

... Tenemos ahora un programa de química con la profesora María José Morcillo y vamos a hablar de la estructura atómica. Exactamente, María José, ¿de qué vamos a hablar en esta charla? Bueno, en esta charla vamos a indicar brevemente el desarrollo del conocimiento de la estructura atómica para luego poder comprender de una forma razonada la formación de enlaces químicos y su influencia en las propiedades químicas de las sustancias. Es decir, vamos a ver un poco todas las hipótesis de trabajo científicas que históricamente se han hecho hasta llegar a la teoría que actualmente se tiene sobre la estructura de los átomos. Nos parece que es un tema muy interesante este de la estructura atómica y me imagino que tendrá una relación grande con el...

uso de la energía atómica, yo que sé, en bombas atómicas, en centrales nucleares? Bueno, pues no es así exactamente, porque desde el punto de vista químico, lo que realmente interesa del átomo es su estructura electrónica externa, que es la que interviene en los fenómenos químicos. La más llamada energía atómica es en realidad energía nuclear, puesto que depende únicamente de la composición y de la estructura de los núcleos atómicos, que prácticamente no intervienen ni se modifican en las reacciones químicas ordinarias, que es la base de todos los fenómenos químicos. Del estudio del núcleo atómico, quien se ocupa principalmente es la llamada física nuclear, aunque también hay una parte de la química, que también se llama química nuclear, que trata de estas reacciones nucleares. Pero estos estudios ya son muy especializados, y en un curso de estos de introducción a la química, lo que nos interesa realmente son las reacciones químicas ordinarias. Que como acabamos de...

Es decir, pues dependen casi exclusivamente de la estructura electrónica externa de los átomos. O sea que entonces en una química general lo que interesa es considerar, cuando se habla de estructura atómica, la estructura externa de los átomos. Y la mal llamada energía atómica, mal llamada porque debería llamarse energía nuclear, es algo que se estudia principalmente en la física nuclear y también en la química nuclear. Porque cuando se habla de bombas atómicas o se habla de energía atómica, en realidad lo que nos estamos refiriendo son a procesos que ocurren en el núcleo del átomo. Por eso es energía nuclear. ¿Y cómo se puede saber la estructura electrónica de los átomos? Tengo entendido que todavía no hay ningún aparato que sea capaz de obtener una imagen de los átomos aislados. Sí, efectivamente es verdad que no disponemos aún de ningún aparato o dispositivo que nos permita ver o incluso fotografiar. De algún modo a estos átomos.

Pero en cambio se han realizado numerosos experimentos fisicoquímicos, como son por ejemplo el efecto fotoeléctrico o bombardeo de átomos con ácidos de electrones, de neutrones, de partículas alfa. Y bueno, así como el registro de espectros atómicos, esto es muy variado y en varias condiciones experimentales. Y una interpretación teórica ha conducido a lo que se llama el modelo atómico. Y a unas teorías eminentemente que son matemáticas y que nos permiten conocer la estructura de estos átomos e incluso predecir su comportamiento con tanta precisión o casi se podría decir que mayor que la que tendríamos si los pudiéramos ver directamente. O sea que los átomos no se pueden observar directamente, pero sí deducir que existen a través del estudio de fenómenos como el efecto fotoeléctrico, bombardeo de átomos, ácidos de electrones, de neutrones, etc. Bueno, te he referido a teorías matemáticas. En este modelo atómico. Pero antes que los matemáticos no fueron los filósofos los que...

ya desarrollaron una, digamos así, teoría atómica, esencialmente filosófica? Sí, en épocas remotas así fue efectivamente, ya que en el siglo V a.C. la idea original de Leucipo fue desarrollada y elaborada de forma lógica por Demócrito, suponiendo que la materia no era continua, como se creía hasta entonces, sino que era discontinua y estaba formada por pequeñísimas partículas indivisibles, a las que por esta propiedad las llamó átomos, ya que átomo en griego significa sin división. Todos los átomos, según Demócrito, eran idénticos y solo se diferenciaban entre sí por su tamaño y forma, y sus distintos movimientos y combinaciones daban lugar a la gran complejidad que tenía el universo, explicando no solo así los fenómenos físicos, sino que también explicaban los psíquicos y hasta los espirituales. Más tarde, como unos 300 años después, se creó la teoría de la atmósfera, que era la teoría de la atmósfera, que era la teoría de la atmósfera.

