

AC 05 61

Esta noche en nuestro programa de química y para hablar de las reacciones químicas nos acompaña la profesora María José Morcillo, muy buenas noches. Hola, muy buenas noches Isabel. Bien, ¿cómo debemos empezar a hablar de las reacciones químicas? ¿Cuál sería la introducción a este tema? Bueno, pues esta noche, como bien has dicho, vamos a hablar de las reacciones químicas, que como ya sabes constituyen la parte más importante de la química.

De hecho, casi podemos decir que todo lo que se estudia en química va encaminado a un mejor conocimiento de las reacciones químicas. Así, por ejemplo, el estudio de la estructura atómica, de la formación del enlace químico, el conocimiento de la estructura molecular, etc. tiene por objeto el poder comprender el comportamiento químico de las sustancias, en particular y muy principalmente su capacidad de reaccionar con otras sustancias para obtener ciertos productos de mayor interés.

Pero en la práctica, ya vemos que el tema es muy importante, pero en la práctica, ¿qué importancia tienen las reacciones químicas? Pues mira, todas las industrias químicas, así como numerosos procesos biológicos y gran parte de los hechos ordinarios de la vida cotidiana, están basados en reacciones químicas. Los cambios químicos son responsables de la reproducción y crecimiento de la materia viva, así como de las condiciones bajo las cuales está posible. Por ejemplo, la radiación ultravioleta nociva, que proviene del Sol, es absorbida por una capa de ozono, producido por una reacción fotoquímica a partir de oxígeno en la alta atmósfera.

Asimismo, el dióxido de carbono, anidrido carbónico, que existe en el aire, es un producto de las reacciones químicas que ocurren en los procesos de respiración y de putrefacción de materia viva, y es el responsable de mantener la superficie terrestre a una temperatura de varios cientos de grados por encima de la que hay en el espacio exterior, gracias a la absorción del calor, que sin él la Tierra volvería a radiar al espacio. Por otra parte, el oxígeno atmosférico, imprescindible para la vida del hombre y de los animales, es un producto de las reacciones fotoquímicas que tienen lugar en las plantas. ¿Y para el hombre? Supongo que para el hombre tendrá muchas utilidades también las reacciones químicas, utilidades diversas.

Al servicio del hombre, y gracias a su inventiva, las reacciones químicas son las que producen trabajo en las máquinas o motores de combustión interna y permiten funcionar a los automóviles, trenes, buques y aviones. Asimismo, el calor desprendido en las reacciones de combustión forma parte inseparable de la vida humana, desde el primitivo fuego hasta los modernos sistemas de calefacción, pasando por chimeneas, estufas, cocinas de leña, carbón o gas. Por último, las industrias de elaboración de alimentos, bebidas, curtidos, pinturas, tejidos, plásticos y productos químicos, en general se basan en las reordenaciones moleculares que tienen lugar en las reacciones químicas para obtener unos productos que tienen mayor demanda que las sustancias de partida, es decir, los llamados reactivos o reactantes.

Por lo dicho hasta ahora, veo que las reacciones químicas son omnipresentes y que intervienen en casi todo lo que ocurre en nuestras vidas. Ahora bien, ¿cómo puede saberse cuándo ocurre una reacción química? ¿Hay algún distintivo que nos pueda indicar que ha tenido lugar una reacción química? Sí, mira, esta es una buena pregunta que conviene además aclarar bien antes de seguir adelante. La materia del mundo en que vivimos está constantemente sufriendo cambios o transformaciones que suelen clasificarse en dos tipos principales, físicas y químicas.

Las transformaciones físicas de la materia, llamadas también cambios o procesos físicos, no producen ninguna modificación de su composición química. Así, por ejemplo, el agua líquida puede enfriarse hasta convertirse en hielo, como hacemos todos corrientemente en el congelador de una nevera. Pero ambas formas, la sólida y la líquida, tienen la misma composición química.

