

Experimento de Dispersión de Rutherford

REPORTE 2

1st Diego Sarceño Ramírez
201900109

Resumen—En este artículo se presentan los resultados de simular en el software de GEANT4 el experimento de Rutherford. Estos resultados se comparan con otras simulaciones para obtener una media de mediciones en cada uno de los detectores. Y compararlo con lo que ahora ya se conoce.

Index Terms—Dispersión, Rutherford, modelos atómicos.

I. MARCO TEÓRICO

I-A. Experimento de Dispersión de Rutherford

El experimento de dispersión de Rutherford fue concebido por Ernest Rutherford para determinar si el modelo de Thompson (u otros existentes) describía correctamente al átomo. Este experimento consiste en lanzar partículas cargadas eléctricamente hacia un objetivo y observar cómo es que estas partículas se dispersan al interaccionar, por medio de la fuerza de Coulomb, con los átomos del material del que está hecho el objetivo.

EL experimento de Rutherford finalmente se concretó como una serie de experimentos, en la versión final de estos, se lanzaron partículas alfa provenientes de la desintegración radiactiva de radón-222 en forma de un fino haz obtenido por medio de un colimador. El objetivo se lanzaba este haz fue una lámina de oro de $2\mu m$ de grosor. Para observar la dispersión, se colocaba una pantalla fluorescente que brillaba al ser impactada por una partícula alfa. Todos los elementos: emisor de partículas, objetivo y pantalla eran colocados dentro de un tubo sellado al que se extraería el aire creando un vacío.

En base a los datos obtenidos de los experimentos, el mismo Rutherford propuso otro modelo, el modelo de Rutherford, en el cual los electrones orbitan alrededor de un núcleo compacto y muy masivo de carga positiva, de la misma forma en que los planetas orbitan alrededor del sol, razón por la cual este modelo fue llamado "modelo planetario del átomo".

I-B. Fórmula de Dispersión de Rutherford

La dispersión de partículas alfa de los núcleos, se puede modelar a partir de la fuerza de Coulomb y tratarla como una órbita. Para un detector en un ángulo específico con respecto al haz incidente, el número de partículas por unidad de área que golpean el detector está dada por la fórmula de Rutherford:

$$N(\theta) = \frac{N_i n L Z^2 k^2 e^4}{4r^2 E_c^2 \sin^4 \theta/2}. \quad (1)$$

Para obtener la fracción dispersada, la fórmula anterior incluye la sección transversal de dispersión para el núcleo dado. Otra forma de la ecuación de Rutherford es solamente la sección transversal diferencial.

$$\frac{d\sigma}{d \cos \theta} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_1 Z_2 e^2}{4E_o} \right)^2 \frac{1}{\sin^4 \theta/2} \quad (2)$$

II. MONTAJE EXPERIMENTAL

El experimento se basa en simular el lanzamiento de un haz de N partículas alfa hacia una lámina muy delgada de oro. El haz tiene un radio de $1mm$ y las trayectorias de las partículas dentro de este son perfectamente paralelas, pero la distancia a partir del centro es aleatoria (ver figura 1). Las partículas del haz, con energía de $5.5MeV$ inciden perpendicularmente en la lámina de oro de un grosor de $10^{-6}m$.

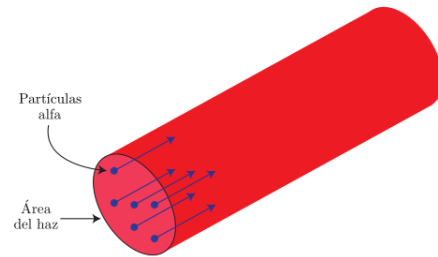


Figura 1. Haz de partículas alfa.

Para cada partícula en la simulación, se considerarán las interacciones que estas tienen con el material del objetivo para determinar la trayectoria que debe seguir al momento de alcanzarlo. Se colocan 10 detectores que cuenta el paso de partículas alfa con el fin de determinar cuántas de las partículas que inciden en el objetivo se dispersan a un ángulo Θ respecto de la trayectoria original del haz. Cada detector tiene un área efectiva de $4cm^2$ y están dispuestos sobre un círculo centrado en el punto de impacto del haz con el material. Los detectores se encuentran a intervalos de 15° entre 0° y 135° (ver figura 2).

