

Tema 3. Reacciones químicas

Cuando se funde el hielo, el agua en estado sólido pasa a encontrarse en estado líquido, pero sigue siendo agua. Si disuelves azúcar en agua, parece que haya desaparecido en la disolución. También sabes que si evaporas el agua, recuperas el azúcar. Y como puedes ver en la imagen, cuando el yodo sublima se producen vapores de yodo.



En todos esos casos se trata de **procesos físicos**, ya que el cambio producido no afecta a la naturaleza de las sustancias, que siguen siendo las mismas: las partículas están situadas más o menos cerca entre sí, pero siguen siendo las mismas partículas (¡recuerda el modelo de partículas de la materia!).

Pero ¿sucede lo mismo cuando quemas madera, carbón, butano o la cera de una vela? ¿Y al añadir ácido sulfúrico concentrado a azúcar? Fíjate en las imágenes: en el caso de las combustiones, desaparece la sustancia que se quema, el combustible, y no hay forma de recuperarla, mientras que el azúcar queda carbonizado y tampoco se puede volver a obtener a partir de las sustancias formadas.



Observa lo espectacular que resulta la deshidratación del azúcar por acción del ácido sulfúrico concentrado: se transforma en carbono (en forma de carbón) y en agua, pero como se produce una gran cantidad de calor, el vaso de precipitados llega a quemar y el agua se desprende en forma de vapor.

En estos casos se han producido **reacciones químicas**, que se caracterizan porque unas sustancias se transforman en otras diferentes.

Identificación de reacciones químicas

Para saber si se ha producido una reacción química, tienes que fijarte en si has observado alguno de los **efectos siguientes**: explosión, llama, formación de sólidos, desprendimiento de gas o cambio de color.

1. Transformaciones de sustancias

Las sustancias que desaparecen en una reacción se llaman **reactivos**, y las que se forman, **productos**. La transformación se simboliza con una flecha, con lo que una reacción química se representa como:

Reactivos → Productos

Ten en cuenta que es posible que antes de producirse una reacción haya productos: cuando se quema un trozo de carbón, se forma dióxido de carbono, que ya se encuentra previamente en la atmósfera en la que se produce la reacción.

Y también sucede con frecuencia que no todos los reactivos se agotan en el proceso, y que sobra alguno de ellos. Continuando con el ejemplo anterior, después de quemarse el trozo de carbón sobra oxígeno atmosférico sin reaccionar. El carbón es el **reactivo limitante** y el oxígeno, el **reactivo en exceso**.

Ecuaciones químicas

Son **representaciones del proceso real que se produce**, en las que se detallan las fórmulas de reactivos y productos y se especifica el estado físico de las sustancias (sólido, líquido, gaseoso o en disolución acuosa).

Fíjate en el vídeo. Observa que el sodio flota en el agua, ya que es menos denso, y que reacciona con ella, produciendo gas y ¡una llama sobre el agua!

La ecuación que representa la reacción es: $\text{Na (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{NaOH (aq)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$

El gas desprendido es hidrógeno, y se forma una disolución acuosa de hidróxido de sodio.

Las sustancias se transforman

Una reacción es un cambio, una transformación de sustancias: **las ecuaciones son representaciones del proceso**, no son la reacción. Es decir, una reacción no es algo real que existe.

1.1 Tipos de reacciones

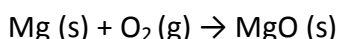
Los tipos de reacciones más importantes son: **síntesis**, **descomposición**, **sustitución** y **combustión**. En el laboratorio vas a ver un ejemplo de cada una de ellas.

Hay otros tipos de reacciones químicas, en función del tipo de sustancias que reacciona, como son las reacciones entre ácidos y bases o las de oxidación y reducción, que verás en cursos posteriores.

Síntesis del óxido de magnesio

En las reacciones de síntesis se obtiene una sustancia a partir de otras más sencillas.

