerza** sobre él
- b) Ha recorrido un **espacio**
- c) Se ha tardado un **tiempo** en el proceso
- d) El mármol ha llevado una **velocidad** en el traslado

El **mármol** ha sufrido un cambio de posición e influyen varias magnitudes en dicho cambio pero una vez en la posición (B) el **mármol** sigue siendo **mármol**. El compuesto químico, **CaCO₃**, sigue siendo el mismo compuesto, **CaCO₃**. Se ha producido una **Transformación Física de la Materia**.

Si calentamos Agua al llegar a la temperatura de 100 ° tiene lugar el proceso:



En la derecha y en la izquierda de la reacción el compuesto es el mismo, **agua**, pero en diferente **estado de agregación**. **Líquido** en la izquierda y **gas** en la derecha. No se trata de una **Transformación Química**, no se han obtenido compuestos químicos distintos.

Transformaciones físicas y químicas de la materia
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/35_las_reacciones_quimicas/curso/index.html

Nuestro objetivo es el estudio de las **Transformaciones químicas de la Materia**, es decir, del estudio de las **Reacciones Químicas**.

Una **reacción química** está compuesta por dos miembros:



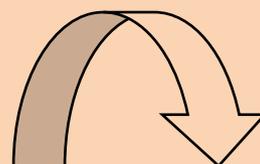
Los compuestos químicos de la **izquierda**, de la reacción química, reciben el nombre de **Reactivos de reacción** y los de la **derecha** se les llama **Productos de reacción**.



Reactivos de reacción

Productos de reacción

Muchos profesores llaman a la **Reacción Química**, **Ecuación Química**. No lo considero correcto porque a pesar de que **SÍ** existe una igualdad entre los dos miembros de la reacción, no es la **igualdad** que nosotros conocemos de **Matemáticas**. No se cumple que la parte izquierda de la reacción es igual a la parte de la derecha de la reacción, **la prueba está en el hecho de que los Reactivos son distintos a los Productos de reacción**. Cuando estemos estudiando la cantidad de producto que queremos obtener o la cantidad de reactivo que nos hace falta para obtener una cantidad determinada de producto **SÍ** podremos decir que la **Reacción Química** es una **Ecuación Matemática** en base a la ley de **CONSERVACIÓN DE LA MASA** que en principio podemos enunciarla de la forma: **El número de átomos de un elemento químico en la izquierda de la reacción es igual al número de átomos de ese mismo elemento en la derecha de la reacción química.**



Para que una **Reacción Química** tenga lugar es necesario una serie de pasos:

- a) Los **enlaces que unen los átomos de las moléculas de los Reactivos se rompan**. Los átomos quedan en libertad
- b) Los átomos **se reorganizan** y obtenemos los **Productos de Reacción**, totalmente diferentes a los reactivos, es decir:



Los enlaces que mantienen unidos los átomos de **Ca**, **C** y **O** en el carbonato de calcio (**CaCO₃**) **se deben romper**. Lo mismo debe ocurrir con los enlaces que mantienen unidos los átomos de **H** y **Cl**, en el ácido clorhídrico, **HCl**. La posterior **reorganización de átomos, con la respectiva formación de nuevos enlaces**, nos permite obtener las moléculas de los **Productos de reacción**.

1.1.- Clasificación Energética de las reacciones Químicas

En toda reacción química existe un **balance energético** y en función de él las reacciones se clasifican en:

Reacciones químicas Exotérmicas y Endotérmicas

<http://html.rincondelvago.com/reacciones-exotermicas-y-endotermicas.html>

Video: Reacción exotérmica explosiva (agua + sodio)

<http://www.youtube.com/watch?v=ApdNw9Xtb9o>

- a) Reacciones **Endotérmicas**.- Debemos aportar a las moléculas de los Reactivos la energía suficiente para que se rompan los enlaces.
- b) Reacciones **Exotérmicas**.- Las propias moléculas de los Reactivos tienen la cantidad de energía necesaria para romper sus propios enlaces. En estas reacciones además de los Productos también obtenemos **Energía** en forma de **Calor**.

Un ejemplo muy cotidiano de reacción **Exotérmica** lo tenemos en casa, si nuestras madres tienen cocinas que funcionan con **gas Butano**. La reacción que tiene lugar en la cocina de casa es:



Esta energía que se libera, es la que se utiliza en la **cocción** de los alimentos.

Como ejemplo de reacción **Endotérmica** podemos mencionar la importantísima reacción de **fotosíntesis** que tiene lugar en las plantas y productora del Oxígeno que respiramos:



Esta reacción de **Fotosíntesis** consta de varias etapas en donde se alternan **Transformaciones Físicas** y **Químicas** de la Materia:

- a) **Transformación Física**.- La hoja de la planta toma el **Dióxido de carbono**, CO_2 , existente en el aire
- b) **Transformación Física**.- La planta absorbe mediante sus raíces el **agua** existente en el suelo

- c) **Transformación Química.** - El agua se transforma en H_2 y O_2
- d) **Transformación Física.** - El **Oxígeno** se desprende de la planta y a pasa a la atmosfera
- e) **Transformación Química.** - El Hidrógeno, H_2 , reacciona con el **Dióxido de carbono** para formar almidón que queda almacenado en la propia planta