Esto se comprueba fácilmente por calentamiento suave, es decir, dejándolo un rato a la temperatura ambiente, el hielo se transforma de nuevo en agua líquida, exactamente igual a la de partida. Por otra parte, calentando agua en la cocina o en cualquier sitio, esta puede llegar a hervir y se transforma en vapor, que si se vuelve a enfriar, como ocurre en los cristales de la ventana de la cocina o del cuarto de baño, se transforma de nuevo en agua líquida. Vemos así que el agua, en cualquiera de los tres estados, el sólido, el líquido o gaseoso, es la misma sustancia química.

Los cambios de estado son, por lo tanto, transformaciones físicas, ya que no alteran la composición química de las sustancias. Veo muy claro que los cambios de estado sólido, líquido, vapor, son transformaciones físicas. Pero, ¿y la disolución de un sólido en un líquido? ¿Qué es, un proceso físico o químico? Mira, en la mayoría de los casos, la disolución de una sustancia, como por ejemplo azúcar en agua, es una transformación física.

Las dos sustancias que forman la disolución no se alteran químicamente y pueden recuperarse con facilidad, por ejemplo, evaporando el disolvente, en este caso, el agua. Puede recuperarse el azúcar sin haber sufrido ninguna modificación, exactamente igual a la de partida. Análogamente, si se disuelve sal común en agua, es un proceso físico y la sal puede recuperarse por evaporación del agua.

Esto es lo que se hace en las salinas frecuentes en las costas de Levante y Andalucía para recuperar la sal disuelta en el agua del mar. Sin embargo, hay algunos casos en los que la disolución de una sustancia va acompañada de cambios más profundos. Así, por ejemplo, cuando un metal, hierro, aluminio, zinc, se disuelve en un ácido como sulfúrico, clorídico, nítrico, el proceso va acompañado de un desprendimiento de hidrógeno gaseoso y de gran cantidad de calor.

En este caso, en la evaporación de la disolución no se recupera el metal original, sino un compuesto de éste, una sal, de propiedades completamente distintas. En este caso, por lo tanto, no se trata de una transformación física, sino de una transformación química llamada generalmente reacción química. La alteración o cambio de la composición química de las

sustancias que reaccionan es la propiedad más característica de las reacciones químicas.

Por ejemplo, las combustiones son ejemplos típicos de reacciones químicas. Cuando se quema carbón, madera, petróleo o simplemente una vela, los productos de la combustión, principalmente dióxido de carbono y vapor de agua, no se parecen en nada a las sustancias originales, llamadas combustibles. La reacción del magnesio con el oxígeno del aire es otro ejemplo, algo distinto de combustión.

El magnesio, que es un metal blanco y brillante, parecido a la plata, arde en el aire muy fácilmente si está en forma de polvo o de cinta, con una llama muy luminosa, por lo que se ha empleado durante mucho tiempo para tomar fotografías en locales no muy bien iluminados. En la combustión se produce un compuesto sólido blanco y muy suave, parecido a los polvos de talco, formado por los elementos magnesio y oxígeno y llamado óxido de magnesio. Este nuevo producto no se parece en nada a las sustancias de partida.

Sus propiedades son completamente distintas, así como su uso como ingrediente en dentríficos, en polvos de tocador y en productos de cosmética. Es evidente que el cambio en la composición química es lo esencial en una reacción química, pero ¿no se producen otros cambios más fáciles de apreciar, a simple vista? Sí, efectivamente hay otros cambios más fáciles de ver, pero que no ocurren siempre. Por ejemplo, en algunas reacciones químicas se produce un cambio de color, así como de aspecto entre la sustancia reaccionante y los productos.

Por ejemplo, el cobre, que es un metal dúctil y maleable de color rojo pardo, reacciona con ácido sulfúrico concentrado para formar sulfato de cobre, que es una sal cristalina que puede obtenerse por evaporación suave del líquido de reacción, formándose unos cristales de color azul, que son frágiles y solubles en agua, dando una disolución de un bonito color azul. Por otra parte, las reacciones químicas van acompañadas en general de una variación de la energía, que suele manifestarse en forma de calor. El estudio de estos cambios energéticos es muy importante.