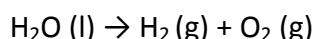
magnesio (s) + oxígeno (g) → óxido de magnesio (s)



En el vídeo puedes ver el proceso, en el que se forma el óxido de magnesio, que es una sustancia de color blanco, a partir de las sustancias elementales magnesio y oxígeno. Cuando se realice en el laboratorio, ten la precaución de no mirar directamente, ya que se emite una luz muy intensa. De hecho, reacciones como ésta se utilizan en los fuegos artificiales.

Descomposición del agua

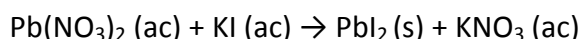
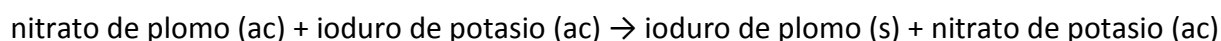
En las reacciones de descomposición se obtienen varias sustancias a partir de una más compleja.



Fíjate en el montaje experimental. El aparato se llama voltámetro, y mediante el paso de la corriente eléctrica se produce la descomposición del agua, formándose el doble de volumen de hidrógeno que de oxígeno.

Precipitación por sustitución

En las reacciones de sustitución se intercambian los grupos de átomos que forman dos sustancias. En esta reacción se forma un sólido amarillo muy poco soluble (ioduro de plomo), que precipita al fondo del recipiente.



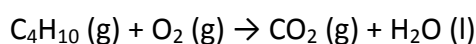
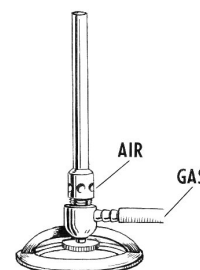
Añade dos o tres mililitros de cada disolución a sendos tubos de ensayo, y añade después uno sobre otro, observando la formación del precipitado. Si lo dejas en reposo en la gradilla, verás cómo el sólido va cayendo lentamente al fondo del tubo.

Si calientas el tubo de ensayo, verás que el sólido se disuelve (recuerda que la solubilidad aumenta con la temperatura). Pero si después lo dejas enfriar lentamente hasta temperatura ambiente, vuelve a precipitar, pero en forma de cristales muy brillantes, fenómeno que se conoce como lluvia de oro, y que puedes ver en la imagen.



Combustión del butano

En las reacciones de combustión una sustancia llamada combustible reacciona con oxígeno, formándose dióxido de carbono y agua. Los combustibles más utilizados son compuestos del carbono como metano, propano, butano, octano (gasolinas), etc. Estas reacciones se utilizan como fuente de energía: térmica al aprovechar el calor desprendido en el proceso, o bien transformándola en eléctrica en centrales térmicas.



En el laboratorio se utiliza el mechero bunsen para calentar, y en él se quema gas butano. Tiene una válvula para regular la cantidad de gas que sale y se quema, y otra para controlar la cantidad de aire con la que se mezcla.

2. Leyes de las reacciones químicas

Cuando se produce una reacción química, se observa experimentalmente que disminuye la masa que hay de unas sustancias, los reactivos, y aumenta la de otras, los productos.

Ahora vas a trabajar precisamente con esas cantidades. ¿Qué masa desaparece de reactivos? ¿Qué masa se forma de productos? ¿Hay alguna relación entre esas masas?

La conservación de la masa

Fíjate en el vídeo, que reproduce una reacción muy habitual: añades una pastilla efervescente a agua (vitamina C, un antigripal, etc), y ves que se forman burbujas y que la pastilla se disuelve. Si la reacción se produce en un recipiente hermético, puedes comprobar que la masa no cambia, ya que el gas desprendido también tiene una cierta masa, que se tiene en cuenta ya que el frasco está cerrado.

Una alternativa similar es la reacción entre el bicarbonato de sodio y el vinagre, en la que se desprende CO_2 (g). Como se trata de dos productos muy habituales, se puede realizar con facilidad utilizando un bote de conservas vacío.



Ley de conservación de la masa (Lavoisier, 1789)

Cuando se produce una reacción química, la masa que se forma de productos es la misma masa que desaparece de reactivos: las sustancias se transforman unas en otras, pero la masa total no cambia.