1.2.- Clasificación General de las reacciones Químicas

Video: Ejemplos de reacciones químicas

<http://www.youtube.com/watch?v=VGWIjUiDsRI>

Tipos de reacciones químicas

<http://es.scribd.com/doc/20821913/Tipos-de-reacciones-quimicas>

Tipos de reacciones químicas (MUY BUENO)

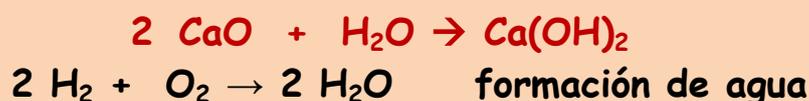
<http://www.slideshare.net/guest67705d/tipos-de-reacciones-quimicas-528181>

Tipos de reacciones químicas

http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/Reacciones_quimicas.htm

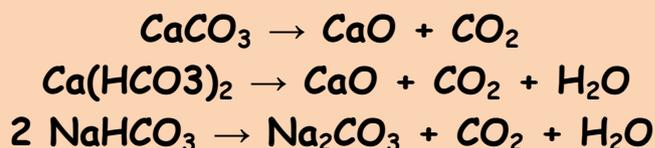
Las Reacciones Químicas se pueden clasificar en:

- a) **Reacciones Síntesis.** - Son aquellas en donde dos o más productos químicos se unen para formar un solo compuesto químico. Como ejemplo:

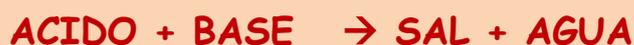




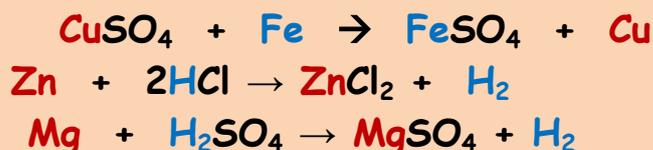
b) **Reacciones de Descomposición.** - Son lo opuesto a las Reacciones de Síntesis.



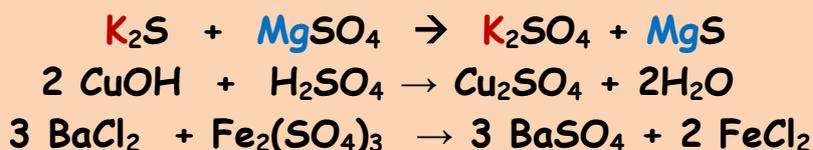
c) **Reacciones de Neutralización.** - Un Ácido y una Base (sustancias que pueden llegar a ser muy corrosivas) se neutralizan mutuamente perdiendo su característica corrosiva. Se obtiene como consecuencia de esta reacción una Sal y Agua:



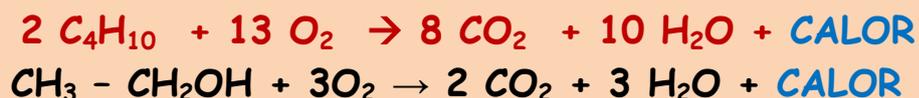
d) **Reacciones de Desplazamiento.** - Se produce cuando un átomo sustituye a otro en una molécula. Como ejemplo tenemos:



e) **Reacciones de doble Desplazamiento.** - Se produce un intercambio de átomos entre dos compuestos químicos:



f) **Reacciones de Combustión.** - Todo compuesto químico orgánico con el oxígeno del aire nos proporciona Dióxido de carbono, Agua y Energía. Como ejemplo podemos citar la realizada en la cocina a gas Butano:



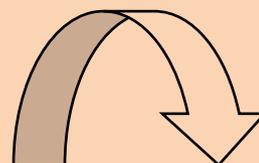
En algunas reacciones expuestas aparecen unos coeficientes numéricos de los cuales no sabemos nada, ¿cuál es su función?:



Pasamos rápidamente a explicar la existencia de estos coeficientes numéricos.

2.- Ajuste de las Reacciones Químicas. Ley de Conservación de la Masa. Coeficientes Indeterminados

Cuando queremos cuantificar una reacción química nos adentramos en unos cálculos que constituyen la Estequiometría de Reacción. Esta nos determina las cantidades de Reactivos de Reacción necesarios para la obtención de los Productos de reacción. La Estequiometría determina la existencia de los coeficientes numéricos tanto en Reactivos como en Productos de Reacción:



La cuantificación de una Reacción Química queda establecida en la **Ley de Conservación de la Masa**. Establecida por **Lavoisier**:

"En toda Reacción Química la Masa permanece Constante"

Dicho de otra forma:

La **masa de los reactivos** puesta en juego es **igual a la masa de los productos obtenidos**.

