



GUÍA 3 DE QUÍMICA: ECUACIONES QUÍMICAS

PROF. RODRIGO NAVAS F.

NOMBRE: _____

I. INTRODUCCIÓN

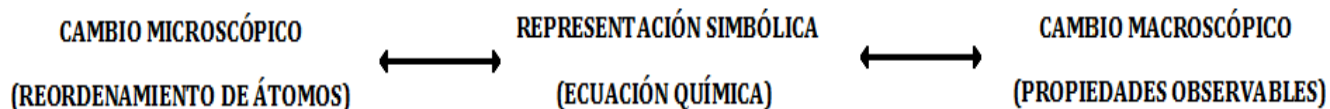
De acuerdo con un análisis anterior, podemos definir Química como un **CONJUNTO ORDENADO DE CONOCIMIENTOS OBTENIDOS POR MEDIO DEL USO DEL MÉTODO CIENTÍFICO REFERIDOS AL COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS EN LOS CUALES OCURRE UNA TRANSFORMACIÓN DE MATERIA.**

Si bien ya se ha definido a) materia en términos clásicos y contemporáneos y b) su transformación tanto a nivel microscópico como reordenamientos de átomos, como a nivel macroscópico como un cambio en las propiedades observables, tales como estados de agregación, color, olor, temperatura, etc. Ahora corresponde simbolizarlos usando la representación (modelo) por excelencia de la química: la **ECUACIÓN QUÍMICA.**

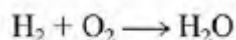
II. ECUACIÓN QUÍMICA

Ya sabemos que una reacción química es un proceso en el que una sustancia (o sustancias) cambia para formar una o más sustancias nuevas, y todo lo que eso implica a nivel macro y microscópico. Ahora analizaremos cómo se comunica simbólicamente una reacción químicamente. Para describir a las reacciones químicas, se ha desarrollado una forma universal (estándar) para representarlas por medio de ecuaciones químicas. Una ecuación química utiliza símbolos químicos para mostrar qué sucede durante una reacción química. En este punto se analizará dicha simbología.

Tal como los modelos de átomo que Ud. Estudió el año pasado una ecuación química es un modelo de reacción química. **Un modelo científico es una representación aproximada de la realidad a partir de símbolos (matemáticos o de otro tipo), esquemas y/o postulados entre otros.** Dicho de otro modo, por medio de códigos y símbolos un modelo puede describir, y **principalmente** predecir el comportamiento de un tipo de fenómeno. En particular una reacción química es bien representada a partir de la información que entrega una ecuación química.



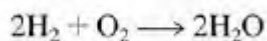
Para comprender la información codificada en una ecuación química, considere lo que sucede cuando el hidrógeno gaseoso (H_2) se quema en presencia de aire (que contiene dióxígeno, O_2) para formar agua (H_2O). Esta reacción se representa mediante la ecuación química:



donde el signo "más" significa "reacciona con" y la flecha significa "produce". Así, esta expresión simbólica se lee: "El hidrógeno molecular reacciona con el oxígeno molecular para producir agua". Se supone que la reacción sigue la dirección de izquierda a derecha como lo indica la flecha.

Sin embargo, la ecuación no está completa, ya que del lado izquierdo de la flecha hay el doble de átomos de oxígeno (dos) que los que hay del lado derecho (uno). Para estar de acuerdo con la ley de la conservación de la masa debe haber el mismo número de cada tipo de átomos en ambos lados de la flecha, es decir, debe haber tantos átomos al finalizar la reacción

como los que había antes de que se iniciara. Se puede balancear la ecuación colocando el coeficiente adecuado (en este caso 2) antes del H₂ y del H₂O:

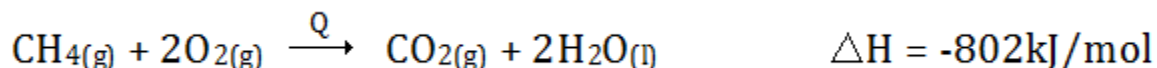


Esta ecuación química balanceada muestra que "dos moléculas de hidrógeno se combinan o reaccionan con una molécula de oxígeno para formar dos moléculas de agua".