2.1 La proporción de combinación

Ley de las proporciones constantes

Cuando se combinan dos o más sustancias en una reacción química, lo hacen siempre en la misma proporción en masa. Esta proporción es constante entre cualquier reactivo y producto que intervenga en la reacción.

2.2 Aplicando las leyes

Fíjate en la tabla de datos siguiente, que corresponde a una reacción química entre dos sustancias, A y B, que dan lugar a una tercera, C. Se trata de que determines los valores de las masas desconocidas -x, y, z- aplicando las leyes de conservación de la masa y de las proporciones constantes.

		A	B	→	C
Experiencia 1	m _{inicial} (g)	40	25		0
	m _{final} (g)	0	5		x
Experiencia 2	m _{inicial} (g)	y	60		20
	m _{final} (g)	15	0		z

Valor de x. Como en la experiencia 1 se cumple la conservación de la masa y hay 65 g de sustancia antes de la reacción (40 g de A y 25 g de B), también debe haber 65 g después de la reacción: como de A no sobra nada y de B sobran 5 g (reactivo en exceso), de C se han tenido que formar 60 g. Es decir, **x = 60 g**, ya que no había C inicialmente.

Además, puedes saber la proporción de combinación entre A y B: si te fijas, verás que han reaccionado 40 g de A con 20 g de B (los 25 g que había al principio menos los 5 g que hay en exceso).

Valor de y. Ahora trabajas con datos de la segunda experiencia con la misma reacción. Ésta es la parte más complicada. Fíjate en que de B hay 60 g que reaccionan totalmente. ¿Con qué masa de A reaccionarán? Para determinarla, debes aplicar la proporción de combinación anterior, que es constante:

$$\frac{40 \text{ g de A}}{20 \text{ g de B}} = \frac{m}{60 \text{ g de B}}$$

Despejando y resolviendo, m = 120 g de B. Pero como deben sobrar 15 g de A, inicialmente debe haber 135 g de A. En resumen, **y = 135 g**.

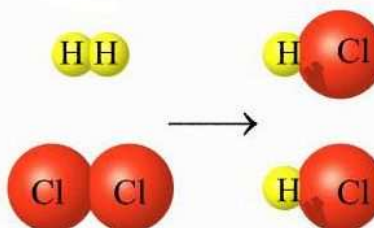
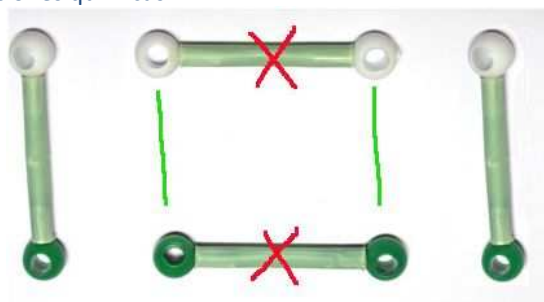
Valor de z. Ahora vuelves a aplicar la conservación de la masa: inicialmente hay (135 + 60 + 20) g, y al final también (15 g + z). Resolviendo, **z = 200 g**. También puedes darte cuenta de que como han reaccionado 120 g de A con 60 g de B, han desaparecido 180 g de reactivos, con lo que se ha tenido que formar la misma masa de productos; es decir, 180 g de C. Y como ya había previamente 20 g, al final habrá 200 g de C.

3. Interpretación de las ecuaciones químicas

Experimentalmente se observa que en las reacciones químicas desaparecen los reactivos y se forman los productos. Pero, ¿cómo se producen las reacciones desde el punto de vista de las partículas que forman las sustancias?

Diagramas de partículas

Fíjate en cómo se produce la reacción de síntesis del ácido clorhídrico. En la imagen puedes ver los modelos moleculares de H₂, Cl₂ y HCl (H blanco y Cl verde). En rojo se marcan los enlaces que se rompen y en verde los que se forman cuando se produce la reacción. También se representa la reacción con diagramas de partículas y mediante la ecuación química que la simboliza. En la ecuación química se especifica que reacciona una molécula de H₂ con una de Cl₂ para formar dos de HCl. Esos tres números (1, 1 y 2) se llaman **coeficientes estequiométricos**, e indican la proporción de partículas de cada tipo que interviene en el proceso.