antes de Cristo, Epicuro y después un poeta romano llamado Lucrecio, pues incorporaron el atomismo a la ética, suponiendo que los pensamientos también eran movimientos de los átomos y que, bueno, incluso hasta el alma estaba constituida también por átomos, si bien estos ya eran un poco más sutiles, móviles y pulimentados. Bueno, sí, todas estas doctrinas filosóficas han perdurado durante muchísimo tiempo y los mismos alquimistas de la Edad Media, basándose en todas estas teorías, creían en la posibilidad de una transmutación de ciertos metales en oro, para cuyo fin estos pues dedicaron enormes esfuerzos, aunque siempre infructuosos, para encontrar lo que ellos querían, que era la piedra filosofal, con la que podrían conseguir pues esta transmutación en oro. Pero fue ya en el siglo XVII cuando los físicos y químicos llegaron a darse cuenta de la necesidad

la materia. Por ello, la teoría atómica moderna no ha sido establecida sobre una base científica hasta casi principios del siglo XIX, después de haber estudiado ya experimentalmente y de una forma cuantitativa lo que ocurre en todas las reacciones químicas. Sin entrar en muchos detalles, porque esto nos llevaría ya mucho tiempo, solo quiero indicar que a finales del siglo XVIII, los trabajos meticulosos de numerosos químicos siguiendo la pauta del químico francés Lavoisier, llegaron a establecer con seguridad las llamadas en leyes ponderales de las reacciones químicas. Para poder interpretar estas leyes, el físico químico inglés Dalton enunció su famosa teoría atómica, considerada como una de las teorías más importantes de todos los tiempos de la química. La hipótesis fundamental, de la teoría atómica de Dalton, es que todas las sustancias están formadas por pequeñas partículas indivisibles.

a las que también siguió llamando átomo siguiendo a Demócrito. En los elementos todos los átomos son iguales y dos o más átomos de varios elementos pues pueden unirse para formar las partículas ya de un compuesto. Es decir que es cuando ya se introduce un método experimental en el siglo XVIII, finales del siglo XVIII hacia el siglo XIX cuando se sientan las bases de la auténtica química científica y se han de recordar figuras clave como Lavoisier o Dalton. Dalton en 1805 es cuando enuncia su famosa teoría atómica que sigue a Demócrito, esto es muy importante, por la cual piensa que el átomo es la partícula indivisible, la más pequeña de la materia y que la unión de varias de estas partículas, dan lugar a sustancias como el átomo.

compuestas. Pero, ¿esta teoría atómica de Dalton podríamos decir que todavía es válida en la actualidad? Bueno, las hipótesis de Dalton no son del todo correctas. Pues, por ejemplo, hoy sabemos ya que los átomos no son indivisibles, sino que están constituidos

esencialmente por electrones externos, pero también por un núcleo formado por protones y neutrones. Si bien en las reacciones químicas ordinarias los átomos de todas las sustancias que intervienen, pues, permanecen inalterados. También está comprobado experimentalmente que en un determinado elemento, pues, no son exactamente iguales todos sus átomos, sino que pueden contener un distinto número de neutrones en su núcleo. Y estos son los que llamamos hoy los isótopos. Aunque tienen el mismo número de protones y de electrones externos, por lo que prácticamente es igual su comportamiento químico. Por todo esto, la teoría atómica de Dalton tiene hoy en día validez para las reacciones químicas.

