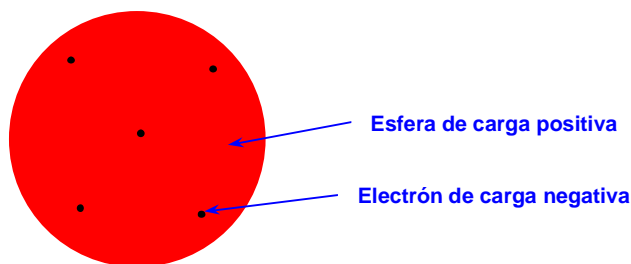


“EXPERIMENTO DE JOSEPH JOHN THOMSON”

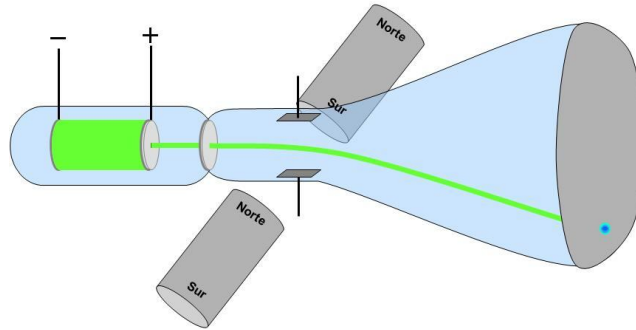
En 1897, el físico inglés Joseph John Thomson (1856-1940) demostró que los rayos catódicos podían ser desviados de su trayectoria por un campo eléctrico o por un campo magnético, lo que indicaba que dichos rayos estaban constituidos por partículas cargadas negativamente. Al analizar la desviación que sufrían tales partículas bajo la acción conjunta de los campos antes mencionados, encontró que la relación entre la carga y la masa de las partículas era un valor que se mantenía constante, independientemente del material que constituía el cátodo. Lo anterior, parecía ser la pieza final de evidencia para sostener la noción de que esas partículas negativas eran parte constituyente de toda la materia.

Con base en ello, Thomson propuso un nuevo modelo atómico en el cual, la carga positiva ocupaba la mayor parte del volumen del átomo y la carga negativa estaba concentrada en las partículas antes mencionadas, mismas que posteriormente fueron llamadas electrones. Thomson imaginaba que el átomo era una esfera uniforme de carga eléctrica positiva, y que los electrones, de carga eléctrica negativa, estaban incrustados en esa esfera como las pasas en un pastel. Este modelo atómico es conocido como el modelo del pastel o budín con pasas.



Dado que los electrones son muy pequeños, Thomson no pudo determinar valores confiables para la carga o la masa del electrón; sin embargo, variando la magnitud de los campos eléctricos y magnéticos aplicados, logró determinar un valor muy cercano al actualmente aceptado para la relación entre la carga y la masa $\left(\frac{q}{m}\right)$ de los electrones. El valor actualmente aceptado para $\frac{q}{m}$ es $1,7588 \times 10^{11} \text{ [C} \cdot \text{kg}^{-1}\text{]}$.

Para realizar sus mediciones, Thomson diseñó un tubo de rayos catódicos en el cual se podían tener el campo eléctrico y el campo magnético actuando al mismo tiempo, perpendiculares entre sí y a la trayectoria del haz de electrones; tal que, cuando actúa solamente el campo magnético, el haz de rayos catódicos se desvía hacia abajo, incidiendo en la pared interior del tubo, la cual estaba recubierta de sulfuro de plomo permitiendo identificar el lugar exacto de incidencia del haz ya que emitía un destello en el punto de incidencia, como se muestra en la figura siguiente:



Cuando una partícula de carga q , se mueve a una velocidad v y pasa a través de un campo magnético de intensidad B , formando un ángulo θ con las líneas de flujo de dicho campo, se ejerce sobre la partícula una fuerza magnética F_m , cuya expresión es la siguiente:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

Tal expresión se conoce también como ecuación de Lorentz. Cuando el ángulo θ es de 90° , la ecuación anterior puede escribirse de la forma siguiente:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \quad (1)$$

Como los rayos catódicos describen un movimiento circular dentro del campo magnético, experimentan una fuerza centrípeta F_c , cuya expresión es:

$$F_c = m \cdot a_c \quad (2)$$

Donde, m es la masa del electrón y a_c es la aceleración centrípeta, la cual se puede determinar con la expresión siguiente:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad (3)$$

Donde, r es el radio de curvatura del haz. De aquí, sustituyendo la expresión (3) en la (2) se obtiene:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (4)$$