Los coeficientes estequiométricos

Una molécula de Cl_2 reacciona con una de H_2 para formar dos de HCl . Pero esto es lo mismo que decir que dos de Cl_2 reaccionan con dos de H_2 para formar cuatro de HCl . Y que tres de Cl_2 reaccionan con tres de H_2 para formar seis de HCl . Fíjate en que en todos los casos la proporción de combinación es la misma: una partícula de Cl_2 reacciona por cada una de H_2 para formar dos de HCl .

En la ecuación química se escriben los coeficientes más sencillos (1, 1 y 2 en este caso). Si interviene una partícula no se escribe el uno, ya que la misma fórmula de la sustancia indica que hay una partícula.

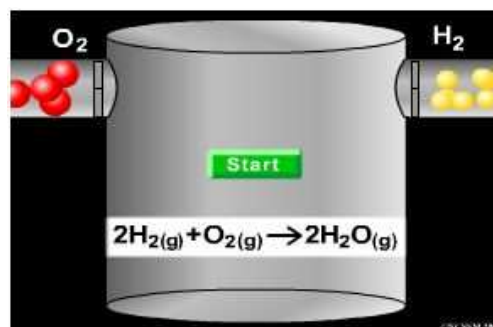
¿Cómo se producen las reacciones químicas entre moléculas?

Para que se produzca una reacción química, **las moléculas han de chocar** (modelo de los choques), de forma que se rompen unos enlaces en los reactivos, formándose otros para dar lugar a las moléculas de los productos.

Es decir, si a escala macroscópica una reacción química es una **transformación de sustancias**, a escala de partículas es una **reorganización de átomos** que produce un cambio de las partículas que forman las sustancias.

En la simulación siguiente puedes ver la síntesis del agua. ¿Cuántas moléculas hay de reactivos (H_2 y O_2) y cuántas se forman de productos (H_2O)?

Fíjate en que la reacción se escribe $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$. Esto significa que reaccionan dos moléculas de hidrógeno por cada una de oxígeno para formar dos de agua. Que equivale a decir que reaccionan cuatro moléculas de hidrógeno con dos de oxígeno para formar cuatro de agua, que es lo que precisamente sucede en la simulación.



El número de partículas

Ten en cuenta que, en general, **en las reacciones químicas no se conserva el número de partículas**. Sí lo hace en la reacción de formación del NO (una molécula de N_2 y una de O_2 producen dos de NO , desapareciendo dos moléculas y formándose otras dos), pero no en la formación del agua, en la que a partir de dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno se forman solamente dos moléculas de agua.

3.1 La conservación de la masa

Tanto al manipular los modelos moleculares como al ver las simulaciones, puedes comprobar que el número de átomos de cada tipo es el mismo antes y después de producirse la reacción; la diferencia consiste en que están unidos de forma diferente, dando lugar a sustancias distintas. Y como es el mismo número de átomos, la masa no cambia.

¡Pero si son los mismos átomos!

A escala de partículas, una **reacción química consiste en una reorganización de átomos**, que dejan de estar unidos de una forma y pasan a estar unidos de otra. Pero como se trata de los mismos átomos, la masa total de las distintas sustancias es la misma: **se conserva la masa**.

En definitiva, se trata de conseguir que haya el mismo número de átomos de cada tipo en reactivos y en productos. El proceso que has de realizar se llama **ajuste de la ecuación**.

3.2 Ajuste de reacciones

La proporción de combinación en partículas

Vas a trabajar con un simulador muy completo, que tiene tres apartados. En primer lugar, enseña el concepto de proporción de combinación, de reactivo limitante y de reactivo en exceso trabajando con sandwiches (rebanadas de pan de molde y lonchas de jamón y queso); después extiende el concepto a tres reacciones químicas sencillas y por último hay un juego para practicar con otras reacciones.

Ajuste de reacciones

Para poder trabajar con reacciones químicas, en primer lugar hay que escribir la ecuación que las representa y, después, ajustarlas: se trata de que haya el mismo número de átomos de cada tipo entre todas las sustancias que forman los reactivos y los productos.

