

AC 05 84

Esta noche en química nos acompaña la profesora María José Morcillo. Buenas noches María José. Hola, buenas noches.

Vamos a hablar del lenguaje de la química, pero ¿por qué este tema? ¿De qué vamos a hablar esta noche? Mira, en esta primera emisión de radio me ha parecido muy conveniente hablar del lenguaje de la química, porque lo mismo que en otros campos de las ciencias, de las artes o de las letras, o incluso en casi todas las cosas de la vida ordinaria, hasta en las más corrientes como puede ser en cualquier juego de deporte, la química tiene un lenguaje propio que es necesario conocer para poderla entender o estudiar química con cierto aprovechamiento. Es muy difícil, es muy complicado el lenguaje de la química. No, al contrario, este lenguaje de la química es relativamente sencillo y se deriva del lenguaje corriente.

Si bien las palabras suelen tener un significado muy preciso, que es que iremos viendo ya a lo largo de todo este curso. En la charla de hoy vamos a comentar sólo algunos de los aspectos más fundamentales. En primer lugar, conviene recordar que la química es la rama de la ciencia que trata de la constitución, propiedades y transformaciones de la materia.

Ahora bien, la materia que nos encontramos frecuentemente en la vida ordinaria está formada casi siempre por una mezcla de distintas sustancias. Así, por ejemplo, el aire que respiramos es una mezcla de oxígeno y nitrógeno principalmente, con otras varias sustancias en proporciones pequeñas. La gasolina que utilizamos en los coches es una mezcla de más de 12 sustancias.

El cemento que se utiliza en la construcción está formado por más de 5 sustancias. Las bebidas familiares, como por ejemplo, el vino, la cerveza, la Coca-Cola, etcétera, son mezclas de agua con otras muchas sustancias. Parece que toda la materia que nos rodea está formada por mezclas de varias sustancias, ¿es así? En efecto, así es.

Solamente hay algunos pocos casos en los que la materia que nos encontramos en la vida diaria es pura. Es decir, consiste en una sola sustancia, como por ejemplo, el cobre de los cables eléctricos o el azúcar que añadimos al café. Precisamente debido a esta complejidad de la materia ordinaria, la química tuvo unos comienzos muy lentos.

Solo cuando se vio la necesidad de estudiar el comportamiento de sustancias puras y se idearon métodos para poder separar y aislar estas sustancias de las mezclas complejas, empezó el verdadero desarrollo de la química. Hay que tener en cuenta que las propiedades de las mezclas varían mucho según sea su composición, mientras que una sustancia pura, o simplemente lo que llamamos sustancia en el lenguaje químico, se caracteriza por tener una composición y propiedades fijas y siempre constantes. ¿Y cómo se sabe cuando se trata de una sustancia pura? Precisamente este es uno de los problemas con que se enfrenta corrientemente el químico.

Esto es conocer si una muestra de materia es o no una sustancia pura. Para ello se somete la

muestra a uno o varios de los procesos ordinarios de purificación o separación de sustancias, como por ejemplo, la destilación, la recristalización, extracción con disolventes, etc. Estos métodos conducen normalmente a la separación de la muestra en varias partes con propiedades diferentes, lo que prueba que contenía distintas sustancias.

Cuando una muestra o una parte de ella, previamente separada, no cambia en sus propiedades al someterla a uno o varios procesos de purificación, podemos decir que se trata ya de una sustancia pura. Con esta explicación yo creo que ha quedado muy claro la diferencia entre mezcla o sustancia pura. ¿Pero todas las sustancias son iguales o se pueden clasificar? No, las sustancias pueden ser de dos tipos muy diferentes, elementos o compuestos.

Ya desde los tiempos más antiguos hasta nuestros días, el hombre ha intentado siempre simplificar las cosas, suponiendo las complejas formadas por partes más simples. Por esto la palabra elemento, como sustancia simple, fundamental, de la que están formadas otras sustancias complejas, es conocida desde muy antiguo. Ya en el siglo VI antes de Jesucristo, el famoso filósofo y matemático griego Tales de Mileto había propuesto la teoría de que sólo había un elemento, el agua, y que todos los demás del universo eran simple variaciones de esta única sustancia.

Un siglo después también el filósofo griego Empédocles propuso que el universo estaba formado por una gran variedad de combinaciones de cuatro elementos, que eran la tierra, aire, fuego y agua. Posteriormente ya fueron apareciendo otras teorías diferentes entre sí sobre la constitución del universo a base de unas cuantas sustancias simples o elementos, pero todas tenían el grave inconveniente de carecer por completo de base experimental, por lo que ninguna fue aceptada con cierta generalidad. Tuvo que pasar mucho tiempo hasta que en 1661 el famoso químico inglés Boyle dio una definición experimental de elemento, que aún es válida en nuestros días, y que dice que elemento es una sustancia que por cualquier método químico no se puede descomponer en otras más simples.