Además de la cantidad de materia, es posible especificar:

- El estado de agregación de la sustancia, sólido (s), líquido (l), gaseoso (g), en disolución acuosa (ac) como subíndice a su costado derecho.
- Las condiciones necesarias para que ocurra la reacción sobre o bajo la flecha: calor (Q), luz (hv), ambiente ácido (H⁺) o básico (OH⁻).
- La energía absorbida ($\Delta H+$) o liberada ($\Delta H-$) durante el proceso.
- De acuerdo con el tipo de flecha utilizada si la reacción es irreversible (\rightarrow) o reversible (\leftrightarrow).
- Otras más, como la masa, las condiciones de equilibrio y velocidad, que se irán analizando conforme avance en la educación secundaria.



En este caso podemos ver que una molécula de metano (CH₄) en estado gaseoso reacciona con dos moléculas gaseosas de dióxígeno (O₂) en presencia de calor (pequeña chispa) para producir una molécula de dióxido de carbono gaseoso y dos de agua en estado líquido. Dicho proceso (de combustión) más allá de la ignición inicial, libera 802 kilojoule de energía por cada mol de metano consumido. Esta última afirmación será analizada en parte durante esta unidad.

III. TIPOS DE REACCIONES QUÍMICAS

Los químicos han estudiado y clasificado las reacciones químicas para tener una mayor comprensión de ellas y así poder aplicarlas a gran escala en laboratorios e industrias.

Uno de los criterios generales para clasificar las reacciones químicas es la variación en el número de moléculas que reaccionan y el número de ellas que se produce. Esto es porque, en el transcurso de una reacción, sabemos que los átomos de las sustancias reactantes se reorganizan, lo que produce sustancias distintas que pueden ser más simples, o más complejas que las originales.

Clasificación según variación en el número de moléculas



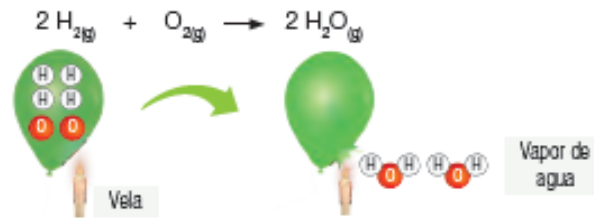
1. REACCIONES DE SÍNTESIS

Las reacciones de síntesis o de combinación son aquellas que producen sustancias con estructuras más complejas. En estas el número de moléculas de productos es menor que el de reactantes, tal como muestra el esquema. Las esferas en los esquemas representan átomos o grupos de átomos o moléculas.



Generalmente, estas reacciones son exotérmicas, es decir, se libera energía térmica al crearse el nuevo enlace químico en los productos.

La formación del agua a partir de sus elementos es un ejemplo de reacción de síntesis, como observamos en la imagen.



Cuando el magnesio arde se combina con el oxígeno del aire. ¿Qué tipo de reacción es?, ¿por qué?

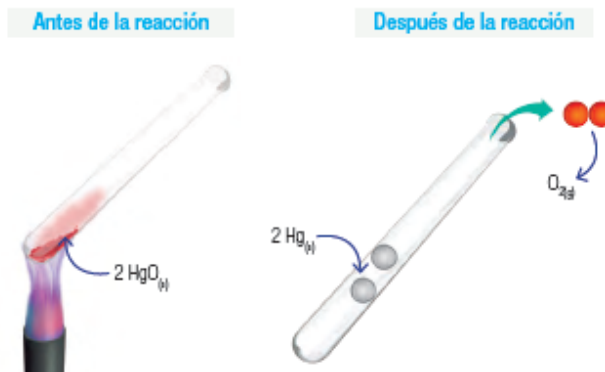
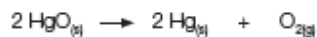
2. REACCIONES DE DESCOMPOSICIÓN

Las reacciones de descomposición consisten en un proceso de división de los reactantes en sustancias con estructuras más simples. En estas, el número de moléculas de productos es mayor que el de reactantes. Ver el esquema.



En general, estas reacciones son endotérmicas, o sea, para romper los enlaces químicos de las sustancias reactantes es necesario absorber energía térmica.

La descomposición del óxido de mercurio (II) en sus elementos es un ejemplo de reacción de descomposición, tal como muestra la imagen.



3. REACCIONES DE SUSTITUCIÓN

En las reacciones de sustitución, el número de moléculas de productos es igual al de reactantes, y solamente se intercambian átomos entre ellas. Hay dos tipos de sustitución: por desplazamiento simple o doble.