Supongamos la reacción:



La masa de CaCO_3 puesta en juego es de **20 gramos** y la masa de HCl es de **40 g**, la **masa total de los reactivos** puesta en juego es **$20 + 40 = 60$ gramos**. Si la reacción es completa, es decir, si reacciona todo el CaCO_3 con todo el HCl , la **suma de las masas obtenidas de CaCl_2 , CO_2 y H_2O** debe ser **60 gramos**. Podemos poner la siguiente igualdad:

$$\text{masa}_{\text{CaCO}_3} + \text{masa}_{\text{HCl}} = \text{masa}_{\text{CaCl}_2} + \text{masa}_{\text{CO}_2} + \text{masa}_{\text{H}_2\text{O}}$$

Para que se cumpla la ley de **Conservación de la Masa** debemos descender, en la reacción química a nivel molecular y dentro de las moléculas a nivel atómico. Esta ley, en este nivel atómico diría que: **El número de átomos de un elemento químico, en la Izquierda de la reacción química, debe ser igual al número de átomos de ese mismo elemento químico en la Derecha de la reacción química.**

ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

Esta ley es la que justifica la **existencia de los coeficientes numéricos** en las reacciones químicas. Si trabajamos con la reacción:



Contamos átomos:

E.QUÍMICO Nº ÁTOMOS IZQUIERDA Nº ÁTOMOS DERECHA

Ca	1	1
C	1	1
O	3	3
H	1	2
Cl	1	2

La reacción no cumple la ley de **Conservación de la Masa**. Para que se cumpla deberemos **Ajustar** la reacción química. El ajuste hará posible que el **número de átomos**, de un mismo elemento químico, **sea el mismo** en los dos miembros de la reacción. Es en este punto de las reacciones químicas cuando a la **reacción química** la podemos llamar **ECUACIÓN QUÍMICA**.

Para ajustar una reacción química podemos seguir dos procedimientos:

- Cálculo mental** (por tanteo).
- Método de los **Coefficientes Indeterminados**.- Consiste en plantear un conjunto de ecuaciones y resolverlas. A

veces puede ser más largo que el apartado a) pero **Nunca Falla.**

Acabamos de demostrar que la reacción:



No está ajustada. Procedamos a ello.

a) **Por cálculo mental:**

Si ponemos un **2** como coeficiente del **HCl**, la reacción ya está ajustada:



Contar los átomos y comprobar

b) **Por Coeficientes Indeterminados:**

El método consiste en poner delante de cada compuesto químico un coeficiente literal:



Con estos coeficientes literales establecemos las ecuaciones que igualen el número de átomos de un mismo elemento en la izquierda y derecha de la reacción. Para ello multiplicaremos el subíndice que lleva cada elemento por el coeficiente correspondiente. Para no liarnos seguiremos el orden en que aparecen los elementos químicos en la reacción:

IZQUIERDA = DERECHA

$$\text{Ca: } 1 \cdot a = 1 \cdot c \rightarrow a = c \quad (1)$$

$$\text{C : } 1 \cdot a = 1 \cdot d \rightarrow a = d \quad (2)$$

$$\text{O: } 3 \cdot a = 2 \cdot d + 1 \cdot e \rightarrow 3 a = 2 d + e \quad (3)$$

$$\text{H: } 1 \cdot b = 2 \cdot e \rightarrow b = 2 e \quad (4)$$

$$\text{Cl: } 1 \cdot b = 2 \cdot c \rightarrow b = 2 c \quad (5)$$

Una vez establecidas las ecuaciones, a una de las incógnitas le vamos a dar el valor de la **UNIDAD**, con una condición, **que nos permita conocer otra incógnita**. Si eliminamos quebrados mucho mejor para hacer los cálculos matemáticos más sencillos:

En la ecuación (1) haremos que $a = 1$ lo que implica que $c = 1$ y $d = 1$. De la (5): $b = 2 \cdot c \rightarrow b = 2 \cdot 1 = 2$ y de la (4) $b = 2 e \rightarrow 2 = 2 e \rightarrow$

$$\rightarrow e = 2/2 = 1$$

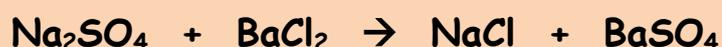
Llevamos los valores de los coeficientes literales a la reacción y comprobamos si está ajustada. Si el coeficiente tiene como valor la **UNIDAD** no hace falta que la pongamos en la reacción:



La reacción está ajustada.

Ejemplo resuelto

Ajustar por Coeficientes Indeterminados la reacción:



Resolución

Interesa que antes de aplicar el método comprobéis si la reacción ya está ajustada. **NO LO ESTÁ**. Procedemos al ajuste.



$$\text{Na: } 2 \cdot a = 1 \cdot c \rightarrow 2a = c \quad (1)$$

$$\text{S: } 1 \cdot a = 1 \cdot d \rightarrow a = d \quad (2)$$

$$\text{O: } 4 \cdot a = 4 \cdot d \rightarrow a = d \quad (3)$$

$$\text{Ba: } 1 \cdot a = 1 \cdot d \rightarrow a = d \quad (4)$$

$$\text{Cl: } 2 \cdot b = 1 \cdot c \rightarrow 2b = c \quad (5)$$

$$\text{Si en (1) hacemos } a = 1 \rightarrow c = 2$$

$$\text{De (2)} \rightarrow d = 1$$

$$\text{DE (5)} \rightarrow 2b = 2 \rightarrow b = 1$$

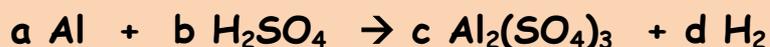
Nos vamos a la reacción, sustituimos los coeficientes por sus valores y comprobamos si está ajustada:



La reacción está ajustada.

