

El experimento de Rutherford

L. A. Soto Ruiz

Laboratorio de Física II, ESFM-IPN, CDMX, México

Enviada 28 Noviembre 2024

En este experimento se analizaron dos materiales, oro y aluminio, utilizando una cámara de vacío, un contador digital y un sensor preamplificador. Se realizaron mediciones cada 5 grados durante diferentes períodos y se repitió el procedimiento para ambos materiales. Esto permitió observar la relevancia del trabajo de Rutherford en la teoría atómica. Sin embargo, los largos tiempos de operación limitaron la cantidad y precisión de los datos, reflejándose en un alto error porcentual del 44.63%. A pesar de ello, se logró demostrar el funcionamiento del experimento.

Keywords: *Rutherford, Teoría atómica, Oro, Aluminio*

1 Introducción

El experimento de Rutherford es uno de los experimentos que fundamentan la teoría de la estructura nuclear. El experimento de Rutherford [1], realizado en 1909 por Hans Geiger y Ernest Marsden bajo la dirección de Ernest Rutherford, marcó un hito fundamental en la historia de la física. Este experimento fue diseñado para estudiar la estructura interna del átomo y resultó en el descubrimiento del núcleo atómico, modificando drásticamente el entendimiento de la materia en ese momento.

El diseño experimental consistió en bombardear una lámina extremadamente delgada de oro (aproximadamente 100 átomos de espesor) con partículas alfa (α), que son núcleos de helio cargados positivamente y emitidos por una fuente radiactiva. Estas partículas, con alta energía cinética, se dirigían hacia la lámina de oro, y su comportamiento al atravesarla se registraba mediante una pantalla fluorescente recubierta de sulfuro de zinc. Cuando una partícula impactaba la pantalla, se producía un pequeño destello de luz, permitiendo a los investigadores medir tanto la dirección como el ángulo de dispersión de las partículas. [2]

Los resultados del experimento fueron inesperados y reveladores. Contrario a las

predicciones del modelo atómico de Thomson, conocido como el "modelo del pudín de pasas", donde se asumía que la carga positiva y los electrones estaban distribuidos uniformemente en el átomo, los siguientes hallazgos sorprendieron a los científicos:

- La mayoría de las partículas alfa atravesaron la lámina de oro sin desviarse, lo que indicaba que el átomo está compuesto mayoritariamente por espacio vacío.
- Una pequeña fracción de las partículas sufrió desviaciones menores, lo cual sugería la presencia de una región cargada positivamente en el átomo que ejercía una fuerza repulsiva sobre ellas.
- Un número extremadamente reducido de partículas alfa se desvió en ángulos mayores a 90° , e incluso algunas rebotaron casi en línea recta, lo que implicaba que la carga positiva estaba concentrada en una región muy pequeña y masiva, posteriormente denominada el núcleo del átomo.

Rutherford interpretó estos resultados postulando un nuevo modelo atómico. Según este modelo, el átomo tiene un núcleo central diminuto, que contiene casi toda la masa del átomo y su carga positiva. Los electrones, cargados negativamente, orbitan alrededor del núcleo, ocupando un espacio

vasto en comparación con el tamaño del núcleo. Esta concepción fue revolucionaria, ya que no solo invalidó el modelo de Thomson, sino que también sentó las bases para el desarrollo de la física nuclear y la mecánica cuántica. [3]

El impacto científico del experimento fue inmenso. Por primera vez, se pudo concebir al átomo como una estructura organizada, con un núcleo central rodeado por electrones. Este descubrimiento llevó al desarrollo del modelo atómico de Bohr, que introdujo conceptos como los niveles de energía cuantizados, y abrió el camino a futuros avances en la comprensión de las fuerzas nucleares, los protones y los neutrones. Además, el modelo de Rutherford proporcionó la base conceptual para muchas tecnologías modernas, desde los aceleradores de partículas hasta los reactores nucleares.

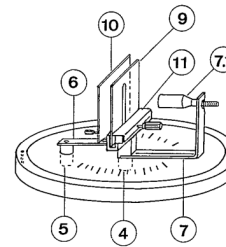


FIGURE 2. Diseño de la cámara [4]

Después se hace la conexión con el sensor y este a su vez al contador, en este caso tomamos mediciones cada 5 grados y por diferentes períodos de tiempo que más adelante serán establecidos, luego se cambiaría el material para poder repetir las mediciones con la otra lámina siguiendo el mismo procedimiento.

2 Desarrollo

En esta práctica se realizó un experimento con dos distintos tipos de materiales, en el primer caso oro y en el segundo aluminio.

Primero se establece el montaje experimental, el cual consta de la cámara de vacío, el contador digital y, finalmente, el sensor preamplificador.

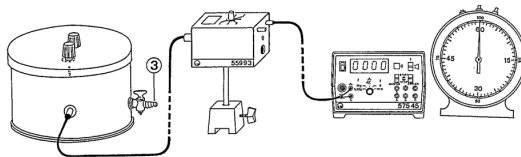


FIGURE 1. Montaje experimental [4]

Primero se colocan los materiales a estudiar y las dos rendijas junto con la muestra de material radiactivo, después se cierra y se procede a conectarla a una bomba para poder vaciar la cámara.