Reacciones de sustitución por desplazamiento simple



Un ejemplo de reacción de sustitución por desplazamiento simple es la reacción entre algunos metales y la disolución acuosa de ciertos ácidos. Es el caso de la reacción entre el magnesio y ácido clorhídrico, que ya hemos revisado en páginas anteriores.

Fíjate en la ecuación que representa el proceso:



¿Qué intercambio de átomos se produce?

La imagen muestra la reacción entre cinc y ácido sulfúrico según la siguiente ecuación química:



Antes de la reacción



Después de la reacción



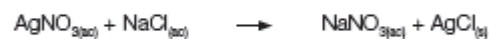
Antes de que la reacción ocurra, las sustancias en el vaso son cinc y los iones H^+ y SO_4^{2-} y agua (ambos iones se disuelven en agua). Durante la reacción se forma hidrógeno, que se escapa del vaso, y quedan disueltos los iones Zn^{2+} y SO_4^{2-} . Por lo tanto, el intercambio se da entre el Zn y el H del ácido; el ion SO_4^{2-} no participa en la reacción.

Reacciones de sustitución por doble desplazamiento



Ejemplos de reacciones de sustitución por doble desplazamiento son las reacciones entre algunas sales y entre hidróxidos y ácidos cuando se encuentran en disolución acuosa. Tal es el caso de la reacción entre el nitrato de plata (AgNO_3) y el cloruro de sodio (NaCl). Fíjate en la ecuación que representa.

Fíjate en la ecuación que representa el proceso:



¿Qué intercambio de átomos se produce?

La reacción anterior se clasifica también como reacción de precipitación. Cuando reaccionan dos o más disoluciones de sales, forman un producto sólido insoluble llamado precipitado.



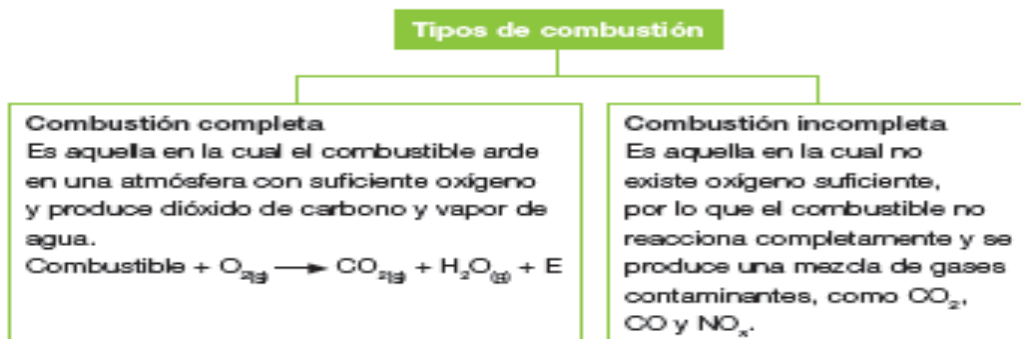
Antes de que la reacción ocurra, las sustancias son dos compuestos iónicos que en el agua se disocian en Na^+ y Cl^- y en Ag^+ y NO_3^- . Durante la reacción, estos iones disueltos en el agua son atraídos entre sí por carga opuesta generándose la doble sustitución. Uno de los productos es AgCl , un sólido blanco que no se disuelve en agua y que decanta al fondo del vaso. Los iones Na^+ y NO_3^- quedan disueltos en el agua.

4. REACCIONES DE COMBUSTIÓN

El aire que nos rodea es una mezcla de gases que forma un complejo sistema químico en continuo cambio, el cual está en directa relación con nuestro entorno y los seres vivos. Tanto los gases propios del aire como aquellos que se liberan en las actividades humanas tienen la capacidad de reaccionar y producir nuevas sustancias gaseosas.

El oxígeno del aire, aun cuando no es el gas más abundante, presenta ciertas propiedades que lo convierten en la sustancia clave de muchos procesos. Si en el transcurso de una reacción el oxígeno, al combinarse, produce energía que se manifiesta en forma de luz y calor, el proceso se llama combustión. Así, cuando se calienta un trozo de madera, esta arde, libera gases y produce energía, todo con ayuda del oxígeno. Por lo tanto, decimos que el oxígeno es comburente.

Para que ocurra la combustión es necesario un aporte energético inicial que promueva la combinación de un combustible con el oxígeno.