Ejercicio resuelto

Ajustar por Coeficientes Indeterminados la reacción:

**Resolución**

ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

$$\text{Al: } 1 \cdot a = 2 \cdot c \rightarrow a = 2c \quad (1)$$

$$\text{H: } 2 \cdot b = 2 \cdot d \rightarrow 2b = 2d \quad (2)$$

$$\text{S: } 1 \cdot b = 3 \cdot c \rightarrow b = 3c \quad (3)$$

$$\text{O: } 4 \cdot b = 12 \cdot c \rightarrow 4b = 12c \quad (4)$$

$$\text{De (1) } c = 1 \rightarrow a = 2$$

$$\text{En (3) } b = 3 \cdot 1 = 3$$

$$\text{De (2) } 2 \cdot 3 = 2d \quad ; \quad 6 = 2d \quad ; \quad d = 6/2 = 3$$

Nos vamos a la reacción y sustituimos los valores:



Reacción ajustada

Ejercicio resuelto

Ajustar por Coeficientes Indeterminados la reacción química:



Resolución



$$\text{Fe: } 1 \cdot a = 2 \cdot c \rightarrow a = 2c \quad (1)$$

$$\text{S: } 1 \cdot a = 1 \cdot d \rightarrow a = d \quad (2)$$

$$\text{O: } 2 \cdot b = 3 \cdot c + 2 \cdot d \rightarrow 2b = 3c + 2d \quad (3)$$

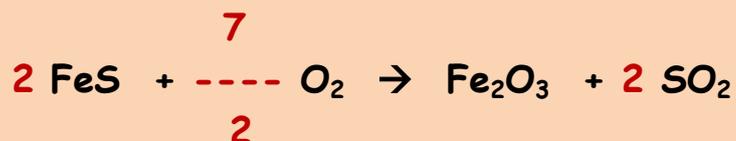
$$\text{De (1) } c = 1 \rightarrow a = 2$$

$$\text{De (2) } 2 = d$$

$$\text{De (3)} \quad 2b = 3 \cdot 1 + 2 \cdot 2 ; 2b = 3 + 4 ; 2b = 7$$

$$b = 7/2$$

Nos vamos a la reacción química:



La reacción está ajustada, pero si no os gusta el coeficiente 7/2 podéis trabajar como en una ecuación matemática y quitar denominadores:



Reacción ajustada

3.- Ecuación General de los Gases perfectos.

En las reacciones químicas es muy frecuente la existencia de reactivos o productos de reacción que se encuentran en estado **GAS**. Todos sabemos de la dificultad de medir la **masa de un gas**, es mucho más sencillo medir **el volumen**. Por ello vamos a realizar un repaso del **ESTADO GAS**.

Supongamos un gas que se encuentra en unas condiciones de Presión, Volumen y Temperatura. El gas sufre una transformación (cambia, por ejemplo una de las magnitudes anteriormente mencionadas) y cambian por lo tanto las otras magnitudes, obteniendo unas condiciones distintas a las iniciales. Me explicaré:

CONDICIONES INICIALES

CONDICIONES FINALES

Presión	P_o				
		Transformación	→		
Volumen	V_o				V_F
Temperatura	T_o				T_F

Realicemos para cada una de las condiciones la operación:

$$\frac{P \cdot V}{T}$$

$$\frac{P_o \cdot V_o}{T_o} = K$$

$$\frac{P_F \cdot V_F}{T_F} = K$$

Como vemos la operación $P \cdot V / T$ tiene el mismo valor antes y después de la transformación. Esto nos lleva a decir:

$$\frac{P \cdot V}{T} = R \text{ (constante) (1)}$$

De (1) podemos quitar denominadores:

$$P \cdot V = R \cdot T \quad (\text{para 1 mol de gas})$$

Si tenemos "n" moles, la ecuación anterior queda de la forma:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Ecuación General de los Gases Perfectos

ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

En donde:

P = Presión en Atm.

V = Volumen en L.

n = nº de moles = masa/Mm.

R = Constante General de los Gases Perfectos

R = 0,082 (atm . L) / (mol . K)

T = Temperatura Kelvin.

Esta ecuación nos permitirá pasar de masa a volumen y viceversa en el mundo de los Gases. En función de la igualdad del nº de moles (m/Mm), la ecuación anterior la podemos expresar de la forma:

$$P \cdot V = \frac{m}{Mm} \cdot R \cdot T$$

Ejercicio resuelto

El cobre reacciona con el ácido sulfúrico según la ecuación:



Si se tienen 30 g de cobre, calcular:

a) ¿Qué cantidad de H₂SO₄ será necesaria para reaccionar con los 30 gramos de Cu?.

b) Número de moles de SO₂ que se desprenden.

c) Masa de CuSO₄ que se forma.

