

Universidad de Oviedo

Grado en Física

Introducción a la Física Computacional

Curso 2017-18

Trabajo .28. El experimento de Rutherford

Los experimentos llevados a cabo por Geiger y Mardsen en el laboratorio de Rutherford consistían en bombardear una lámina de oro de menos de un micrómetro de espesor con partículas alfa, núcleos de Helio formados por dos protones y dos neutrones, por lo que su carga eléctrica es positiva (+2qe), mientras que su masa es de 4 u, que provenían de la desintegración del radio y cuya energía era del orden de 5 MeV. Observaron que la mayor parte de las partículas que atravesaban la lámina seguían una línea recta o se desviaban un ángulo muy pequeño de la dirección inicial. Solamente, muy pocas partículas se desviaban grandes ángulos, lo que contradecía el modelo atómico propuesto por Thomson. Rutherford supuso que dichas desviaciones provenían de una única interacción entre la partícula proyectil y el átomo, el cual debería alojar en su interior una fuente pequeña pero intensa de campo eléctrico, el núcleo.

Teniendo en cuenta que la fuerza de repulsión entre dos cargas Q y q del mismo signo de acuerdo a la ley de Coulomb es:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2}$$

Si suponemos que Q es una carga fija (núcleo de oro) y que una partícula (alfa) de masa m y carga q se mueve en el campo creado por la carga Q, las ecuaciones que describen el movimiento de la partícula en el plano xy son:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{x}{(x^2 + y^2)^{3/2}}$$
$$m \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{y}{(x^2 + y^2)^{3/2}}$$

Antes de resolver el sistema de ecuaciones diferenciales por procedimientos numéricos, es conveniente prepararlas para que el ordenador no maneje números excesivamente grandes o pequeños. Por esta razón, estableceremos un sistema de unidades en el que la longitud se mide en unidades de radio del átomo de oro, $R=7.5 \times 10^{-14}$ m, el tiempo en unidades de zeptosegundo, $zs=1.0 \times 10^{-21}$ s, la carga en unidades de carga del electrón, $q_e = 1.6 \times 10^{-19}$ C y la masa en umas $u=1.66 \times 10^{-27}$ kg. En el nuevo sistema de unidades $x = XR$, $y = YR$, $t = Tzs$, $q = q'q_e$, $Q = Q'q_e$ y $m = Mu$, las ecuaciones de movimiento son:

$$\frac{d^2X}{dT^2} = \frac{q_e^2 z s^2}{u R^3} \frac{q'Q'}{M 4\pi\epsilon_0} \frac{X}{(X^2 + Y^2)^{3/2}}$$
$$\frac{d^2Y}{dT^2} = \frac{q_e^2 z s^2}{u R^3} \frac{q'Q'}{M 4\pi\epsilon_0} \frac{Y}{(X^2 + Y^2)^{3/2}}$$

Realice un programa que calcule las trayectorias y el ángulo de dispersión de las partículas α que se disparan a lo largo de rectas paralelas que pasan a diversas distancias (parámetro de impacto) del núcleo de oro. Datos del oro: $Z = 79$, $A = 197$. Velocidad inicial de las partículas α : $2 R/zs$. Tomar

un incremento temporal del orden de 0.1 zs con un tiempo final de 100 zs y un haz de N partículas cuyas distancias de aproximación al núcleo de oro están distribuidas de acuerdo a una función de distribución gaussiana para un parámetro de impacto en el rango de 100 R a 10 R. Para la realización de los cálculos tenga en cuenta el sistema de unidades propuesto con el fin de no utilizar valores excesivamente pequeños. Represente gráficamente los resultados obtenidos.

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/electrico/dispersion/dispersion.html>