químicas ordinarias, como hemos hablado al principio, pero no para las llamadas reacciones nucleares. Es decir, se sigue admitiendo, digamos, la indivisibilidad en las reacciones químicas ordinarias, pero no en las nucleares. Y algunos fallos que, como muy bien has señalado, hoy se han podido encontrar en las hipótesis de Dalton, es el caso, por ejemplo, de los isótopos, que es la misma sustancia, pero que implican un número de neutrones distinto en el núcleo del átomo. Bueno, lo que fracasó fundamentalmente en Dalton fue la interpretación de las llamadas leyes polumétricas de las reacciones químicas, descubiertas por el químico francés en Gay-Lussac. Luego fue el italiano Avogadro quien, en 1811, interpretó de una manera muy simple la ley, estas de Gay-Lussac, estableciendo para ello que las leyes de Gay-Lussac eran las que más se necesitaban para la reacción química.

su famosa hipótesis de Avogadro que decía que volúmenes iguales de cualquier gas medido siempre a la misma presión y temperatura contienen el mismo número de moléculas. El razonamiento de Avogadro para interpretar las leyes volumétricas basándose en esta hipótesis a pesar de ser completamente lógico y muy claro, pues chocó con la autoridad de Dalton y no fue admitido por los químicos hasta casi 50 años después en una gran reunión que se pudo considerar casi como el primer congreso de química internacional que se celebró en Alemania. En esta reunión, pues un discípulo de Avogadro que fue Canizarro que era también profesor de química en la Universidad de Génova presentó con gran claridad la hipótesis de Avogadro y su aplicación para poder determinar los pesos atómicos y moleculares así como unas fórmulas más simples y correctas de las moléculas. Que no coincidían con la supuesta hipótesis.

...precuestamente erróneas, dichas por Dalton. Pues la verdad que es muy interesante todo lo que estás explicando. O sea, cómo influye la consideración de las hipótesis de las leyes volumétricas, ¿no? Dadas por Gay-Lussac, las interpretaciones de Abogadro, las interpretaciones de Canizarro... ...y en qué fecha más o menos pudo haber sido ese primer congreso de química, el primero internacional que ha habido en la historia. Es importante, ¿no?, por recordarlo. ¿En qué fecha más o menos pudo...? Bueno, esto se celebró en 1860, cuatro años después ya de la muerte de Abogadro. Bueno, esto quiere decir un poco que la química nos empieza a sedimentar seriamente hasta mediados del siglo pasado, ¿no? Porque existen congresos en 1860. Entonces, es cierto que hasta mediados del siglo pasado no se conocían bien los pesos atómicos... ...ni las fórmulas de los compuestos metálicos. No eran los más sencillos. Sí, efectivamente. Algunos de los pesos atómicos...

atómicos conocidos entonces pues eran erróneos hasta bueno en ciertos casos con un error del 50% así también estaban equivocadas pues muchas de las fórmulas de

compuestos tan sencillos o importantes como son por ejemplo el agua para la que Dalton pues había propuesto HO en lugar de H₂ y o también por ejemplo el amoníaco en la que se propuso la fórmula de NH en lugar de la correcta que se sabe que es NH₃ por ello el congreso de Alemania supuso pues un memorable hito en la historia de la química que a partir de esta fecha pues experimentó un espectacular avance en su desarrollo en primer lugar el concepto claro de molécula permitió que se desarrollase lo que se llama la teoría cinético molecular de los gases incluso por primera vez pues se pudo determinar aproximadamente el tamaño de las moléculas de unos pocos astrón para las para las más sencillas el astrón es la unidad de longitud que se ha utilizado durante mucho tiempo para medir las

dimensiones de los átomos y moléculas. En el sistema internacional de unidades utilizado ya hoy en la actualidad no figura ya el astrón, sino que en lugar debe utilizarse el nanómetro y un astrón es igual a 10 nanómetros, es decir que el tamaño de estas moléculas más simples es de unas décimas de nanómetro. Para darnos una idea de lo pequeñísimo que son las moléculas, pues nos podríamos decir que nos harían falta como unos 10 millones de moléculas puestas en fila para que ocupasen la longitud de 2 o 3 milímetros. Bueno, pues entonces es importante recordar que en el SI, en el sistema internacional de pesas y medidas, que es algo que convencionalmente establecen los físicos, los químicos, precisamente para medir la materia en todas sus manifestaciones, durante algún tiempo fue el astrón la unidad de medida. De las moléculas y ahora es el nanómetro, según has explicado, ¿no?