DATOS: Masas atómicas: H = 1 u ; S = 32 u ; O = 16 u ;

Cu = 63,54 u

Resolución

Lo primero que tenemos que estudiar es si la reacción química está ajustada. **No está ajustada**. Procedemos al ajuste de la misma:



$$\text{Cu: } 1 \cdot a = 1 \cdot d \rightarrow a = d \quad (1)$$

$$\text{H: } 2 \cdot b = 2 \cdot e \rightarrow b = e \quad (2)$$

$$\text{S: } 1 \cdot b = 1 \cdot c + 1 \cdot d \rightarrow b = c + d \quad (3)$$

$$\text{O: } 4 \cdot b = 2 \cdot c + 2 \cdot d + 1 \cdot e \quad (4)$$

$$\text{De (1) } a = 1 \rightarrow d = 1 \rightarrow b = 1 \rightarrow e = 1$$

$$\text{De (4) } 4 \cdot 1 = 2 \cdot c + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 ; 4 = 2c + 3 ; 2c = 4 - 3 ; c = \frac{1}{2}$$

Llevamos los coeficientes a la reacción:



Quitando denominadores:



Reacción ajustada

Vamos a leer la reacción química anterior:

2 moles de cobre reaccionan con 2 moles de ácido sulfúrico para obtener 1 mol de Dióxido de azufre, 2 moles de sulfato de cobre y 2 moles de agua.

ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

Vamos a llevar esta lectura a cada una de las cuestiones del ejercicio.

a)

Tenemos 30 g de Cu y nos piden la cantidad de Ac. Sulfúrico que nos hace falta para que reaccione todo el cobre.

La reacción nos dice que :

2 moles de Cu ----- Reaccionan con 2 moles H₂SO₄ (1)

Recordemos:

Ma Cu = 63,54 u

1 mol (átomo - gramo) Cu / 63,54 g Cu

Mm H₂SO₄ = 98 u (Calcular y constatar)

1 mol H₂SO₄ / 98 g de H₂SO₄

El estudio de (1) de la reacción lo podemos poner de la forma:

2 . 63,54 g de Cu ----- Reaccionan con 2 . 98 g de H₂SO₄

Tenemos la primera fase de una "regla de TRES" PARA CONTESTAR A LA CUESTIÓN:

2 . 63,54 g de Cu ----- Reaccionan con 2 . 98 g de H₂SO₄

Con 30 g de Cu ----- X

$$2 \cdot 63,5 \text{ g Cu} \cdot X = 30 \text{ g Cu} \cdot 2 \cdot 98 \text{ g de H}_2\text{SO}_4$$

$$X = (30 \text{ g Cu} \cdot 2 \cdot 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4) / (2 \cdot 63,5 \text{ g Cu}) =$$

$$= 46,3 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

Hemos utilizado la "regla de TRES" para que entendáis el cálculo. No suelo utilizar la regla de TRES. Por el FACTOR DE CONVERSIÓN quedaría de la siguiente forma:



Esta proporción la pondremos en función de cómo nos vienen los datos y lo que nos piden:

$$M_a \text{ Cu} = 63,54 \text{ u}$$

$$1 \text{ mol (átomo - gramo) Cu} / 63,54 \text{ g Cu}$$

$$M_m \text{ H}_2\text{SO}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{H: } 2 \cdot 1 \text{ u} = 2 \text{ u} \\ \text{S: } 1 \cdot 32 \text{ u} = 32 \text{ u} \\ \text{O: } 4 \cdot 16 \text{ u} = 64 \text{ u} \end{array} \right.$$

$$98 \text{ u} \rightarrow M_m \text{ H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ u}$$

$$1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 / 98 \text{ g de H}_2\text{SO}_4$$

Luego la proporción (2) la podemos expresar de la forma:

$$2 \cdot 63,54 \text{ g Cu} / 2 \cdot 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

Nuestra muestra inicial la traduciremos a gramos de H_2SO_4 :

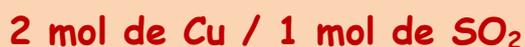
$$30 \text{ g Cu} \cdot \frac{2 \cdot 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{2 \cdot 63,54 \text{ g Cu}} = 46,3 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

Seguiremos trabajando con el factor de Conversión.

b)

Moles de SO_2 que se obtienen.

La reacción nos dice que:



Nos interesa dejar el SO_2 en moles.

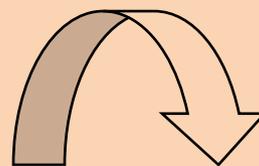


Los 30 g de Cu nos proporcionarán:

$$30 \text{ g Cu} \cdot \frac{1 \text{ mol SO}_2}{2 \cdot 63,54 \text{ g Cu}} = 0,23 \text{ moles SO}_2$$

c)

Masa de CuSO_4 se obtendrá.



La reacción dice:



Calculemos el mol de CuSO_4 :

$$\begin{array}{l} \text{Mm CuSO}_4 \left\{ \begin{array}{l} \text{Cu: } 1 \cdot 63,54 \text{ u} = 63,54 \text{ u} \\ \text{S: } 1 \cdot 32 \text{ u} = 32 \text{ u} \\ \text{O: } 4 \cdot 16 \text{ u} = 64 \text{ u} \end{array} \right. \\ \hline 159,54 \text{ u} \end{array}$$

$$1 \text{ mol CuSO}_4 = 159,54 \text{ g}$$

La proporción anterior la podemos poner:



Los 30 g de Cu nos proporcionaran:

$$30 \text{ g Cu} \cdot \frac{2 \cdot 159,54 \text{ g CuSO}_4}{2 \cdot 63,54 \text{ g Cu}} = 75,32 \text{ g CuSO}_4$$

Ejercicio resuelto

Calcular la cantidad en peso y en volumen de CO_2 (en C.N.) que se obtienen al tratar 380 g de carbonato de calcio con la cantidad estequiométrica de ácido clorhídrico. Calcular además, la cantidad de cloruro de calcio formado.

