

LA ESTRUCTURA DE LOS ÁTOMOS

INTRODUCCIÓN:

Nadie nunca había visto un átomo individual, ni había medido ninguna de sus propiedades. Los resultados experimentales, apropiadamente interpretados, estaban ciertamente de acuerdo con la teoría atómica de Dalton, pero es probable que también podrían haber apoyado algún concepto alternativo en cuanto a la estructura de la materia.

Simultáneamente con la actividad de los químicos del siglo diecinueve, se desarrollaban muchos experimentos relacionados con la estructura de la materia, y que eran conducidos por físicos. También estos experimentos estaban totalmente de acuerdo con la teoría atómica, aunque nuevamente sólo proporcionaron pruebas indirectas. En conjunto, el trabajo de los químicos y físicos del siglo pasado fue suficientemente convincente como para que la estructura atómica de la materia no haya sido nunca puesta seriamente en duda por los científicos del siglo veinte.

No obstante, las ideas atómicas del siglo diecinueve eran bastante primitivas, quedando aún mucho por hacer al final del siglo.

LAS INVESTIGACIONES DE J.J. THOMSON:

Durante el período 1894–1897, el físico británico J.J. Thomson realizó una serie de experimentos que comprobaron concluyentemente la naturaleza corpuscular de los rayos catódicos. Sus primeros estudios iban dirigidos a determinar sus velocidades con presión mayor. Pudo constatar que ellas alcanzaban solamente una pequeña fracción de la velocidad de la luz, lo cual descartaba la posibilidad de que fuesen radiación electromagnética. Sin embargo, los ensayos más importantes de Thomson estaban diseñados para determinar cuantitativamente la razón carga eléctrica a masa, e/m , para los rayos catódicos.

El valor promedio de Thomson obtuvo para e/m era del orden de 10 elevado a 8 coulombs/g. Cuando comparó este valor con la razón carga–masa para hidrógeno liberado en la electrólisis del agua (e/m es de unos 10 elevado a 5 coulombs/g), concluyó que las partículas de los rayos catódicos o tienen una carga muy grande, o tienen una masa muy pequeña, o ambas cosas.

Si los rayos catódicos tuviesen la misma carga eléctrica que la asociada con los átomos de hidrógeno liberados en la electrólisis del agua, sus partículas tendrían una masa aproximadamente mil veces menor que la de un átomo de hidrógeno. Este tamaño pequeño supuesto para las partículas de rayos catódicos, junto con el hecho de que el valor de e/m era independiente del material catódico, condujo a Thomson a proponer que las partículas de rayos catódicos son partículas fundamentales, cargadas negativamente, que deben encontrarse en todos los átomos. Los corpúsculos de rayos catódicos son las unidades atómicas de carga eléctrica negativa, para las que el físico inglés Stoney propuso el nombre de electrones en 1874.

CARGA DEL ELECTRÓN:

Las investigaciones de J.J. Thomson permitieron la determinación precisa de la razón carga–masa para el electrón; sin embargo, con este solo experimento no es posible determinar ni la carga ni la masa aunque Thomson haya especulado sobre valores probables para e y m . Evidentemente, se necesitaba una evaluación independiente de e/m , permitiría la determinación del otro. Se eligió la carga electrónica e como la magnitud más susceptible de ser medida, siendo diseñados varios métodos que permitieron hacer estimaciones razonables para la carga electrónica, las que fueron logradas por Thomson Townsend y H.A. Wilson; las mediciones definitivas, sin embargo, fueron realizadas por el físico norteamericano Robert Millikan en la

Universidad de Chicago durante el período 1906–1914.

Millikan descubrió que la carga eléctrica de todas las gotas de aceite que habían quedado cargadas, podía ser expresada por ne , en que n es un entero positivo o negativo, mientras que e representa la menor de las unidades observables de carga eléctrica. El valor de la carga electrónica que se acepta actualmente para e es $4,80298 \times 10$ elevado a -10 unidades electrostáticas (ues), ó $1,60210 \times 10$ elevado a -19 coulombs, de modo que la masa del electrón resulta de $9,1091 \times 10$ elevado a -28 g.

RADIOACTIVIDAD:

El descubrimiento de los rayos X que fue el resultado de la investigación con rayos catódicos, a su vez posibilitó el descubrimiento de la radioactividad, anunciado por el físico francés Becquerel a los pocos meses de la publicación de Roentgen relacionada con los rayos X.

En sus primeros experimentos con rayos X, Roentgen empleó las paredes de vidrio de un tubo de rayos catódicos como fuente de rayos X. El impacto de los rayos catódicos sobre el vidrio produce su fluorescencia, además de la emisión de rayos X. Becquerel asoció esta emisión con la propiedad de la fluorescencia y se planteó la pregunta: <<¿Serán capaces los materiales naturalmente fluorescentes de generar rayos X?>> Para responderse, realizó varios experimentos.

Se cubrió una placa fotográfica con papel negro para protegerla de la luz solar, sobre la que fue colocado un mineral fluorescente que contenía el elemento Uranio. Al exponer el conjunto a la luz solar sobre el mineral fluorescía y la placa se exponía, aparentemente confirmado así la idea de Becquerel de que las sustancias fluorescentes eran capaces de generar rayos X muy penetrantes.