Entonces, estos avances en los conocimientos de la existencia de los átomos y de las moléculas, pasando a un terreno práctico, por ejemplo, la industria química, ¿han tenido alguna repercusión? Sí, en efecto, esto ha tenido una enorme repercusión en todos los campos de la química. En primer lugar, al tener cierta seguridad en la existencia de las moléculas, pues a partir del último tercio del siglo pasado, los químicos empezaron allá a relacionar las propiedades de las sustancias con la supuesta estructura de las moléculas, con lo que la química se ha ido transformando desde una naturaleza que tenía casi enigmática y empírica hasta una ciencia cada vez que es más teórica y deductiva. Lo más típico ahora de la química moderna podemos decir que es su eminente carácter estructural. Hoy en día se trabaja muy intensamente con todos los métodos físicos de los que se disponen para poder conocer cada vez mejor la estructura de las moléculas y así establecer relaciones entre esta estructura y las propiedades físico-cognitivas. La química es un objeto que se ha ido transformando desde la existencia de las moléculas, pues a partir del último tercio del siglo pasado, los químicos empezaron allá a relacionar las propiedades físico-cognitivas. Hoy en día se trabaja muy intensamente con todos los métodos físico-cognitivas.

Este conocimiento íntimo de las moléculas ha repercutido notablemente en muchos aspectos de nuestra civilización, en la medicina, en la agricultura, así como en los sistemas de transporte, comunicaciones. Así mismo, por ejemplo, en la fabricación química actual de nuevos plásticos y fibras sintéticas, de nuevos materiales para electrónica, incluso en la síntesis de nuevos antibióticos y fármacos contra el cáncer, todos ellos están basados en gran parte en los conocimientos que cada vez se tienen más profundos de la estructura de la materia. O sea, que hay cosas como antibióticos, fármacos, incluso contra el cáncer, fertilizantes, también imagino que ordenadores. O sea, hay todo un campo de... De la

industria que se beneficia, que se enriquece de este conocimiento de la química referido a la estructura de la materia. Bueno, con esas disquisiciones que has dado tan interesantes sobre las moléculas, quizá nos hemos...

han desviado un poco de cómo se pudo llegar a conocer la estructura de los átomos. ¿Podrías aclararnos algo más sobre esta cuestión? Sí, mira, los conocimientos actuales de la estructura atómica, pues están basados en una gran variedad de experimentos sobre las interacciones de la electricidad con la materia, llevados a cabo por numerosos investigadores casi a finales ya del siglo XIX y comienzos de este siglo nuestro. Su origen son los pioneros trabajos de Faraday, realizados hace más de 150 años sobre el paso de una corriente eléctrica a través de disoluciones acuosas de sales, que culminaron como unos 70 años después, primero con el descubrimiento de los llamados rayos X, que se llamaron así al ignorar lo que era su descubridor, y después, tres meses después, con el descubrimiento de la radioactividad, que se descubrió precisamente cuando... cuando se trabajaba sobre las propiedades de los rayos X.

Una etapa también muy importante para el conocimiento de la estructura de los átomos fue la realización de numerosos experimentos sobre descargas eléctricas a través de gases a baja presión que condujeron al descubrimiento de los llamados rayos catódicos, llegando a saber que estaban formados por pequeñísimas partículas con carga eléctrica negativa que recibieron el nombre de los electrones. El conocimiento del electrón culminó en 1897 con los trabajos de Thomson en un laboratorio de Cambridge, del que fue director muy joven, a la edad de 28 años. Thomson utilizó un tubo de descargas eléctricas especialmente diseñado por él y en el que un fin noaz de rayos catódicos era sometido al mismo tiempo a un campo eléctrico y a otro magnético, perpendiculares entre sí. De esta forma pudo demostrar sin lugar a dudas que...