La reacción química que tiene lugar es:



ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

DATOS: Masas atómicas: Ca = 40 u ; C = 12 u ; O = 16 u ;
H = 1 u
Cl = 35,5 u

Resolución

La reacción no está ajustada. Procedemos al ajuste de la misma:



$$\text{Ca: } a = c \quad (1)$$

$$\text{C: } a = e \quad (2)$$

$$\text{O: } 3a = d + 2e \quad (3)$$

$$\text{H: } b = 2d \quad (4)$$

$$\text{Cl: } b = 2c \quad (5)$$

$$a = 1 \rightarrow c = 1 \rightarrow e = 1$$

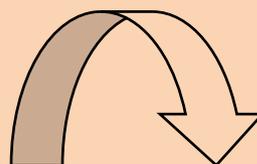
$$\text{De (4) } b = 2 \cdot 1 = 2$$

$$\text{De (5) } 2 = 2d \quad ; \quad d = 1$$

Nos vamos a la reacción química:



Reacción ajustada



a)

Masa y Volumen de CO_2 que se obtienen en C.N

La reacción química establece:



$$\begin{array}{l} \text{Mm CaCO}_3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca: } 1 \cdot 40 = 40 \text{ u} \\ \text{C: } 1 \cdot 12 \text{ u} = 12 \text{ u} \\ \text{O: } 3 \cdot 16 \text{ u} = 48 \text{ u} \\ \hline 100 \text{ u} ; 1 \text{ mol CaCO}_3 = 100 \text{ g} \end{array} \right. \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Mm CO}_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{C: } 1 \cdot 12 \text{ u} = 12 \text{ u} \\ \text{O: } 2 \cdot 16 \text{ u} = 32 \text{ u} \\ \hline 44 \text{ u} ; 1 \text{ mol CO}_2 = 44 \text{ g} \end{array} \right. \end{array}$$

La proporción anterior quedaría de la forma:



Con los 380 g CaCO_3 :

$$\cancel{380 \text{ g CaCO}_3} \cdot \frac{44 \text{ g CO}_2}{\cancel{100 \text{ g CaCO}_3}} = 167,2 \text{ g CO}_2$$

Como trabajamos en C.N:

$$1 \text{ mol CO}_2 / 22,4 \text{ L}$$

$$44 \text{ g CO}_2 / 22,4 \text{ L}$$

Los 167,2 g de CO₂:

$$167,2 \text{ g CO}_2 \cdot \frac{22,4 \text{ L CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} = 85,12 \text{ L de CO}_2 \text{ (C.N)}$$

b)

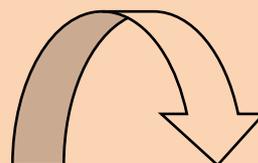
Cloruro de calcio, CaCl₂, que se obtiene.

La reacción establece:



$$\begin{array}{l} \text{Mm CaCl}_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Ca: } 1 \cdot 40 \text{ u} = 40 \text{ u} \\ \text{Cl} = 2 \cdot 35,5 \text{ u} = 71 \text{ u} \\ \hline 111 \text{ u} ; \quad 1 \text{ mol CaCl}_2 = 111 \text{ g} \end{array} \right. \end{array}$$

La proporción anterior:



ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

Con nuestra muestra inicial:

$$\cancel{380 \text{ g CaCO}_3} \cdot \frac{111 \text{ g CaCl}_2}{\cancel{100 \text{ g CaCO}_3}} = 421,8 \text{ g CaCl}_2$$

Ejercicio resuelto

Reaccionan 10 g de aluminio con gas oxígeno. ¿cuántos gramos de óxido de aluminio se forman?. Reacción química:



DATOS: Masas atómicas: Al = 27 u ; O = 16 u

Resolución

Ajustemos la reacción química:



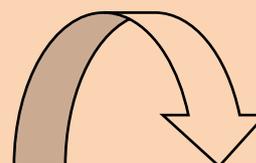
$$\text{Al: } a = 2c \quad (1)$$

$$\text{O: } 2b = 3c \quad (2)$$

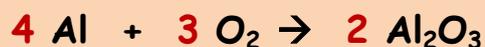
$$\text{De (1) } c = 1 \rightarrow a = 2$$

$$\text{De (2) } 2b = 3 \cdot 1 ; b = 3/2$$

Nos vamos a la reacción química:



Si quitamos denominadores:



Reacción ajustada

La reacción química nos indica que:



Ma Al = 27 u ; 1 mol (átomo - gramo) Al = 27 g

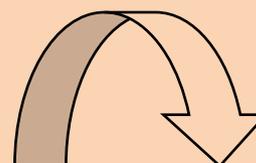
$$\begin{array}{l} \text{Mm Al}_2\text{O}_3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Al: } 2 \cdot 27 = 54 \text{ u} \\ \text{O: } 3 \cdot 16 \text{ u} = 48 \text{ u} \\ \hline 102 \text{ u} \end{array} \right. ; 1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3 = 102 \text{ g} \end{array}$$