Por una parte, porque hay muchas reacciones químicas cuya principal aplicación es la producción de energía, de especial interés en nuestros días. Y por otra parte, porque la variación de energía constituye el factor principal que determina el sentido en el que una reacción tiende a producirse de una forma espontánea. Por ejemplo, cuando a un vaso conteniendo una disolución acuosa de hidróxido sódico o sosa cáustica, se le añade otra disolución de ácido clorídico, no aparece ningún cambio visual, como si no hubiese ocurrido una reacción química.

Sin embargo, se produce un notable aumento de la temperatura de la disolución, que puede apreciarse simplemente tocando el vaso con la mano. Esto nos indica que ha tenido lugar una reacción química, llamada además esotérmica, por el desprendimiento de calor que ha servido para calentar la disolución contenida en el vaso. Si se utilizan las cantidades adecuadas de hidróxido sódico y de ácido clorídico llamadas estequiométricas, esto es, que reaccionan entre sí exactamente, después de la reacción sólo queda en el vaso agua y cloruro sódico sal común,

que puede recuperarse por calentamiento hasta que se evapore todo el agua.

La composición química y las propiedades del cloruro sódico son completamente distintas de las de ambos reactivos, ácido clorídrico y sosa cáustica o hidróxido sódico. Esta reacción recibe el nombre de neutralización y se produce siempre entre un ácido, en este caso el ácido clorídrico, y una base, el hidróxido sódico o sosa cáustica, para dar como productos una sal, cloruro sódico y agua. Está muy claro que en una reacción química hay unas sustancias, llamadas reactivos o reactantes, que al reaccionar entre sí prácticamente desaparecen, dando lugar a otras sustancias.

Los productos de reacción, cuya composición química y propiedades son completamente distintas de los reactivos, ¿pero qué ocurre con el peso de los reactivos? ¿Es igual o distinto al de los productos? La cuestión de la conservación del peso en las reacciones químicas, o más correctamente, la ley de la conservación de la masa, que es como se enuncia hoy en día, ha sido un tema muy debatido desde épocas remotas y que no quedó aclarado hasta finales del siglo XVIII, gracias a los trabajos de Lavoisier. Desde los tiempos más antiguos, las ideas acerca de la combustión se han obtenido a partir de una detallada observación del fuego, que es uno de los fenómenos de la naturaleza más cotidianos. Por ello, muchos filósofos griegos lo habían considerado como uno de los cuatro elementos fundamentales del universo, que eran la tierra, aire, agua y fuego.

Más tarde, los alquimistas se interesaron por las transformaciones que el fuego produce en la materia. La deducción más inmediata al observar el fuego era que de los cuerpos en combustión se escapaban en llamas, es decir, que algo se perdía, lo cual era evidente comparando, por ejemplo, los troncos de madera que arden en una chimenea con las ligeras cenizas finales. Se supuso, por ello, que el misterioso principio de inflamabilidad se escapaba durante la combustión.

También se comprobó que el aire era indispensable para la combustión. Por otra parte, los metalúrgicos medievales conocían el hecho de que algunos metales, al calentarse, se convertían en una sustancia pulverulenta, su cal o su óxido en términos ya más actuales, que incomprensiblemente pesaba más que el metal original. Para explicar estos hechos a comienzos del siglo XVIII, el químico alemán Stahl desarrolló la teoría del flogisto, que puede ser considerada como la primera teoría de las reacciones químicas y que por su sencillez y originalidad, aunque hay que decir errónea, que era errónea, fue aceptada hasta finales del siglo XVIII.