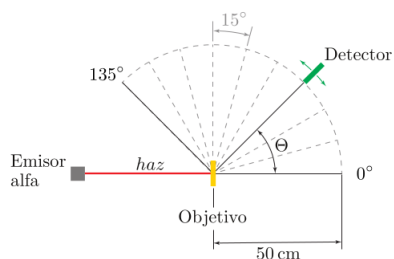


Figura 2. Montaje experimental de la simulación.

III. RESULTADOS

Cuadro I
PRIMERA SIMULACIÓN

Run 1	
Ángulo del Detector	Mediciones
0°	28192468
15°	5202
30°	295
45°	52
60°	16
75°	9
90°	0
105°	3
120°	4
135°	2

Cuadro II
SEGUNDA SIMULACIÓN

Run 2	
Ángulo del Detector	Mediciones
0°	28194414
15°	5231
30°	299
45°	58
60°	12
75°	9
90°	1
105°	2
120°	2
135°	1

Cuadro III
TERCERA SIMULACIÓN

Run 3	
Ángulo del Detector	Mediciones
0°	28187047
15°	5307
30°	314
45°	60
60°	18
75°	11
90°	5
105°	3
120°	0
135°	3

Cuadro IV
CUARTA SIMULACIÓN

Run 4	
Ángulo del Detector	Mediciones
0°	28190247
15°	5393
30°	295
45°	46
60°	26
75°	11
90°	6
105°	1
120°	1
135°	1

Cuadro V
QUINTA SIMULACIÓN

Run 5	
Ángulo del Detector	Mediciones
0°	28192468
15°	5202
30°	295
45°	52
60°	16
75°	9
90°	0
105°	3
120°	4
135°	2

Cuadro VI
SEXTA SIMULACIÓN

Run 6	
Ángulo del Detector	Mediciones
0°	28192468
15°	5202
30°	295
45°	52
60°	16
75°	9
90°	0
105°	3
120°	4
135°	2

Cuadro VII
PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTNDAR

Ángulo del Detector	Promedio	Std
0°	28191519	2557
15°	5256	78
30°	299	7
45°	53	5
60°	17	4
75°	10	1
90°	2	3
105°	2.5	1
120°	2	1.5
135°	2	0.75

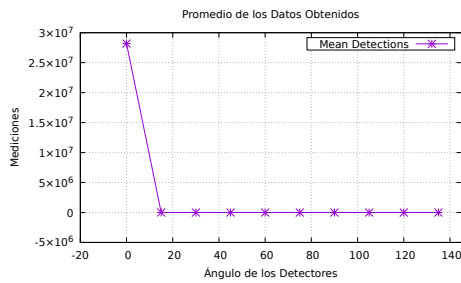


Figura 3. Ajuste de las medias de los datos obtenidos.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Relacionado con las detecciones de partículas, se desmonta, claramente, el modelo atómico de Thompson. Los datos esperados eran más aleatorios en todas direcciones luego de pasar a través de la lámina de oro, cosa que no sucede. Se tiene un 28 % de las mediciones a un ángulo llano, cosa que muestra que el átomo está compuesto, en su mayoría, de espacio vacío.
2. El hecho de que existan pequeñas mediciones a más de 90° significa que existen pequeños pedazos dentro del espacio vacío con una gran concentración de carga que provocan el choque.
3. El hecho de que solo se tengan mediciones de un 28 % del total de las partículas lanzadas puede deberse a muchos factores, a que el espacio cubierto por los medidores no es tan grande, a que la simulación no toma todas las consideraciones físicas o, simplemente, 100M no es la cantidad adecuada de partículas.

V. CONCLUSIONES

1. El átomo es en su mayoría espacio vacío y el núcleo es carga positiva confinada.
2. El modelo planetario del átomo propuesto por Rutherford es, según este experimento, el que mejor modela la realidad.
3. El software GEANT4 es una gran herramienta para la simulación de eventos en física atómica y de partículas. Y siempre es necesario realizar más simulaciones o iteraciones por simulación para obtener lo más cercano a la realidad.

VI. ANEXOS

REFERENCIAS

- [1] Beiser, A. (1968). *Modern Physics: an introductory survey*. Addison-Wesley Publishing Company.
- [2] Rutherford Scattering <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/rutsca.html>