

SESIÓN 8

EL ESTUDIO DEL ÁTOMO A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

I. CONTENIDOS:

1. La búsqueda de los elementos básicos de la materia.
2. El átomo y su estructura.
3. Breve historia de la Teoría Atómica.

II. OBJETIVOS:

Al término de la Sesión, el alumno:

- Conocerá las teorías acerca de las sustancias fundamentales planteadas en la antigüedad.
- Conocerá el experimento mediante el cual Rutherford descubrió el núcleo atómico.
- Comprenderá estructura del modelo atómico de Bohr.

III. PROBLEMATIZACIÓN:

Comenta las preguntas con tu Asesor y selecciona las ideas más significativas.

- ¿Bajo qué criterio están ordenados los elementos de la tabla periódica?
- ¿Por qué nunca nadie ha visto un átomo?
- ¿Por qué se dice que un átomo es “neutro”?

IV. TEXTO INFORMATIVO-FORMATIVO:

1.1. La búsqueda de los elementos básicos de la materia

Hace aproximadamente 2500 años en la antigua Grecia, Demócrito y su maestro Leucipo, propusieron una explicación para la constitución de la materia. Pensaron que la materia estaba formada por dos elementos: lo que es (los átomos) y lo que no es (el vacío). Creían que los átomos eran indivisibles, eternos, con movimiento constante y se diferenciaban en forma, tamaño y posición. Por otra parte, los filósofos Tales, Anaxímenes, Heráclito y Empédocles propusieron, a lo largo de varios años que la materia estaba formada por cuatro elementos: el agua, la tierra, el fuego y el aire; Empédocles fue quién unificó las aportaciones de los demás filósofos. Luego Aristóteles añadió una quinta esencia, el éter que era de los que estaban formados los planetas y las estrellas.

Debido a que Aristóteles fue maestro del conquistador Alejandro Magno, sus ideas se difundieron por el mundo árabe, persa y egipcio. Los árabes resguardaron las ideas de Aristóteles y de otros filósofos griegos durante la llamada noche de los mil años (edad media). Surgieron los alquimistas que basándose en la idea de que todo estaba formado por la combinación de cuatro elementos, entonces podrían transformar a cualquier sustancia en oro. Sabían que calentando ciertas piedras con carbón obtenían metales, con arena y carbonato de calcio obtenían vidrio. Pensaron que sólo era cuestión de tiempo el poder transformar un metal común en oro.

Tal parece ser la razón por la que las ideas de Leucipo y Demócrito no permanecieron vigentes. Sin embargo, había nacido la química, se tenían que reformar muchos principios pues no permitían seguir aprendiendo y además algunos no podían explicar las observaciones de estos primeros científicos. Sabían que en la materia hay compuestos, que pueden separarse en sustancias más simples. Llamaron elementos a las sustancias que ya no podían descomponerse. Entre ellas estaba el oro, la plata, el hierro, el calcio, el carbono, etc.

John Dalton a principios del siglo XIX, rescató las ideas de Leucipo y Demócrito. Estableció que la infinidad de sustancias que forman a la materia están compuestas de un pequeño número de diferentes tipos de átomos. Estos tipos son los que se asocian con los diferentes elementos químicos. Entonces hay átomos de plata, de hierro, de cobre, etc. Son indestructibles, se combinan con otros átomos para formar a la materia, lo que distingue a los diferentes tipos de átomos es su peso, los átomos de un mismo elemento son iguales, éstas y otras ideas dieron inicio a la llamada Teoría Atómica. Vale aclarar que no todos los postulados de Dalton lograron sobrevivir al escrutinio de cientos de mentes brillantes de los siglos XIX y XX.

2.1. El átomo y su estructura

La estructura del átomo se fue aclarando a través de múltiples aportaciones de científicos. Es muy importante aclarar que la dificultad para decir cómo es un átomo estriba en el hecho de que es tan pequeño que no puede ser visto, no hay fotografías de átomos. Se pueden tener rastros de los átomos o de sus componentes con artefactos desarrollados para la detección de partículas radioactivas, como una cámara de burbujas de hidrógeno líquido, o la cámara de niebla de Wilson; sin embargo no hay una imagen de su estructura interna. De tal modo, sólo es posible conocer al átomo de manera indirecta; diseñando experimentos de manera apropiada y estudiando a las observaciones, se han podido establecer algunas características que el átomo debe tener.