He oído hablar alguna vez de flogisto, pero no recuerdo bien qué. ¿Se trata de una sustancia real o era simplemente una lucubración filosófica? Pues mira, el flogisto, o principio inflamable, descendiente directo del azufre de los alquimistas y más remoto del antiguo elemento fuego, era en realidad una de esas sustancias sutiles y misteriosas, inaprehensible e imponderable, como el calórico o el éter, que tan en boga estuvieron en la ciencia del siglo XVIII. Cuanto más flogisto contenía un cuerpo, mejor combustible era.

Así, el carbón vegetal, tan buen combustible, era muy rico en flogisto, pero en la combustión éste se escapaba. Por eso el cuerpo cambiaba de cualidades y no podía arder otra vez. Las reacciones de calcinación de los metales se interpretaban suponiendo que el metal perdía flogisto y se transformaba en cal o óxido.

Es decir, que el metal era una sustancia más compleja que su cal y podía regenerarse cuando dicha cal volvía a combinarse con el flogisto. Por ejemplo, cuando se calentaba con carbón. El flogisto desprendido en la combustión de sustancias o en la calcinación de metales se dispersaba en el seno del aire que lo recogía.

De este modo, el aire era indispensable para la combustión o para la calcinación, aunque no intervenía directamente, sino que actuaba como auxiliar mecánico para dispersar el flogisto desprendido. La teoría del flogisto daba una interpretación aceptable a la combustión, pero no comprendo cómo se justificaba que la cal pesase más que el metal original que había perdido flogisto. ¿Cómo se explica esto? Este hecho era incomprensible, como ya he dicho, y fue el fallo principal de la teoría del flogisto.

Para justificarlo, algunos defensores a ultranza de la teoría esta tuvieron que suponer que en algunos casos el flogisto podría tener un peso negativo, pero esto no convencía a la mayoría de los químicos, por lo que investigaron este hecho que se convirtió así en decisivo para abandonar la teoría del flogisto. La principal aportación, como ya hemos venido mencionando, se debe al gran químico francés Lavoisier, que estudió concienzudamente mediante el uso constante de la balanza la combustión del fósforo y del azufre, llegando a la conclusión de que era un fenómeno análogo a la calcinación de algunos metales y que en ambos casos implicaba una combinación con el aire. Así, por ejemplo, si calcinaba estaño en un recipiente perfectamente cerrado, se convertía parcialmente en su cal óxido, pero comprobó que no se producía aumento de peso hasta que no se abría una llave del recipiente, pudiéndose oír entonces el ruido del aire al penetrar en él.

Posteriormente comprobó que la llamada cal de mercurio, óxido de mercurio, era una combinación del metal y el oxígeno del aire. De esta manera pudo demostrar que el aire no era una sustancia simple, como se creía, sino una mezcla principalmente de dos gases, uno inerte, al que llamó azoy, nombre en castellano antiguo del nitrógeno, y en francés se sigue llamando actualmente azote, y otro activo, el oxígeno, que además de intervenir en la combustión y en la calcinación era imprescindible para la respiración de los seres vivos. De esta manera magistral, Lavoisier dio el golpe definitivo a la teoría del flogisto y estableció la interpretación actual exactamente, la apuesta de la combustión y de la calcinación, en las que en lugar de desprenderse una sustancia misteriosa, es decir, el flogisto, lo que sucede es que se incorpora el oxígeno contenido en el aire.

¿Qué relación tiene todo esto con la conservación de la masa? Pues mira, precisamente el gran impulso que Lavoisier dio a la química se debe a la importancia que concedió al uso de la balanza para estudiar la variación de la masa en las reacciones químicas. De este modo, no sólo

pudo rebatir la teoría del flogisto, sino que además estableció el principio de conservación de la masa, enunciado en 1789 en su famoso libro Tratado Elemental de Química en la siguiente forma. La masa total de las sustancias que reaccionan o reactivos es igual a la masa total de las sustancias resultantes o productos.