5. REACCIONES DE OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN

Toda combinación de una sustancia con oxígeno recibe el nombre de oxidación. Pero los químicos llaman oxidación a los procesos que se desarrollan más lentamente y que debido a la falta de un aumento en la temperatura de la sustancia que se oxida, esta no arde. Así sucede con los metales cuando quedan a la intemperie o con la putrefacción de la materia orgánica.

A nivel atómico, la oxidación se produce cuando un átomo o ion cede uno o más electrones. Sin embargo, no se puede hablar de oxidación sin que se produzca una reducción, ya que esta acepta el o los electrones cedidos en el proceso de oxidación. Las reacciones que ocurren en disolución acuosa, como la que experimentan los metales al reaccionar con ácidos, por ejemplo, cuando el magnesio reacciona con una disolución de ácido clorhídrico, también son ejemplos de oxidación.

EL OXÍGENO PERMITE LA COMBUSTIÓN. EL OXÍGENO FORMA ÓXIDOS.

La presencia de oxígeno en nuestra atmósfera también hace posible la vida en la Tierra gracias a las reacciones de fotosíntesis y de respiración celular, como veremos a continuación.

6. REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN

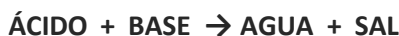
En nuestros hogares empleamos con frecuencia muchas sustancias ácidas y básicas. ¿Qué ácidos y bases utilizas o consumes tú comúnmente? Es probable que hayas mencionado unas ácidas, como el vinagre, el jugo de limón y la vitamina C, y otras básicas, como el bicarbonato de sodio, el amoníaco y la soda cáustica.

Para identificar con certeza las sustancias ácidas y básicas se usan unos reactivos llamados indicadores. Estos se emplean distribuyéndose en tiras de papel impregnadas, como sucede con el tornasol, o en disoluciones concentradas, como con la fenolftaleína.

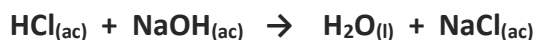
El indicador que más se ocupa en el laboratorio es el llamado indicador universal o papel indicador pH, que es una mezcla de varios indicadores impregnados en unas tiras de papel color naranja.

7. REACCIÓN ENTRE UN ÁCIDO Y UNA BASE

Cuando reaccionan una disolución de un ácido y otra de una base, ocurre un proceso de neutralización o reacción de neutralización que produce agua y una sal, según la siguiente ecuación:



Por ejemplo, si hacemos reaccionar disoluciones de la misma concentración de HCl y otra de NaOH, obtenemos agua y cloruro de sodio, es decir, una disolución neutra, no ácida ni básica. La ecuación que representa la neutralización entre HCl y NaOH es:



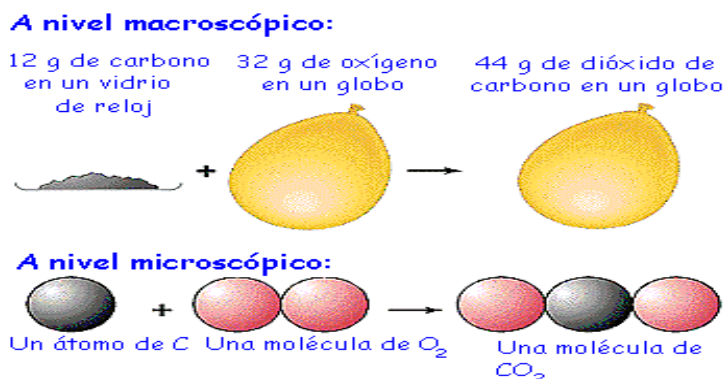
El estudio de las reacciones químicas que suceden en disolución acuosa es de gran importancia para entender las múltiples transformaciones que se dan a nuestro alrededor. Las reacciones de neutralización, las de precipitación y las de oxidación y reducción ocurren en disolución acuosa y son reacciones de sustitución de doble desplazamiento.

IV. BALANCE DE ECUACIONES QUÍMICAS

El balance de ecuaciones químicas teóricamente se sustenta en en dos conceptos fundamentales de la química: la Ley de Conservación de la Masa y la Teoría Atómica, ambas constituyen el pilar para que la química fuera considerada como una ciencia. De ahí que, a pesar de que el balance de ecuaciones es un procedimiento sencillo resulta fundamental su dominio para un correcto estudio de distintos tópicos en la química.