3.3 La velocidad de las reacciones

Es muy importante conocer los **factores que afectan a la velocidad de las reacciones químicas**. En la mayoría de los casos interesa acelerar las reacciones químicas, como ocurre en la fabricación industrial de productos, en la curación de una herida o una enfermedad, o en el crecimiento de las plantas. Pero hay también casos en los que lo que interesa es retardar una reacción perjudicial, como, por ejemplo, la corrosión del hierro y otros metales, la putrefacción de alimentos, la caída del cabello, etc.

Factores que afectan a la velocidad de una reacción química

Para conseguir que una reacción química sea lo más rápida posible se puede:

- utilizar disoluciones concentradas.
- trabajar a temperaturas lo más altas posible.

¿Cuál es la razón? Teniendo en cuenta el modelo de partículas de la materia, cuanto mayor es la concentración, más partículas hay por unidad de volumen, por lo que es más probable que choquen entre sí. Y si la temperatura es mayor, las partículas se mueven más deprisa, de forma que cuando chocan lo hacen con más intensidad y es más fácil que se rompan los enlaces en los reactivos para que se transformen en productos.

4. Cálculos en reacciones químicas

Ahora ya sabes representar reacciones químicas mediante ecuaciones, y también sabes ajustarlas, entendiendo el significado de los coeficientes estequiométricos.

En primer lugar vas a hacer cálculos en número de partículas, interesantes desde el punto de vista de la comprensión de las reacciones químicas, pero que no tienen ninguna utilidad experimental, ya que es imposible contar partículas (¿recuerdas lo pequeñas que son?).

Solamente tienes que escribir la ecuación de la reacción y ajustarla. Una vez que sepas cuántas partículas de cada tipo pones en contacto podrás determinar las que reaccionan, las que se forman y las que quedan sin reaccionar.

Cálculos en partículas

La ecuación química ajustada indica cuántas partículas de cada tipo reaccionan y se forman. Solamente hay que tener en cuenta que esa proporción es constante para ver cuántas partículas de cada reactivo reaccionan, si hay reactivo en exceso y cuántas partículas de cada producto se han formado.

4.1 Cálculos en masa

Este es el aspecto realmente práctico. Por ejemplo, para saber en una industria metalúrgica cuánto hierro se obtiene por kilogramo de óxido de hierro que reacciona. Ese hierro se utilizará después para obtener acero, con el que se fabrican objetos de todo tipo como tubos, depósitos para líquidos, cuberterías, etc.



Este curso vas a realizar los cálculos sin utilizar las ecuaciones químicas. Tendrás como datos la proporción de combinación, mientras que en la Física y química de 4º de ESO obtendrás la proporción a partir de la ecuación que representa la reacción química.

Realizando cálculos en masa

En realidad, ya has aprendido a hacerlos al aplicar las leyes de las reacciones químicas (2.2). Los reactivos y productos ya no serán A, B, C, etc, sino que se tratará de sustancias concretas, pero la forma de plantear y realizar los cálculos será la misma.

5. Todo es química

5.1 La industria química

En la industria química se produce la transformación de unas sustancias en otras que son necesarias en la sociedad actual. En unos casos se obtienen sustancias que ya existen en la naturaleza, como el cobre, mientras que en otros casos se trata de sustancias artificiales tales como el polietileno, que es un tipo de plástico.

Los centros de industria química más importantes de España están en Tarragona y Huelva. En Aragón destacan Sabiñánigo (Ercros, química básica), Monzón (Hidronitro, ferromanganeso), La Zaida (Foret, agua oxigenada) y Zaragoza (Saica, papel).

A continuación puedes ver algunos de los tipos más importantes de industria química.

Química básica

Se producen sustancias que se utilizan como materia prima en otro tipo de industrias. En la fábrica de Ercros de Sabiñánigo se producen cloro, sosa cáustica, clorato de potasio, hipoclorito de sodio, etc. En el vídeo corporativo de Ercros puedes ver algunas de las características y aplicaciones de las sustancias que se producen.