Dalton, pensaba que los átomos eran indivisibles y por tanto indestructibles. Como ya se mencionó, en el tema del electrón y su carga, las aportaciones de Joseph John Thomson condujeron a la idea novedosa de que el átomo era un cuerpo que a su vez estaba formado por otras partículas más pequeñas. Algunas de estas partículas se podían desprender de los átomos utilizando intensos campos eléctricos. Entonces el átomo no era indivisible; sin embargo por deferencia al trabajo de los anteriores pensadores, se continuó en uso con el término “átomo” que significa “sin división”. Además en 1911, construyó un espectrógrafo de masas con el fin de calcular la masa de los diferentes isótopos de un elemento químico, teniendo satisfactorios resultados.

Tal como se relatará más adelante, el conocimiento del átomo fue evolucionando en el siglo XIX y XX. Después de los trabajos de Thomson, surge la idea de partículas de carga eléctrica positiva; debido a que se sabía que el átomo era eléctricamente neutro, entonces por necesidad deberían existir partículas con carga eléctrica positiva. Eugene Goldstein estudió un fenómeno opuesto a los rayos catódicos conocido rayos canales (rayos de carga eléctrica positiva), éstos permitieron conocer que no sólo había partículas elementales con carga igual a la de los electrones pero de signo contrario, sino que aparecían con frecuencia masas diferentes; a estos cuerpos subatómicos se les llamó iones.

En 1911, Lord Ernest Rutherford concluyó que en el átomo debería encontrarse el 99.99% de la masa en un espacio muy reducido a fin de que pudiera haber una región de extraordinaria densidad. Dedujo que los electrones deberían estar separados del núcleo, orbitando en torno a él. El experimento de la hoja de oro fue el que permitió conocer esto.

Más tarde en 1933, Chadwick demuestra la existencia de los neutrones. De este modo, se tiene ya la idea de que los átomos están formados por al menos tres clases de partículas diferentes que reciben el nombre de: electrones, protones y neutrones. Que los neutrones no presentan carga eléctrica y que podrían equipararse a la unión de un electrón con un protón, que los electrones tienen carga negativa y los protones positiva. Que el átomo tiene un núcleo súper denso y que contiene casi la totalidad de la masa del mismo, que los electrones orbitan en torno del núcleo y que, Como veremos adelante, se comportan como partículas y como ondas.

Cuando se tiene un protón en el núcleo de un átomo, éste atrae al único electrón que posee con una fuerza inferior que aquella con que el núcleo del mercurio atrae a sus electrones. El mercurio atrae con mayor fuerza a sus electrones porque posee 79 cargas positivas en el núcleo; el efecto de esta circunstancia es que los átomos de mercurio y de hidrógeno no sean demasiado diferentes, pues al incrementar el número de protones se incrementa la atracción de los electrones haciendo más compacto al átomo.

3.1. Breve historia de la Teoría Atómica

Los átomos no son del todo conocidos, sin embargo cada día se sabe más acerca de ellos. Fue fundamental para la comprensión de la estructura de los átomos, el desarrollo de la espectrografía. Un espectro puede definirse como una serie de colores o diferentes longitudes de onda de la emisión radiante de una fuente luminosa. Con ellos se pudo conocer más acerca del acomodo de los electrones en torno del átomo y la manera de cómo interactúan con la energía. Se forman al proyectar la luz que emite un gas caliente sobre un prisma, se pueden apreciar diferentes arreglos para las sustancias que se han estudiado.

Tal como se ha mencionado, la historia del pensamiento del hombre sobre los átomos comenzó en el mundo Helénico; hace más de 2500 años, los griegos ya se preguntaban de qué estaban formadas las cosas que percibimos. Leucipo y Demócrito, propusieron que todo estaba formado de partículas indivisibles muy pequeñas a las que llamaron átomos, rodeadas ellas por un espacio vacío. Sus ideas no prevalecieron debido a que otro filósofo de gran renombre: Aristóteles, pensaba diferente. Aristóteles estaba convencido de que la materia era una combinación de cuatro sustancias elementales: aire, agua, tierra y fuego. Como la fama y prestigio de Aristóteles era mayor, sus ideas se impusieron a las de Leucipo y Demócrito. De tal manera que por más de dos mil años, el mundo explicaba la consistencia de la materia como una mezcla de las cuatro sustancias elementales.