Durante un intento para repetir esta observación se nubló el cielo. Puesto que el mineral sólo fluorescía a la luz solar intensa, Becquerel guardó su conjunto de experimentación en un gabinete, esperando continuar su ensayo una vez que hubiera nuevamente sol. Pasaron varios días nublados por lo que Becquerel decidió cambiar la placa fotográfica antes de continuar la exposición, pues temía que la original podía haber sufrido algún deterioro. Al desarrollarla observó que estaba fuertemente expuesta, igual que las placas de sus primeros ensayos. Poco después Becquerel concluyó que la fuente de radiación responsable del ennegrecimiento de las placas no se encontraba en la fluorescencia del mineral: la exposición era provocada por una radiación penetrante misteriosa, que era emitida continuamente por el propio mineral, específicamente por el elemento Uranio contenido en él. Así fue descubierta la radioactividad.

Elementos radioactivos y sus radiaciones:

Al estudiar el poder ionizante de la nueva radiación descubierta por Becquerel, Ernest Rutherford pudo demostrar que existían dos tipos: uno, al que Rutherford llamó rayos alfa, tiene un elevado poder ionizante pero una baja penetración en la materia, pudiendo ser detenidos por una hoja de papel: el otro, de menor poder ionizante pero más penetrante puede atravesar láminas de aluminio de un grosor de hasta 0,1 pulgada. A esta radiación Rutherford dio el nombre de rayos beta.

Como resultado de una serie de experimentos realizados por varios investigadores se estableció que los rayos alfa eran partículas con dos unidades fundamentales de carga positiva y una masa igual a la un átomo de helio, de modo que tal partícula es idéntica al Ion He^{2+} . Los rayos beta resultaron ser partículas cargadas negativamente, cuya razón carga-masa, e/m , era igual a la de los electrones: de hecho, resultaban indistinguibles. También se descubrió una tercera forma de radiación extremadamente penetrante y que no podía ser desviada por campos eléctricos y magnéticos. Esta radiación electromagnética se llegó a conocer como rayos gamma.

En los primeros años de la década de 1900 no solamente se conocían estas tres formas principales de

emanaciones de sustancias radioactivas, sino que también se descubrieron varios elementos radioactivos nuevos (el torio, radio y polonio), principalmente por medio de los esfuerzos de Pierre y Marie Curie, en Francia. También se descubrió que, como resultado de la descomposición radiactiva, un elemento radioactivo se convierte en otro, el cual a su vez se transforma en un tercero por un proceso similar, y así sucesivamente.

El descubrimiento de la radioactividad ha tenido efectos profundos sobre nuestras vidas. Los hechos importantes que han de destacarse en este momento son: la emisión de rayos alfa y beta demuestra convincentemente que los propios átomos tienen una estructura; además, la transmutación de elementos, o sea, la conversión de unos en otros, prueba que al menos algunos átomos no son inmodificables como creía Dalton.

EL ÁTOMO NUCLEAR:

Aunque el modelo atómico del <<budín de pasas>> de J.J. Thomson podía explicar cualitativamente los fenómenos de producción de rayos catódicos, emisión lumínica e ionización, tal modelo (1898) no podía usarse para formular predicciones cuantitativas con respecto a estos fenómenos, como tampoco resultó concordante con otras observaciones que se estaban haciendo en aquella época.

La dispersión de partículas alfa:

Durante la primera década del siglo veinte se realizaron varios estudios relacionados con el poder penetrador en la materia de las partículas alfa, los que se llevaron a cabo en Manchester, en los laboratorios de Ernest Rutherford. Concretando una sugerencia de éste, Geiger y Marsden iniciaron en 1909 una serie de experimentos, para los que se emplearon láminas muy delgadas de oro y otros metales como blancos para partículas alfa rápidas, generadas por una sustancia radiactiva.

La sustancia radiactiva estaba aislada mediante un bloque de plomo de tal modo que sólo podía escapar un haz fino de partículas alfa, las cuales podían ser detectadas por las escintilaciones o destellos de luz que producían en una pantalla de sulfuro de zinc montada en la entrada de un telescopio. Geiger y Marsden hicieron las observaciones siguientes:

- La mayoría de las partículas alfa penetraban la lámina metálica sin desviación.
- Unas pocas (alrededor de una por cada 20.000) sufrían desviaciones bastante grandes, al penetrar la lámina.
- Un número similar no penetraba la lámina, sino que <<rebotaba>> en la dirección de la cual provenía.

En aquella época Rutherford tenía en mente el modelo atómico de Thomson por lo cual argüía que la carga positiva del átomo era tan difusa que las partículas alfa con su carga positiva atravesarían este débil campo eléctrico sin un cambio direccional apreciable. Es por esto que la desviación de las partículas alfa, en partículas rebotes, lo sorprendió grandemente.

Sólo cabría esperar un comportamiento así si la carga positiva de un átomo estuviera fuertemente concentrada en una región muy pequeña, llamada núcleo.

El acercamiento de una partícula alfa a un núcleo de elevada carga positiva daría origen a fuerzas repulsivas de magnitud suficiente como para invertir la dirección de aquella. Es así como nació la idea del átomo nuclear.

El modelo atómico de Rutherford:

H. G. J. Moseley publicó en el año 1913 los resultados de varios experimentos en los que se habían usado diversos elementos o sus compuestos, como blancos en un tubo de rayos X. Ciertas propiedades de los rayos X generados, en particular sus longitudes de onda, variaban de acuerdo con el material empleado. Moseley

pudo relacionar estas longitudes de onda mediante una ecuación matemática en la que se debía asignar a cada elemento un número entero único. Estos números enteros los denominó números atómicos; el resultado más notable fue que éstos coincidieran con la carga nuclear descrita por Rutherford. La brillantez del trabajo de Moseley se refleja en las notas de Millikan, relacionada con la muerte prematura del joven investigador durante la Primera Guerra Mundial.