Petroquímica

Además de la obtención de combustibles, el petróleo se usa para obtener materias primas para gran cantidad de procesos, sobre todo en la industria de los plásticos, pero también para producir insecticidas, disolventes, pinturas, detergentes, etc.

Las industrias petroquímicas ocupan enormes superficies de terreno, con torres de más de 50 metros de altura en las que se separan los componentes del petróleo por destilación.



Industria de plásticos

Son un tipo de compuestos sintéticos que han supuesto la mayor revolución de los materiales en el siglo XX. Se utilizan en todos los campos de la vida diaria: caucho para ruedas de coches, tubos para conducciones de agua, botellas para líquidos, etc.



Abonos

Actualmente se utiliza la misma extensión de terreno para la agricultura que en la primera mitad del siglo XX, mientras que la población mundial se ha triplicado. El uso de fertilizantes y productos agroquímicos ha permitido aumentar la producción agraria y alimentar a la población sin tener que aumentar la superficie dedicada a la agricultura.

Papelera

Las grandes papeleras como Saica y Ence producen y reciclan enormes cantidades de papel y cartón. Consumen una gran cantidad de recursos, tanto vegetales como de agua. Por esa razón es importante reciclar el papel.

Farmacéutica

La química es fundamental en la industria de productos farmacéuticos, y en la lucha contra las enfermedades y la mejora de la calidad de vida, produciendo medicamentos mejores y más baratos.



Uno de los productos más conocidos es la aspirina, cuyo principio activo es el ácido acetilsalicílico, y que celebró su centenario en la empresa química Bayer en 1999. ¡Seguro que conoces medicamentos alternativos a la aspirina, tales como el paracetamol o el ibuprofeno!

Metálica

Se producen metales, necesarios sobre todo para la construcción, tales como hierro y aleaciones metálicas en Monzón o aluminio en Sabiñánigo.

Nuevos materiales

La química está proporcionando materiales que están revolucionando sectores como la electrónica, la medicina, la industria automovilística o la construcción (cerámicas, goretex, grafeno, biomateriales).

Fíjate en las prótesis del corredor de 400 m sudafricano Oscar Pistorius, que tuvo marcas de nivel mundial, así como en la prótesis de cadera de la otra imagen.



5.2 Efectos nocivos de la química

La industria química tiene muy mala prensa, ya que cuando se produce un accidente las consecuencias pueden ser muy nocivas, y, además, suelen tener una gran cobertura en los medios informativos. Sin embargo, lo realmente importante es que se cumplan día a día las medidas de seguridad establecidas por la ley, precisamente para evitar accidentes.

Son muy conocidos el escape de isocianato de metilo en Bophal (India) en 1984, que ocasionó 20000 muertos y más de 150000 afectados directos al producirse una nube tóxica de fosgeno y ácido cianhídrico, o el escape de dioxina en Seveso (Italia) en 1976, que ocasionó el pánico en toda la zona, aunque no hubo ningún fallecimiento directo causado por la fuga química.

En la imagen puedes ver los símbolos de peligro en relación con el uso de productos químicos. Si te fijas, los verás tanto en los camiones que transportan productos químicos como en los envases de muchos tipos de sustancias.



La lluvia ácida

Uno de los efectos nocivos más conocidos es la lluvia ácida. En la simulación siguiente puedes ver sus características más importantes.

5.3 Productos químicos en el hogar

En el hogar estás rodeado de productos químicos, ya que **TODO ES QUÍMICA**, pero debes prestar especial atención a dos tipos de productos químicos envasados: los medicamentos y los artículos de limpieza.

Los medicamentos no se deben tirar a la basura ni por los desagües, sino que cuando caduquen hay que llevarlos a un punto de recogida SIGRE (hay más de 20000 en farmacias en España para medicamentos y envases). Debes tener un especial cuidado en no acumular medicamentos, comprando solamente los que sean necesarios.

Los productos de limpieza deben estar etiquetados adecuadamente, indicando tanto las normas de uso como el peligro que conlleva su uso inadecuado. Los más peligrosos por contacto directo son el sulfamán, la lejía, los desatascadores y los limpiadores amoniacales.