Después de la caída del imperio de Alejandro Magno, los romanos tomaron el control y asimilaron la cultura griega permitiendo que su sabiduría no desapareciera, pero en el siglo V de nuestra era, el imperio romano sucumbió y el poder pasó a manos de la iglesia. La iglesia mantuvo el poder por muchos siglos, pero para lograr esto no permitió cambios, la evolución del pensamiento se restringió a tal grado que eran sometidos por la fuerza todos los que buscaran nuevas explicaciones a las preguntas que se hacían. Este periodo que abarca mil años se conoce como la Edad Media. A finales de la Edad Media, aparecieron los alquimistas que pretendían convertir un metal común como el plomo en oro; el fundamento de que era posible tal transformación era que todo está formado por una combinación de los cuatro elementos. Habían tenido éxito en la destilación del alcohol, en la fundición de metales y en la formación de aleaciones, sabían de los secretos para la fabricación del vidrio con diferentes colores; en fin creían que pronto lograrían “la gran empresa” la transmutación de plomo en oro. Como nota histórica desde principio del siglo pasado, esos sueños de los alquimistas se hicieron realidad; no por los sucesores de alquimistas del remoto pasado, sino por científicos que a través de la interacción de la materia con las partículas radioactivas presenciaron la transmutación de elementos químicos.

La eterna curiosidad del hombre por saber todo cuanto está a su alcance, ha permitido el que se acreciente la cantidad y calidad del conocimiento. Los pensadores ahora se concentran en un muy particular aspecto de la realidad, se especializan y así llegan a saber mucho de casi nada. En el siglo XVIII apareció un francés que es considerado el padre de la química Antoine Laurent Lavoisier, experimentando con diversas sustancias pudo demostrar que la materia no se crea ni se destruye (en las transformaciones químicas) que sólo se transforma. Esto dio pie a que se inquiriera qué leyes naturales rigen esas transformaciones, el camino era largo habría que describir en principio cómo estaba formada la materia. Sabían, como se ha dicho, que había sustancias que no se podrían descomponer en otras más simples, a éstas les llamaron elementos pues debían ser

las verdaderas sustancias que conforman a las otras que llamaron compuestos. Habían logrado formar agua al quemar gas hidrógeno, entonces el agua no era una sustancia elemental, estaba formada al menos por dos gases que se obtenían por otros medios.

El conocimiento de la naturaleza de la materia fue avanzando con el descubrimiento de nuevos elementos químicos y sustancias que se sintetizaban a partir de otras más simples. Habría que organizar un poco todo lo que se había logrado comprender. Entonces aparece el ruso Dmitri Ivanovich Mendeleiev quien pudo “acomodar” en un arreglo coherente a los diferentes elementos químicos que se conocían, dejó espacios para los que todavía no se habían descubierto pero que tendrían que descubrirse algún día. Este arreglo fue el comienzo de los que ahora conocemos como tabla periódica de los elementos. En nuestros días creemos que hay 118 diferentes elementos químicos, pero en un mismo elemento químico puede haber dos o más variedades a las que llamamos isótopos. Los isótopos se diferencian en que presentan una cantidad diferente de neutrones en su núcleo.

Se conocen como modelos atómicos a las diferentes descripciones que se han propuesto para explicar la estructura del átomo. El primer modelo es el de John Dalton, en él se establece que los átomos son indestructibles, que son iguales los átomos de un mismo elemento, que los diferentes compuestos que existen se forman a partir de la unión de los átomos de diferentes elementos. Fue propuesto en 1808.

Otro modelo es el de Joseph John Thomson, en 1897 propuso su famoso modelo del “Budín de pasas” en el que establecía que los átomos tienen capas de electrones distribuidos en la superficie de una esfera diminuta de carga eléctrica positiva. De acuerdo con el modelo, los electrones podrían desprenderse de los átomos por la presencia de un intenso campo eléctrico.

En 1911 el neozelandés Ernest Rutherford, puso a prueba el modelo de Thomson. Diseñó un experimento en el que intervenían partículas radioactivas, con las que realizaba investigaciones, una delgada hoja de oro, y una pantalla fluorescente. El experimento consistía en lanzar un rayo de partículas alfa sobre una delgada hoja de oro. Las partículas eran aceleradas y de acuerdo a su masa deberían alcanzar una cantidad de movimiento tal que pasarían por la delgada hoja de oro sin contratiempos, para luego ser percibidas indirectamente al ver cintilaciones en la pantalla fluorescente colocada delante. El experimento era como disparar con un rifle de asalto a una hoja de papel y luego verificar que todas las balas hayan pasado la hoja de papel.

Pero en el experimento se registraron cintilaciones, causadas por el impacto de las partículas radioactivas en la pantalla fluorescente, en donde se esperaba que aparecieran y también en lugares inesperados. Había centelleos en regiones laterales como si algo hubiera desviado a las partículas alfa; pero lo más extraño eran los destellos detrás de la hoja de oro, era necesario que en los átomos de oro hubiera una zona súper densa que hiciera rebotar a las partículas alfa a pesar de su gran cantidad de movimiento. Las observaciones permitieron comprender que el tamaño de esa zona súper densa debería ser muy pequeño, esto porque los centelleos detrás de la hoja de oro eran muy pocos, que la mayoría de las cintilaciones se registraban enfrente de la hoja y que un número menor de centelleos se registraba lateralmente.