estos rayos catódicos estaban formados por electrones, que eran siempre iguales para todas las sustancias, es decir, que eran constituyentes esenciales de los átomos. Sus medidas cuantitativas le permitieron determinar la relación entre la carga eléctrica y la masa de los electrones, es decir, E partido por M , que es igual a menos 1,76 por 10 elevado a 8 colombios gramos. O sea, menos 1,76 por 10 elevado a 8 colombios por gramo, ¿no? Esa es la masa. Sí. La relación entre carga eléctrica y masa de los electrones. Sí, la relación entre la carga eléctrica y la masa, es decir, E partido por M . Ah, bien. Bueno, la importancia científica de estos trabajos le valió a Thomson un premio Nobel de física, pero también tiene un interés en práctico, y es que, aunque su aplicación no ocurrió hasta, bueno, casi más después de 30 años.

ya que los tubos de descarga utilizados por Thomson luego se puede decir que son los predecesores de los tubos actuales de los televisores que es una pieza fundamental en estos puesto que son los responsables de la formación de las imágenes en la pantalla del televisor o sea que es increíble pensar que bueno después de los trabajos de Faraday simplemente hacer pasar una corriente eléctrica por soluciones acuosas de sales eso fuera una base para que luego se descubrieran los rayos X después la radioactividad, después los rayos catódicos y ya con los trabajos sobre los rayos catódicos se haya podido verificar empíricamente la existencia de los electrones desde luego está claro que estos trabajos de Thomson pues sirvieron para identificar a los electrones como constituyentes de la materia y

por lo tanto de los átomos pero ¿cómo esa relación a la que nos hemos referido que es la de los electrones? partido por M

¿Cómo se podía explicar bien el tema de la carga y la masa del electrón si en realidad eso no se conocía? Esos datos. Sí, en efecto. Y Thompson ya se dio cuenta de todo esto. Y en particular al comprobar esta relación con lo que se había determinado por electrolisis para algunos iones, por ejemplo para el hidrógeno, vio que era unas dos mil veces menor que la de los electrones. Y el propio Thompson ya supuso que esto se debería a que la masa del electrón tendría que ser unas dos mil veces menor que la de los iones de hidrógeno, por lo que sería muy difícil por su medida. Por ello ideó algunos experimentos para poder determinar la carga del electrón, que no dieron resultado. Y el éxito ya lo consiguió el físico norteamericano Millikan, con unos célebres experimentos de las gotitas. Y el éxito ya lo consiguió el físico norteamericano Millikan, con unos célebres experimentos de las gotitas.

que la carga eléctrica negativa del electrón era de $1,6 \times 10^{-19}$ coulombios. Con este valor de la carga del electrón y el de la relación E partido por M , que hemos dicho anteriormente, determinada por Thomson, pues ya se pudo calcular directamente el valor de la masa del electrón, que resultó ser $9,1 \times 10^{-28}$ gramos. O sea que estas cifras son interesantes. Pues la carga del electrón se situó en coulombios en $1,6 \times 10^{-19}$, y la masa del electrón expresada en gramos, $9,1 \times 10^{-28}$. Así que como podemos ver, pues es un valor pequeñísimo, y casi imposible de imaginar, por lo que excepto en unos cálculos que sean muy precisos, pues no hace falta tener nunca en cuenta la masa de los electrones. Bueno, y entonces una vez que ya se había demostrado que los electrones eran los constituyentes de la materia, y por tanto... De los átomos, y con...