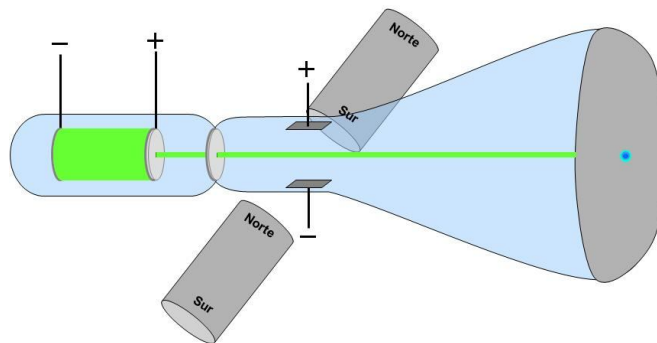
En este caso, las fuerzas magnética y centrípeta son la misma fuerza ya que tienen el mismo efecto sobre los electrones (los obligan a describir una trayectoria circular); por ello se igualan las expresiones (1) y (4) para obtener la expresión siguiente:

$$q \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (5)$$

En esta expresión, los valores de q y m son constantes; por lo tanto se colocan del mismo lado de la igualdad para obtener la expresión siguiente:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r} \quad (6)$$

Para determinar el valor de la relación $\frac{q}{m}$ con esta expresión, Thomson determina las magnitudes de B y r por medición directa con los instrumentos adecuados; sin embargo, la velocidad la determinó de forma indirecta, ya que los electrones son extremadamente pequeños y se mueven a grandes velocidades (aproximadamente un décimo de la velocidad de la luz en el vacío); para ello, aplicó un campo eléctrico imponiendo una diferencia de potencial entre dos placas metálicas paralelas y dispuestas de tal forma que generan un campo eléctrico simultáneamente perpendicular a la trayectoria de los rayos catódicos y a las líneas de flujo del campo magnético. De esta forma, al ir aumentando la diferencia de potencial entre las placas, el haz de electrones va recuperando la trayectoria recta, y la recupera cuando se iguala la fuerza eléctrica con la fuerza magnética, como se muestra en la figura siguiente:



La fuerza eléctrica F_e , que se ejerce sobre los rayos catódicos, está definida por la expresión siguiente:

$$F_e = q \cdot E \quad (7)$$

Donde, E , es la intensidad del campo eléctrico aplicado. Cuando los electrones recuperan la trayectoria recta, son de igual magnitud F_m y F_e ; por lo tanto, se igualarían las expresiones (1) y (7) obteniendo la expresión con la cual Thomson determinó la velocidad de los electrones:

$$v = \frac{E}{B} \quad (8)$$

En conclusión, Thomson, primero aplicó un campo magnético B , de intensidad conocida y determinó el radio de curvatura r , del haz de electrones; posteriormente, aplicó el campo eléctrico y lo fue aumentando hasta que el haz recuperó su trayectoria recta, entonces determinó la intensidad del campo eléctrico E , aplicado. Con esos datos, empleó la expresión (8) para determinar la v y finalmente empleó la expresión (6), para determinar el valor de $\frac{q}{m}$.

Cabe mencionar que en el Laboratorio de Química de la DCB de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se emplean aparatos para determinar el valor de $\frac{q}{m}$ que solo emplean un campo magnético de intensidad variable y no está presente un campo eléctrico para que los electrones recuperen su trayectoria recta; por lo cual, se emplean otras ecuaciones para determinar la velocidad de los electrones.

BIBLIOGRAFÍA:

- Brown, Theodore L.; LeMay, H. Eugene, Jr.; Bursten, Bruce E. *Química. La Ciencia Central*, 11ª edición; Pearson Prentice-Hall: México, 2009.
- Chang, Raymond *Química*, 10ª edición; McGraw-Hill: México, 2010.
- Chang, Raymond *Fundamentos de Química*, 1ª edición; McGraw-Hill: México, 2011.
- Kotz, John C.; Treichel, Paul M. *Química y Reactividad Química*, 5ª edición; Thomson: México, 2003; p.
- Garritz R., Andoni; Gasque S., Laura; Martínez V., Ana *Química Universitaria*, 1ª edición; Pearson Prentice-Hall: México, 2005; p.
- Cruz-Garritz, Diana; Chamizo, José A.; Garritz, Andoni *Estructura Atómica. Un Enfoque Químico*, 1ª edición; Addison-Wesley Iberoamericana: USA, 1991; p.