Por esta definición parece que debe ser difícil estar seguro de cuando una sustancia es realmente un elemento. Pues sí, efectivamente así es, como acabamos de decir, se requiere una cierta labor experimental para que una muestra de materia pueda considerarse como una sustancia pura, o bien para aislar esta de una mezcla compleja. Pero aún se necesita mucho más trabajo experimental para decidir con garantía si una sustancia pura es o no un elemento, porque claro, siempre cabe la posibilidad de descubrir nuevos métodos que sirvan para descomponer una sustancia que hasta entonces se había creído simple en otras más sencillas.

Esto ha sucedido en la realidad muchas veces. Por ejemplo, la potasa o hidróxido potásico se pensó durante mucho tiempo que era un elemento. Sin embargo, en 1807 Sir Humphrey David, pasando una corriente eléctrica a través de potasa humedecida con agua, pudo demostrar que la potasa no era una sustancia simple, sino que estaba compuesta por los elementos familiares hidrógeno y oxígeno, y una nueva sustancia que se creyó simple y se llama potasio.

Ahora también podemos preguntarnos si el potasio, así obtenido, será o no un elemento. Esta

contestación solo nos la dará la experiencia. Por ahora el potasio no se ha podido descomponer en otras sustancias más simples.

Y por otra parte, en la descomposición de muchas otras sustancias aparece el potasio como uno de los elementos constitutivos. Por ello, pues hoy en día se puede decir con casi total confianza que el potasio es un elemento químico. Como vemos en química, de lo que se dispone en realidad es de métodos para probar que una sustancia es un compuesto.

Sí, en primer lugar, esto queda claro si dicha sustancia se consigue descomponer en otras, por lo menos dos distintas. Por ejemplo, el agua puede descomponerse por electrolisis en dos sustancias distintas, hidrógeno y oxígeno. El óxido de mercurio puede descomponerse simplemente por calentamiento en oxígeno y mercurio.

Esto prueba, sin lugar a dudas, que tanto el agua como el óxido de mercurio son sustancias compuestas. Además de este método de descomposición, hay otro método para probar que una sustancia es un compuesto, llamado de síntesis. Si dos o más sustancias, bien sean elementos o compuestos, reaccionan entre sí para dar un único producto, no cabe duda de que este es un compuesto.

Por lo que estás diciendo, parece que es mucho más fácil probar que una sustancia es un compuesto, ¿verdad? Así es. Basta que una sustancia se pueda descomponer en otras más simples o que se pueda sintetizar a partir de otras para poder asegurar que se trata de un compuesto. Sin embargo, no existen métodos químicos directos para probar que una sustancia es un elemento.

Esta afirmación tenía que basarse en unos resultados negativos, esto es, en el fracaso de poder comprobar que se trataba de un compuesto. Por ello, no es de extrañar que durante el siglo XVIII y parte del XIX, algunos compuestos fuesen considerados como elementos. Solo en nuestro siglo, con el desarrollo de nuevos métodos físicos, en particular, podríamos decir las técnicas de rayos X, de difracción y espectros de emisión, se puede comprobar de forma rigurosa que una sustancia es un elemento.

En la actualidad, se conocen 109 elementos químicos. Algunos de estos se presentan puros en la naturaleza y por ello son conocidos desde muy antigua como, por ejemplo, el hierro, la plata, oro, mercurio, etc. Sin embargo, la mayoría de los elementos no existen puros, sino formando sustancias compuestas a partir de las cuales hay que obtenerlos por procedimientos más o menos laboriosos.

Hay, por último, algunos elementos que no existen en la naturaleza y cuyo descubrimiento y preparación se ha llevado a cabo en nuestros días mediante reacciones nucleares. Estos elementos reciben a veces el nombre de elementos artificiales. ¿Cómo se han ido descubriendo los elementos químicos? Para ello hacen falta métodos químicos experimentales bastante avanzados.

Por esto, la mayor parte de los elementos se han descubierto en épocas relativamente recientes, principalmente, como he dicho, en el siglo XIX y comienzos del XX. Antes del año 1700, sólo se conocían unos 14 elementos. Durante todo el siglo XVIII se descubrieron otros 16 elementos, de forma que a comienzos del siglo XIX solamente eran conocidos unos 30 elementos.