Como estos son neutros, habría que suponer que existían otras partículas con carga positiva, ¿no? Sí, precisamente esto fue más o menos el razonamiento de Thomson, por lo que junto con uno de sus colaboradores, pues se dio un aparato para estudiar la relación E partido por M en los llamados rayos positivos o rayos canales de los tubos de estos de descarga, encontrando que esta relación pues dependía del gas que se utilizaba para llenar el tubo. Por ejemplo, para el caso del hidrógeno, pues E partido por M era igual a $9,6 \times 10^{-4}$ coulombios gramo, valor que coincidía con el obtenido por electrolisis para los iones hidrógeno. Basándose en todos estos experimentos, Thomson propuso el primer modelo atómico, que expuso ya en una conferencia. En esencia, Thomson suponía que los electrones del átomo, 1, 2, 3, o bueno, los que son los electrones de la atmósfera, estaban situados simétricamente en el átomo.

dentro de una esfera de carga positiva distribuida uniformemente y que compensaba pues la carga negativa de los electrones para poder comprobar este modelo atómico pues Thompson y varios colaboradores realizaron experimentos de dispersión de luz de electrones de rayos x y de partículas alfa pero bueno ya el éxito lo consiguió Rutherford mediante los célebres experimentos de dispersión de partículas alfa a través de películas metálicas pues de aluminio cobre plata y oro realizados entre 1909 y 1913 ya en la universidad de Manchester el Rutherford que ya había recibido un premio Nobel de química propuso un famoso modelo atómico nuclear para poder explicar todos sus resultados experimentales según este modelo pues el átomo consta de un núcleo muy pequeño y muy

pequeño y que se ha convertido en un núcleo de la especie de la especie de la especie pequeño unas cien mil veces más

menor que el tamaño del átomo y que contiene toda la carga positiva y prácticamente toda la masa del átomo. Alrededor de este núcleo es donde giran los electrones, cuyo número es igual al de cargas positivas del núcleo. Este número recibe el nombre de número atómico porque coincide con el número de orden del correspondiente elemento en el sistema periódico. O sea que el número atómico es el número de electrones y evidentemente coincide con el número de cargas positivas, que son las que llamaríamos protones, ¿no? En un principio, pues el número atómico se determinó mediante la dispersión de partículas alfa, pero después se utilizó un método un poco más preciso basándose ya en el estudio de los espectros de rayos X. Pues estamos llegando al final del programa, María José Morcillo, y la verdad es que lo que nos has explicado sobre la estructura atómica, el modelo atómico... debido ya fundamentalmente a Rutherford, es interesantísimo.

Y ese es el modelo que, en fin, que propuesto por Rutherford hace más de 75 años, se ha sostenido durante mucho tiempo. Pero, ¿sigue teniendo validez a la actualidad? Esta sería la última pregunta que te haría. ¿El modelo de Rutherford sigue teniendo hoy validez? Bueno, la idea fundamental de núcleo atómico conteniendo toda la carga positiva y toda la masa, y luego la corteza formada por electrones, pues es válida. Pero se han tenido que introducir algunas modificaciones en cuanto al comportamiento de los movimientos de los electrones. En primer lugar, pues el propio Rutherford, al admitir que la carga positiva del núcleo está formada por protones, se dio cuenta de que la masa de todos ellos era aproximadamente la mitad que la masa atómica. Por ello tuvo que suponer, pues que en los núcleos atómicos existían otras partículas pesadas de masa parecida a la de los protones, pero que no tenían carga, por lo que les dio el nombre de Rutherford. El nombre de neutrones, estas partículas son las que se han convertido en partículas de masa.

muy difíciles de continuar por la ausencia de carga, pero fueron identificadas ya en el año 1932. El modelo atómico nuclear se consolidó ya en 1913 con la famosa teoría de Bohr, que es un físico danés que ya trabajó con Rutherford y que descubrió las órbitas cuantizadas de los electrones, con lo que pudo interpretar el espectro del hidrógeno. Y ya posteriormente, en 1925, se ha desarrollado lo que se ha llamado la mecánica cuántica, que modificó esta teoría de Bohr y mediante la cual es posible interpretar de forma ya estadística todas las propiedades de los átomos, así como su capacidad para formar moléculas, es decir, lo que es el enlace químico. Pues María José, muchas gracias y hasta el próximo programa en donde hablaremos de reacciones químicas. Gracias.

La Llorona La Llorona

Mañana jueves estaremos de nuevo aquí a partir de las 9 de la noche. Os esperamos en la UNED. La UNED

Fin