La proporción anterior quedaría de la forma:



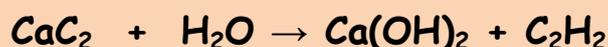
Con nuestra muestra inicial:

$$\cancel{10 \text{ g Al}} \cdot \frac{2 \cdot 102 \text{ g Al}_2\text{O}_3}{4 \cdot \cancel{27 \text{ g Al}}} = 18,9 \text{ g Al}_2\text{O}_3$$



Ejercicio resuelto

Se echan 50 g de carburo de calcio sobre agua y se obtiene acetileno (C_2H_2) según la siguiente reacción química:

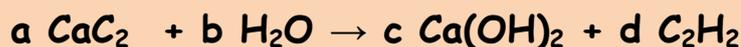


¿Qué cantidad máxima se puede lograr?

DATOS: Masas atómicas: Ca = 40 u ; C = 12 u ; H = 1 u ;
O = 16 u

Resolución

La reacción no está ajustada. Procedemos a ello:



$$Ca: a = c \quad (1)$$

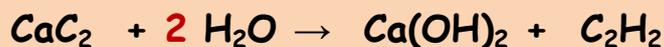
$$C: 2a = 2d \quad (2)$$

$$H: 2b = 2c \quad (3)$$

$$O: b = 2c \quad (4)$$

$$\text{De (1) } a = 1 \rightarrow c = 1 \rightarrow d = 1 \rightarrow b = 2$$

Nos vamos a la reacción:



Reacción ajustada

Según la reacción química:



Resolución

La reacción **NO ESTÁ AJUSTADA**. Procedamos al ajuste:



C: $a = c$ (1)

H: $4 a = 2 d$ (2)

O: $2 b = 2 c + d$ (3)

De (1) $a = 1 \rightarrow c = 1 \rightarrow d = 2$

De (3) $2 b = 2 \cdot 1 + 2$; $2 b = 4$; $b = 2$

Nos vamos a la reacción:



Reacción ajustada

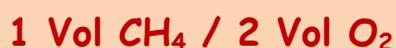
Cuando en una reacción química todos **SUS COMPONENTES SE ENCUENTRAN EN ESTADO GAS**, LOS COEFICIENTES NUMÉRICOS SE PUEDEN CONSIDERAR COMO VOLUMENES, ES DECIR:



a)

Volumen de O_2 consumido.

La reacción nos dice:



Si consideramos como unidad de volumen el Litro. Con nuestra muestra inicial:

$$200 \text{ L } \cancel{\text{CH}_4} \cdot \frac{2 \text{ L } \text{O}_2}{1 \text{ L } \cancel{\text{CH}_4}} = 400 \text{ L de O}_2$$

b)

Volumen de vapor de H₂O obtenido.

Según la reacción:



Con nuestra muestra inicial:

$$100 \text{ L } \cancel{\text{CH}_4} \cdot \frac{2 \text{ L } \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L } \cancel{\text{CH}_4}} = 200 \text{ L de H}_2\text{O}$$

Problema resuelto

Las bolsas de aire de seguridad de los automóviles se inflan con nitrógeno gaseoso generado por la rápida descomposición de azida de sodio (NaN₃). Reacción química:



Si una bolsa de aire tiene un volumen de 38 L y debe llenarse con nitrógeno gaseoso a una presión de 1,5 atm y a una

ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

temperatura de 25 °C, ¿cuántos gramos de acida deben descomponerse?

DATOS: Masas atómicas: Na = 23 u ; N = 14 u ; 

Resolución

Ajustemos la reacción química:



$$\text{Na: } a = b \quad (1)$$

$$\text{N: } 3 a = 2 c \quad (2)$$

$$\text{De (1) } a = 1 \rightarrow b = 1$$

$$\text{De (2) } 3 \cdot 1 = 2 \cdot c \quad ; \quad c = 3/2$$

Nos vamos a la reacción química:

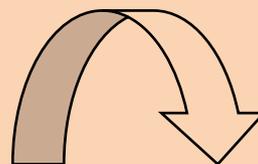


Si quitamos denominadores:



Reacción ajustada

Debemos obtener un Volumen de 38 L de N₂ (los gases ocupan el volumen del recipiente que los contiene) a una presión de 1,5 atm y a una temperatura de 25°C.



ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

Podemos conocer los moles de N_2 que debemos obtener:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1,5 \text{ atm} \cdot 38 \text{ L} = n \cdot 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K} (273+25)\text{K}$$

$$57 \text{ atm} \cdot \text{L} = n \cdot 24,43 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{mol}$$

$$n = 57 \text{ atm} \cdot \text{L} / 24,43 (\text{atm} \cdot \text{L/mol})$$

$$n = 57/24,43 = 2,33 \text{ moles de } N_2.$$

Debemos calcular los gramos de acida NaN_3 que debemos utilizar para obtener estos moles de N_2 .