La conclusión fue que los electrones estaban separados de la zona súper densa a la que llamamos núcleo. Las desviaciones laterales eran ocasionadas por la interacción de las partículas alfa con los electrones o con el núcleo sin llegar a impactarse. Las desviaciones hacia atrás de la hoja eran por el impacto de frente de las partículas alfa con el núcleo. Como la mayoría de las partículas atravesaron la hoja de oro sin desviarse se concluyó que también la mayor parte del espacio que ocupa el átomo está vacío.

Los espectros de diferentes elementos químicos permitieron comprender cómo están organizados los electrones en torno del átomo. En 1913 el físico danés Niels Bohr propuso un modelo atómico que explicaba la radiación emitida por el gas hidrógeno y que se había registrado en su espectro. Las posiciones de los electrones deberían tener órbitas en lugares específicos, no en cualquier lugar alrededor del núcleo. Utilizó la teoría cuántica del alemán Max Planck para explicar que un electrón no emite energía de manera continua, sino que lo hace en múltiplos de una unidad energética muy pequeña llamada cuanto (del latín quantum que representa alguna cantidad de algo). Los electrones se encuentran en niveles de energía, que son los lugares permisibles para la energía que está asociada al electrón, entre más alejado se encuentre un electrón del núcleo tiene más energía. Los cuantos de luz que emiten los electrones se conocen como fotones.

Cuando un electrón recibe energía del exterior es excitado y se mueve hacia un nivel cuántico más alejado del núcleo, casi instantáneamente es atraído por el núcleo y para retornar a su nivel de procedencia tiene que emitir la energía que recibió en alguna forma de radiación, a este proceso se le llama desexcitación electrónica, puede hacerlo den un solo paquete o en partes regresando paulatinamente a través de los niveles intermedios.

La física clásica establecía, de acuerdo a la teoría electromagnética que los electrones al ser partículas cargadas y en movimiento deberían emitir radiación hasta agotar su energía, sin embargo esto no se registraba en las observaciones de los experimentos. Lo que si se sabía era que los electrones, de átomos en estado gaseoso, no emitían un espectro continuo como el de la luz blanca, sino que la emisión era en una serie de franjas de color. Con esto se pudo entender que los electrones de los átomos estudiados no emitían la suficiente energía como para formar un espectro continuo, es como si tuvieran energías permisibles. Como los electrones se encuentran en determinados lugares del espacio llamados niveles cuánticos, se dice que los niveles son discretos, hay interrupciones entre uno y otro. El primer nivel cuántico del átomo de hidrógeno tiene un radio de 0.53 Angström, el segundo un radio cuatro veces mayor, el tercer nivel tiene un radio nueve veces mayor, y así sucesivamente.

El espectro de un elemento químico en estado gaseoso es igual cada vez que se repite el experimento, pero es diferente a los espectros de otros elementos químicos porque la causa de esas configuraciones particulares es el acomodo o distribución, así como el número de electrones que tiene un átomo. Los sólidos que se pueden calentar hasta que emiten luz, emiten un espectro continuo.

Si un electrón recibe energía del exterior, se excita llegando hasta un nivel de energía más alejado del núcleo, luego al desexcitarse emite radiación electromagnética con una energía que puede ir desde las ondas de radio hasta los rayos X, la energía que emite es equivalente a la que recibió. La energía que emiten los electrones para formar el espectro de líneas, depende de la frecuencia asociada con los colores del espectro multiplicada por la constante de Planck "h"

El espectro electromagnético describe de manera creciente la energía radiante, al incrementarse la frecuencia de las emisiones disminuye la longitud de onda asociada. La secuencia del espectro electromagnético es: Ondas de radio, microondas, rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioleta, rayos x, y rayos gamma.

En 1926 se presentó el modelo ondulatorio del átomo por el austriaco Schrödinger, basándose en los trabajos de la dualidad onda-partícula de Louis de Broglie. En este modelo se piensa que el movimiento del electrón es análogo a un sistema de ondas estacionarias. Para que esto permita una estabilidad en el sistema, las ondas deben tener un número entero de ciclos. Entonces hay una limitante para el tamaño de las órbitas de los electrones, sólo se pueden dar órbitas con un número entero de ciclos. En 1932 se descubrió al neutrón, por el trabajo del físico inglés James Chadwick. Su trabajo permitió la liberación de la energía nuclear años después.