La Ley de la Conservación de la Masa sostiene que la suma de la masa de los reactantes y la de los productos es la misma y los postulados de la Teoría atómica afirman que la materia está formada por pequeñas partículas con masa que se reordenan durante una reacción química. Por ejemplo, consideremos la siguiente ecuación química: $A + 2B \rightarrow AB_2$. A partir de ella notamos que las sustancias se han transformado mediante un reacomodo de los átomos A y B, y por tanto la cantidad de átomos por tipo involucrados en la reacción se mantiene constante.

Ahora bien, si consideramos que cada tipo de átomo tiene una masa definida y que no cambia, podemos suponer que, al mantenerse la cantidad de átomos de B, la masa asociada a ellos también se mantiene constante a ambos lados de la ecuación. Dicho de otro modo, si la cantidad de átomos (por tipo) es igual a ambos lados de la ecuación entonces también lo será la masa y por tanto la masa se conserva en la reacción química.



Existen dos formas para equilibrar una ecuación química. La primera se denomina Balanceo por Tanteo, y se realiza por simple inspección y es útil para casos sencillos pues un método ágil. El segundo caso se denomina Método Algebraico, se utiliza para casos de mayor complejidad, en donde la simple inspección no nos da pista fácilmente de cómo equilibrar la ecuación, este método sigue un protocolo de pasos que deben seguirse. Si bien es un proceso relativamente largo es a la vez fácil de mecanizarse. Este método se describirá a continuación:

Supongamos la siguiente ecuación desbalanceada: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

1° Se asigna una letra (en negritas) a cada sustancia de la ecuación: $\mathbf{A} \text{CH}_4 + \mathbf{B} \text{O}_2 \rightarrow \mathbf{C} \text{CO}_2 + \mathbf{D} \text{H}_2\text{O}$

2° Se genera un sistema de ecuaciones utilizando las letras y la cantidad de cada tipo de átomos:

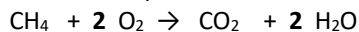
- A partir del carbono: $A = C$ (pues hay un carbono en A y uno en C).
- A partir del hidrógeno: $4A = 2D$ (4 átomos de hidrógeno en A y 2 en D).
- A partir del Oxígeno: $2B = 2C + D$ (dedúzcalo Ud.)

3° Se otorga de forma arbitraria el valor 1 a una letra. Es aconsejable estimar cuál de ellas es la que tiene el menor valor, y eso lo podemos hacer si logramos identificar cuál de ellas se acompaña de los mayores coeficientes. En este caso elegiremos a $A=1$.

4° se reemplazan los valores en las ecuaciones y se resuelven.

- Como $A = 1$ y $A = C \rightarrow C = 1$.
- Como $4A = 2D \rightarrow 4 = 2D \rightarrow 4/2 = D \rightarrow D = 2$.
- Como $2B = 2C + D \rightarrow 2B = 2 + 2 \rightarrow 2B = 4 \rightarrow B = 4/2 \rightarrow B = 2$.

5° Una vez obtenido el valor para cada letra, estos se reemplazan en la ecuación original.



* El coeficiente 1 no se especifica.

6° Se comprueba si la ecuación está correctamente balanceada:

Tipos de átomos	Cantidad en reactantes	Cantidad en productos
C	1	1
H	4	4
O	4	2 + 2

El haber corroborado nos permite (solo) suponer que el balanceo es el correcto. Siempre hay que tener presente que los números agregados a la ecuación, llamados **COEFICIENTES ESTEQUIOMÉTRICOS**, tienen que ser los menores números naturales posibles, esto siempre va a ocurrir si hay uno o más coeficientes que tengan el valor 1.

VI. PREGUNTAS Y PROBLEMAS

1. Explique qué es una ecuación química.

2. Señale el número de átomos en cada una de las sustancias involucradas dentro de cada reacción química.

- $2 \text{KNO}_3 \longrightarrow 2 \text{KNO}_2 + \text{O}_2$
- $3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \longrightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$
- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2$

3. ¿Cuáles son los tres niveles de representación que la química utiliza para explicar sus fenómenos?

4. Describa qué ocurre en cada una de las siguientes reacciones químicas.

- $2 \text{C}_2\text{H}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{Al(OH)}_3$
- $3 \text{Li(OH)} + \text{H}_3\text{PO}_4 \longrightarrow \text{Li}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$

5. Realice un esquema que clasifique, relacione y explique cada uno de los tipos de reacciones químicas

7. ¿Qué relación tienen la combustión con la oxidación?