En este siglo adquirió la química un tremendo desarrollo, descubriéndose nada menos que 51 nuevos elementos. Es decir, que sólo en este siglo se descubrieron casi el doble de los elementos que se habían conocido en todos los tiempos anteriores. En la década de 1920 a 1930 se terminó el descubrimiento de los siete restantes elementos naturales, 88 en total, gracias al estudio de los espectros de rayos X que permitieron además conocer que existían aún otros elementos por descubrir, fijándose por entonces en 92 el número de posibles elementos.

Con el desarrollo de la física nuclear no sólo se pudieron obtener los cuatro elementos ya previstos, sino descubrir otros nuevos hasta los 109 conocidos en la actualidad. Y este número no cierra la cuenta, sino que es casi seguro que se vayan descubriendo otros nuevos elementos, aunque desde luego cada vez serán más inestables. Bien, yo creo que esto ha quedado ya muy claro.

Y ahora podemos pasar a ver otros conceptos importantes en química, como son el de átomo y el de molécula. En el lenguaje químico actual se habla constantemente de átomos y de moléculas, y nadie duda de que existen en realidad, pero sólo en el siglo pasado había eminentes físicos y químicos que no creían en su existencia. ¿Es así? Sí, es cierto.

Como ya sabemos, fueron los filósofos griegos Demócrito y antes Leucipo, ya en el siglo V a.C., los primeros en suponer que la materia era discontinua y estaba formada por partículas muy pequeñas e indivisibles a las que llamaron átomos, que viene del griego sin división. Según esto, la existencia de los átomos ha sido aceptada desde hace unos 2.500 años. No, al contrario, la teoría atómica filosófica tuvo en un principio sus partidarios y sus detractores.

Entre estos últimos, el más importante fue Aristóteles, que negó la existencia de los átomos y defendió la teoría de los cuatro elementos que hemos contado, imponiendo su autoridad, por lo que la teoría atómica fue olvidada durante más de 2.000 años. La teoría atómica moderna fue enunciada por John Dalton, que en 1807 publicó el libro llamado Nuevo Sistema de Filosofía Química, en el que explica con detalle su teoría atómica. Dalton, con gran intuición, reformuló la hipótesis de los filósofos griegos, postulando que todas las sustancias estaban formadas por pequeñas partículas indivisibles para las que conservó el nombre de átomos.

Los átomos no se pueden crear ni destruir, y en cada elemento químico son iguales todos sus átomos, pero distintos de los de otro elemento. Con su teoría atómica, Dalton pudo explicar con gran éxito todas las leyes ponderales de las reacciones químicas. ¿Sigue siendo válida en la actualidad la teoría atómica de Dalton? Bueno, en líneas generales, sí.

En primer lugar, la existencia de los átomos está hoy en día completamente comprobada, pero se sabe que no son indivisibles, sino que a su vez están formados por otras partículas aún más pequeñas. Asimismo, en las llamadas reacciones nucleares, pueden transformarse unos átomos en otros distintos. Se sabe también que los átomos de un elemento no son todos exactamente iguales, lo que da lugar a la existencia de elementos isótopos, que tienen prácticamente las mismas propiedades químicas.

De todas formas, todo esto sólo modifica ligeramente las ideas de Dalton, que siguen siendo válidas en su parte fundamental, ya que en las reacciones químicas ordinarias los átomos permanecen inalterados, y por otra parte la proporción de isótopos de un elemento es casi constante. Sin embargo, Dalton no fue capaz de explicar la ley de los volúmenes de combinación de Gay-Lussac, que fue interpretada por Avogadro con su famosa hipótesis, llamada también hoy en día ley de Avogadro, por estar completamente ya probada. Él fue el verdadero creador del concepto de molécula, que hasta entonces no estaba nada claro.

Aunque ya Bernoulli, en 1738, para explicar el comportamiento de los gases, había supuesto que éstos estaban formados por pequeñas partículas, moléculas, en continuo movimiento, sin embargo, la distinción entre átomos y moléculas no estaba clara y no era aceptada por Dalton y sus seguidores, que se aferraban a la idea de que las partículas que forman los elementos eran átomos. Nos podrías aclarar un poco más, ¿cómo se pudo explicar la ley de Gay-Lussac? Sí, en primer lugar, para explicar la ley de Gay-Lussac, Avogadro, además de su famosa hipótesis, tuvo que suponer que las moléculas de los elementos gaseosos más conocidos por entonces, como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, etc., eran diatómicas, es decir, que estaban formadas por dos átomos. Esto era lo que chocaba con más dificultades y era rechazado por la mayoría de los químicos, que suponían que en los compuestos los átomos se unían por tener cargas eléctricas opuestas.