La reacción nos dice que:



$$\begin{array}{l} \text{Mm } NaN_3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Na: } 1 \cdot 23 \text{ u} = 23 \text{ u} \\ \text{N: } 3 \cdot 14 \text{ u} = 42 \text{ u} \\ \hline 65 \text{ u} \end{array} \right. \end{array} ; \quad 1 \text{ mol } NaN_3 = 65 \text{ g}$$

La proporción anterior quedaría:



Los moles de N_2 necesarios saldrán de una cantidad de NaN_3 :

$$2,33 \text{ moles } N_2 \cdot \frac{2 \cdot 65 \text{ g } NaN_3}{3 \text{ moles } N_2} = 100,96 \text{ g } NaN_3$$

Problema resuelto

Tenemos 10 kg de cinc que hacemos reaccionar con todo el ácido

sulfúrico que se necesite. ¿Qué cantidad de hidrógeno se desprende?

Reacción química:



Datos: Masas atómicas: S = 32 u., O = 16 u., H = 1u., Zn = 65,4 u.

Resolución

La reacción está ajustada.

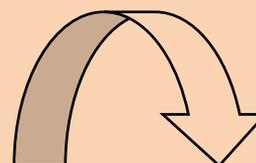
$$m_{\text{Zn}} = 10 \text{ Kg} \cdot 1000 \text{ g/1 Kg} = 10000 \text{ g}$$

La Reacción nos dice:



Ma Zn = 65,4 u ; 1 mol (átomo - gramo) Zn = 65,4 g

La proporción la podemos expresar de la forma:



ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

Nuestra muestra inicial implica:

$$10000 \text{ g Zn} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2}{65,4 \text{ g Zn}} = 152,9 \text{ moles H}_2$$

Estos moles implican una masa:

$$M_m \text{ H}_2 = 2 \cdot 1 = 2 \text{ u} ; \quad 1 \text{ mol H}_2 = 2 \text{ g}$$

$$152,9 \text{ moles H}_2 \cdot \frac{2 \text{ g de H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 305,8 \text{ g H}_2$$

Problema resuelto

Queremos quemar 14 kg de butano. ¿Cuánto oxígeno necesita?

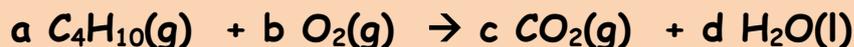
¿Cuánta agua se forma?. Reacción química:



Datos: Masas atómicas: C = 12 u., H = 1 u., O = 16 u.

Resolución

Ajuste de la reacción:



$$\text{C: } 4a = c \quad (1)$$

$$\text{H: } 10a = 2d \quad (2)$$

$$\text{O: } 2b = 2c + d \quad (3)$$

ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

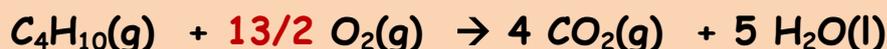
AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

$$\text{De (1) } a = 1 \rightarrow c = 4$$

$$\text{De (2) } 10 \cdot 1 = 2 d ; 10 = 2 d ; d = 5$$

$$\text{De (3) } 2 b = 2 \cdot 4 + 5 ; 2 b = 13 ; b = 13/2$$

Nos vamos a la reacción:



Quitamos denominadores:



Reacción ajustada.

$$\begin{aligned} \text{Muestra inicial } 14 \text{ Kg C}_4\text{H}_{10} &= 14 \cancel{\text{ Kg}} \cdot 1000 \text{ g} / 1 \cancel{\text{ Kg}} = \\ &= 14000 \text{ g C}_4\text{H}_{10} \end{aligned}$$

Oxígeno necesario para la combustión:

La reacción os dice que:



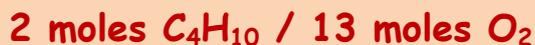
$$\begin{array}{l} \text{Mm C}_4\text{H}_{10} \left\{ \begin{array}{l} \text{C: } 4 \cdot 12 \text{ u} = 48 \text{ u} \\ \text{H: } 10 \cdot 1 \text{ u} = 10 \text{ u} \\ \hline 58 \text{ u} \end{array} \right. ; 1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10} = 58 \text{ g} \end{array}$$

$$\text{Mm O}_2 = 2 \cdot 16 \text{ u} = 32 \text{ u} ; 1 \text{ mol O}_2 = 32 \text{ g}$$

ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. ESTEQUIOMETRÍA

AUTOR: Antonio Zaragoza López www.quimiciencia.es

Según reacción:



Los 14000 g de C_4H_{10} se transforman en:

$$14000 \text{ g } C_4H_{10} \cdot \frac{13 \cdot 32 \text{ g } O_2}{2 \cdot 58 \text{ g } C_4H_{10}} =$$
$$= 50206,89 \text{ g } O_2$$

En lo referente al agua. Según la reacción:



$$\text{Mm } H_2O \left\{ \begin{array}{l} H: 2 \cdot 1 \text{ u} = 2 \text{ u} \\ O: 1 \cdot 16 \text{ u} = 16 \text{ u} \end{array} \right.$$
$$\text{-----}$$
$$18 \text{ u} \quad ; \quad 1 \text{ mol } H_2O = 18 \text{ g}$$

La proporción anterior quedará de la forma:



Con los 14000 g de C_4H_{10} :

$$14000 \text{ g } C_4H_{10} \cdot \frac{10 \cdot 18 \text{ g } H_2O}{2 \cdot 58 \text{ g } C_4H_{10}} = 21724,14 \text{ g } H_2O$$

----- O -----