8. ¿Qué tipo de reacción es la neutralización (síntesis, descomposición o sustitución)?

9. Balancee las siguientes ecuaciones químicas:

- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} \longrightarrow \text{Fe} + \text{CO}$
- $\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $\text{N}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{NH}_3$
- $\text{H}_2\text{O} + \text{Na} \longrightarrow \text{Na(OH)} + \text{H}_2$

10. ¿Cuál de las siguientes reacciones está correctamente balanceada?

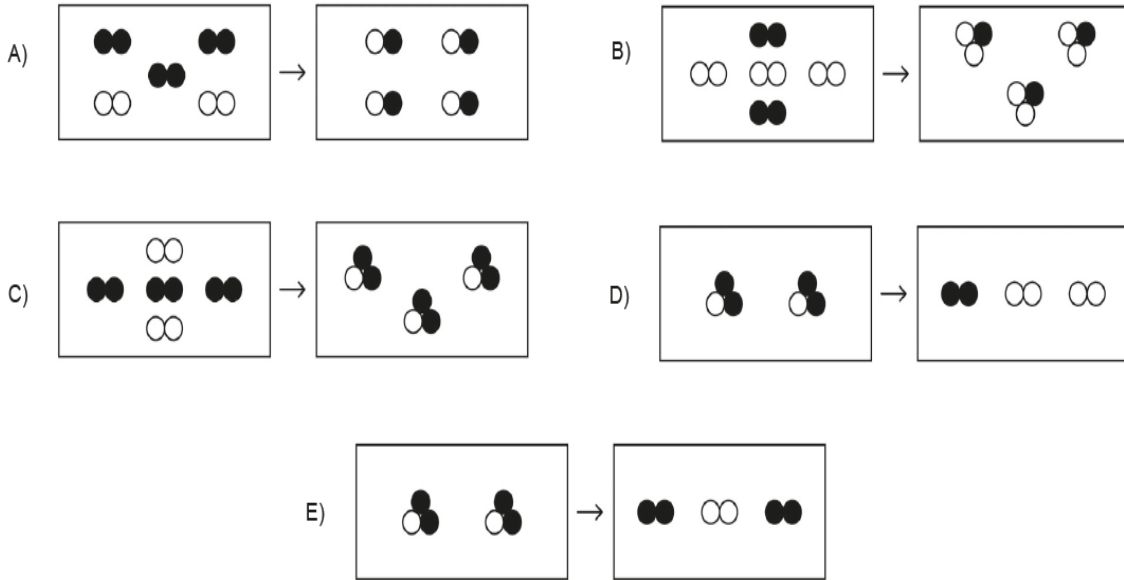
- A) $\text{S (s)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \longrightarrow \text{SO}_2 \text{ (g)}$
- B) $\text{N}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)} \longrightarrow 2 \text{NH}_3 \text{ (g)}$
- C) $\text{HgO (s)} \longrightarrow \text{O}_2 \text{ (g)} + \text{Hg (l)}$
- D) $\text{H}_2\text{O (g)} \longrightarrow \text{O}_2 \text{ (g)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$
- E) $\text{CH}_4 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \longrightarrow \text{CO}_2 \text{ (g)} + 2 \text{H}_2\text{O (g)}$

11. Determine los subíndices X, Y en la siguiente ecuación.



- A) 1, 2
- B) 2, 1
- C) 2, 2
- D) 3, 1
- E) 1, 1

12. Se sabe que durante una transformación química, la masa no cambia. Al respecto, ¿cuál de los siguientes modelos representa correctamente esta idea?



13. En la siguiente reacción química hipotética:



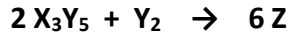
¿Cuál es el valor del coeficiente z ?

- A) 5
- B) 4
- C) 3
- D) 2
- E) 1

14. “En una reacción química, la cantidad de materia que interviene permanece constante”. De acuerdo con este enunciado, es posible concluir correctamente que

- A) la cantidad de producto formado en una reacción química siempre será constante.
- B) la cantidad de reactantes que se utilizan en una reacción química debe encontrarse siempre en la misma proporción.
- C) la cantidad total en mol de reactantes y productos en una reacción química siempre es la misma.
- D) la cantidad de átomos de cada elemento en reactantes y productos siempre es igual.
- E) un mol de reactante da lugar siempre a un mol de producto.