Este principio convertido en ley, por haber sido después comprobado muchísimas veces y para toda clase de reacciones químicas, puede parecer obvio en la actualidad, pero tuvo en su día una gran importancia en el desarrollo de la química. Así fue el origen para el desarrollo de la teoría atómica de Dalton, puesto que si en una reacción química lo que sucede es que los átomos de los reactivos se reordenan de forma diferente para dar los productos, pero ni se crean ni se destruyen átomos, es evidente que la masa total tiene que conservarse. Asimismo, la ley de la conservación de la masa es la base de todos los análisis químicos de tipo gravimétrico, fundamentales en química analítica.

Por todo ello, suele considerarse a Lavoisier como el padre de la química moderna, a pesar de su corta vida, pues no sabes que fue ejecutado además en la guillotina a los 51 años, exactamente el 8 de mayo de 1794, posiblemente por ser recaudador de contribuciones de Luis XVI, lo que hacía principalmente para poder cubrir los gastos de estos experimentos químicos, que eran su gran pasión. ¿Sigue en la actualidad vigente la ley de la conservación de la masa en las reacciones químicas? Pues hasta principios de nuestro siglo se creía que esta ley era rigurosamente cierta, pero después del establecimiento de la teoría de la relatividad, se sabe que masa y energía pueden convertirse una en otra. Por ello, la ley de la conservación de la masa sólo se cumple exactamente en las reacciones químicas ordinarias, en las que la variación de energía suele ser muy pequeña, cumpliéndose también por separado la ley de la conservación de la energía.

Sin embargo, en las reacciones nucleares suele haber una pequeña variación de la masa, que se convierte en una gran cantidad de energía. De acuerdo con la ecuación propuesta por Einstein, incremento de energía es igual a C^2 por incremento de m . Al intervenir en este segundo miembro, el cuadrado de la velocidad de la luz, que es enorme, puede comprenderse fácilmente que basta una ínfima pérdida de masa para que se produzca una enorme cantidad de energía. Las mortíferas bombas atómicas son un buen ejemplo de esto.

También en los reactores nucleares se realiza un proceso similar, pero totalmente controlado, con lo que la energía se va produciendo de forma continua a causa de una pequeña pérdida de masa. En este tipo de reacciones, la conservación de la masa y la conservación de la energía han dejado de ser dos leyes independientes. Deben reunirse en una única ley de conservación de la masa-energía, es decir, que lo que se conserva es la suma de la masa y de la energía.

De todas formas, conviene advertir que en las reacciones químicas ordinarias las dos leyes pueden aplicarse por separado, puesto que la variación de energía que tiene lugar en ellas equivale a una masa tan sumamente pequeña que es imposible de apreciar ni siquiera con las balanzas más sensibles que disponemos en la actualidad. Bien, ¿habría algo más que hablar

acerca de las reacciones químicas ya para despedirnos? Sí, por supuesto. Las reacciones químicas tienen además otras características de las que hablaremos en otra ocasión.

Por ejemplo, es muy importante saber que en la mayoría de las reacciones químicas, en particular en casi todas las reacciones orgánicas, la conversión de los reactivos en productos no es completa, sino que al cabo de cierto tiempo más o menos largo se llega a un estado de equilibrio en el que coexisten determinadas cantidades de reactivos junto con otras de productos. El conocimiento de las concentraciones de reactivos y de productos que existen en el equilibrio es de gran interés en la química industrial, puesto que es indispensable para calcular el rendimiento de una determinada reacción química y saber así si puede o no ser rentable desde el punto de vista económico la realización práctica en una factoría química. Además, en la próxima emisión, que no sé muy bien qué día es, hablaremos de la velocidad de las reacciones químicas, tema también muy importante.

Sí, será el próximo 24 de febrero. Muchas gracias María José Marcillo y hasta el próximo programa. Adiós, buenas noches y gracias a vosotras.

Con el curso de acceso despedimos la programación de la UNED hasta mañana. Gracias por acompañarnos. Muy buenas noches.

El curso de acceso despedimos la programación de la UNED hasta mañana. Gracias por acompañarnos. Muy buenas noches.

Subtítulos realizados por la comunidad de Amara.org