3 Resultados

En este caso, para el primer experimento se obtuvo la siguiente tabla de datos:

Angulo	Tiempo(minutos)	Impactos		
-30	10	1	1	
-25	8	2	5	
-20	6	11	8	
-15	4	15	23	17
-10	1	25	27	26
-5	1	226	221	242
0	1	807	828	847
5	1	449	496	464
10	1	88	90	96
15	2	32	35	33
20	4	28	30	
25	6	9	5	
30	7	1	4	

TABLE I. Primera lamina (oro)

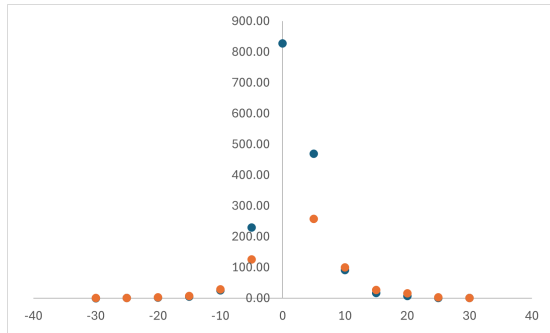


FIGURE 3. Gráfica Impactos y simulación oro

4 Análisis de resultados

Lo primero para poder calcular el número atómico del aluminio se requiere establecer la siguiente relación

$$Z_{Al} = \sqrt{\frac{Z_{Au}^2 d_{Au} N_{Al}}{N_{Au} d_{Al}}} \quad (1)$$

Teniendo esto ya establecido notamos algo, la siguiente tabla está desviada por dos grados, es un problema de la cámara de vacío la cual cuenta con esta desviación

Angulo	Tiempo(minutos)	Impactos		
-30	25	1	1	
-25	20	1	1	
-20	15	1	1	
-15	4	2	2	3
-10	1	5	4	1
-5	1	91	92	118
0	1	1060	1057	1099
5	1	317	301	319
10	2	10	8	9
15	4	3	3	3
20	8	2	3	
25	12	1	1	
30	20	1	1	

TABLE II. Segunda lamina (aluminio)

Angulo	Oro	Aluminio	Z_{Al}
-32	0.100	0.040	26.707
-27	0.438	0.050	14.275
-22	1.583	0.067	8.665
-17	4.583	0.583	15.065
-12	26.000	3.333	15.120
-7	229.667	100.333	27.910
-2	827.333	1072.000	48.067
3	469.667	312.333	34.436
8	91.333	4.500	9.373
13	16.667	0.750	8.958
18	7.250	0.313	8.767
23	1.167	0.083	11.286
28	0.357	0.050	15.800

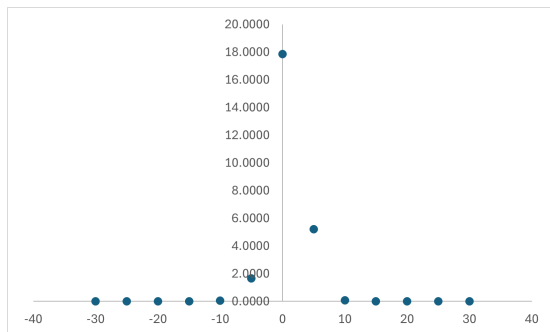
TABLE III. Impactos promedio por minuto y calculo de Z_{Al} 

FIGURE 4. Gráfica Impactos Aluminio

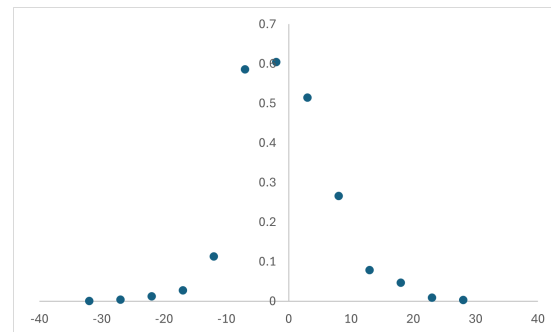


FIGURE 5. Gráfico para Oro tomando la desviación

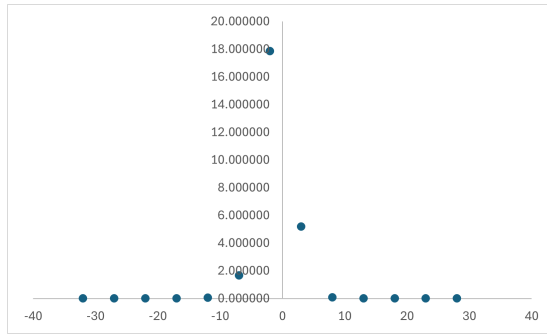


FIGURE 6. Gráfico para Aluminio tomando la desviación

Así pues, tomando los datos siguientes fue posible establecer los valores de Z_{Al}

- $d_{AU} = 2\mu m$
- $d_{Al} = 7\mu m$
- $Z_{Au} = 79$
- Y tomando N_{Au} y N_{Al} como el numero de impactos dependiendo de cada angulo.

Después, tomamos el promedio de estos valores para obtener Z_{Al}

$$Z_{Al} = 18.802 \quad (2)$$

Así pues, su error porcentual está dado por:

$$e\% = \frac{18.802 - 13}{13} \cdot 100\% = 44.63\% \quad (3)$$

5 Conclusión

Con este experimento podemos observar la importancia del trabajo de Rutherford en el desarrollo de la teoría atómica, en este caso uno de los principales problemas fueron los elevados tiempos de operación del experimento, ya que la razón por la que no se pudieron obtener mas datos y mas precisos que para algunos ángulos estos se elevaban demasiado para poder operar correctamente, así pues esto se ve reflejado en el elevado error porcentual del 44.63%, sin embargo se demuestra el funcionamiento del experimento.

6 Referencias

1. E. Rutherford, "The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom," *Philosophical Magazine*, vol. 21, no. 125, pp. 669–688, 1911.
2. H. Geiger and E. Marsden, "On a diffuse reflection of the α -particles," *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, vol. 82, no. 557, pp. 495–500, 1909.
3. J. Chadwick, *The Rutherford Atom: Historical Perspectives*. Cambridge University Press, 1948. Discusses Rutherford's contributions to atomic theory.
4. "Rutherford scattering chamber," Jan. 2025. [Online; accessed 4. Jan. 2025].