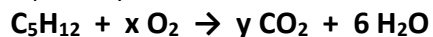
15. Respecto de la siguiente reacción hipotética:



¿Cuál de las siguientes opciones representa correctamente la fórmula molecular del producto Z ?

- A) X_6Y_{12}
- B) X_6Y_3
- C) X_3Y_6
- D) X_2Y
- E) XY_2

16. Para que en la siguiente ecuación se cumpla la ley de conservación de la masa



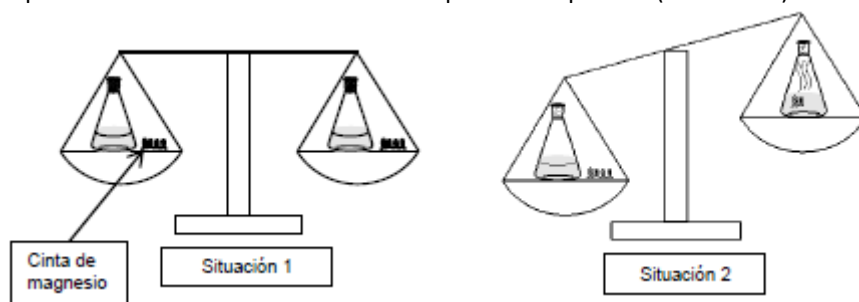
Los coeficientes x e y deben ser

	X	Y
A)	16	10
B)	10	5
C)	8	5
D)	8	10
E)	5	1

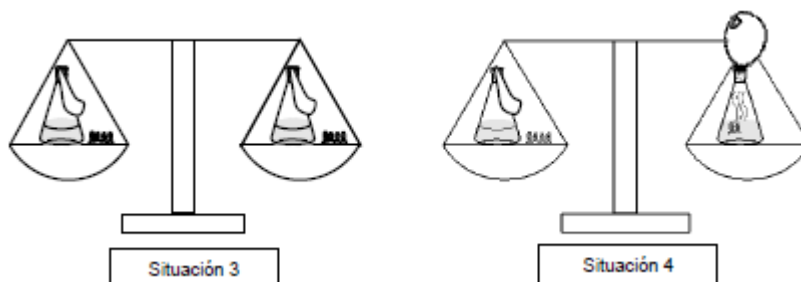
17. Se realizaron dos experimentos, en los cuales se hizo reaccionar cinta de magnesio con una solución de HCl:

Experimento 1:

En ambos platos de una balanza se coloca, separadamente un matraz con 50 mL de una solución de HCl y a su lado 1 g de cinta de magnesio (situación 1). Posteriormente, a uno de los matraces se le introduce la cinta de magnesio, observándose un burbujeo. A medida que la reacción ocurre la balanza se desplaza del equilibrio (situación 2):



Experimento 2: En ambos platos de una balanza se coloca, separadamente un matraz con 50 mL de una solución de HCl tapado con un globo y 1 g de cinta de magnesio (situación 3). Posteriormente, se introduce en uno de ellos la cinta de magnesio tapando inmediatamente el matraz con el globo, observando el mismo burbujeo que en el experimento 1. Sin embargo, en este caso la balanza mantiene el equilibrio (situación 4):



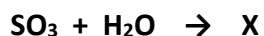
Al respecto, es correcto concluir que

- A) no hubo una reacción completa en la situación 2.
- B) no había suficiente ácido clorhídrico en la situación 4.
- C) en la situación 4 no hubo reacción durante el tiempo de observación.
- D) en la situación 4 se produjo un gas, el cual al ser retenido, mantuvo el equilibrio en la balanza.
- E) el equilibrio observado en la situación 4 es debido a que la reacción ocurrió de manera más rápida.

18. Para que se formen 100 moléculas de agua a partir de sus elementos, es necesario que se combinen

	Moléculas de H ₂	Moléculas de O ₂
A)	50	50
B)	100	50
C)	75	25
D)	25	75
E)	50	100

19. Para la siguiente reacción:



El producto X es

- A) HSO
- B) HSO₂
- C) H₂SO₂
- D) H₂SO₃
- E) H₂SO₄

20. Antoine Lavoisier estableció que “durante una transformación química, la masa permanece sin variaciones significativas”. Esto corresponde a la ley de

- A) la conservación de la materia.
- B) las proporciones definidas.
- C) las proporciones múltiples.
- D) la combinación de los gases.
- E) las proporciones recíprocas.