Entonces, ¿cómo se iban a unir átomos iguales para formar moléculas? Lo más lógico era que tuviesen cargas del mismo signo y en lugar de unirse se deberían repeler. Otra objeción es que ¿por qué razón se unían sólo dos átomos y no tres o cuatro? Estas objeciones eran muy fuertes y, de hecho, sólo se han explicado satisfactoriamente después del año 1925, mediante las teorías del enlace de la mecánica cuántica. Por ello, no es extraño que la hipótesis de Avogadro no fuese admitida con generalidad durante casi 50 años.

Hacia mediados del siglo XIX había una gran confusión entre los químicos, agravada encima por el desarrollo de la química orgánica, en la que los pesos equivalentes que manejaban los químicos inorgánicos no servían para casi nada. Muchos químicos llegaron incluso a creer que su ciencia estaba en un periodo de crisis. Por estos motivos, el famoso químico Kekulé, inventor de la fórmula estructural del benceno, convocó en 1860 una reunión de químicos en Alemania, que puede casi considerarse como el primer congreso internacional de química.

En este congreso las cosas parecían que iban a quedar más o menos como estaban, hasta que en una de las últimas sesiones un químico italiano distribuyó entre los asistentes copias de un

trabajo que había sido publicado hace dos años por su amigo Canizzarro, discípulo de Avogadro. El propio Canizzarro había intervenido en las discusiones del congreso, pero solo después de la lectura atenta de su trabajo, en el que exponía con claridad la hipótesis de Avogadro y su aplicación a la determinación correcta de pesos atómicos de muchos elementos, se dieron cuenta los químicos de la certeza de sus razonamientos. El eminente químico alemán Meyer, que unos años después descubrió la clasificación periódica, dijo que había quedado asombrado de la claridad del trabajo y de cómo explicaba los puntos más importantes de la controversia.

Creo que es difícil ver claramente la distinción entre átomo y molécula. ¿Nos podrías explicar en qué se diferencian? Sí, esta confusión es muy frecuente. Ahora la trataré de aclarar.

Yo creo que con el trabajo de Canizzarro quedó bien clara ya la diferencia entre átomo y molécula. Una molécula es la partícula más pequeña de una sustancia no iónica, que muestra todavía las propiedades características de dicha sustancia. Todas las moléculas de una sustancia son exactamente iguales.

En el caso de compuestos, cada una de las moléculas está formada por dos o más átomos de distintos elementos, mientras que las moléculas de los elementos están formadas por átomos iguales. Casi todos los elementos gaseosos más corrientes, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, etc., las moléculas son en efecto diatómicas, como supuso Avogadro, pero hay elementos como los gases nobles o inertes, helio, neón, argón, etc., y los vapores de algunos metales como mercurio, calcio, en los que las moléculas son monoatómicas. Hay también elementos cuyas moléculas están formadas por más de dos átomos, como el fósforo y el arsénico, de moléculas tetraatómicas, o el azufre, cuyas moléculas están formadas por ocho átomos.

Ya veo mucho más claramente la distinción entre átomo y molécula. Por ello me parece que la hipótesis de Avogadro debe haber sido muy importante en el desarrollo de la química. Sí, en efecto, así ha sido la hipótesis o ley de Avogadro que puede enunciarse en la forma volúmenes iguales de cualquier gas, medidos a la misma presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas, o, bien en la fórmula inversa, un determinado número de moléculas de cualquier gas ocupa siempre el mismo volumen, medido en idénticas condiciones de presión y temperatura.

Tuvo esta hipótesis una aplicación importante para determinar el número de átomos que forman las moléculas y constituye la base para la determinación correcta de pesos atómicos y pesos moleculares. Asimismo, la hipótesis o ley de Avogadro se basa en el concepto de mol, que ocupa una posición central en todo razonamiento químico, así como el concepto de volumen molar y de número de Avogadro, o número de partículas que hay en un mol. Por todo esto, la química experimentó un gran avance en su desarrollo.

El concepto claro de molécula permitió que se completara la teoría cinética de los gases. Por otra parte, la determinación correcta de pesos atómicos hizo posible el descubrimiento en 1869 de la clasificación periódica o sistema periódico, que está considerada como una de las mejores

y más útiles clasificaciones de la ciencia. Lo que es importante hoy es que el alumno vaya conociendo este lenguaje de la química al empezar el curso.

¿Es así? Sí, así es. Yo creo que habrán quedado, aunque hemos dicho pocos conceptos, espero que los cuatro o cinco que hemos metido les hayan quedado claros. Pues muchas gracias y hasta el próximo programa.

Hasta luego. Buenas noches.