Difracción de electrones

Diana Carolina Lozano Molina and Sergio Steven Gutierrez
Universidad de los Andes
(Dated: 30 Marzo 2017)

En este laboratorio se evidenció la dualidad onda-partícula en electrones por medio de difracción. Tambien, se verificó la ecuación de de Broglie concerniente a la longitud de onda de los electrones y finalmente, se determinó experimentalmente la constante de Planck y obtenemos $h = 6.71 \cdot 10^{-34} J \cdot s$.

Palabras clave: Dualidad onda-partícula, difracción de electrones, ley de Bragg, longitud de onda de de Broglie, material policristalino.

I. INTRODUCCIÓN

La percepción de partículas ha cambiado desde 1924 cuando de Broglie propuso que estas no solo se podían comportar de dicha forma si no que también se pueden comportar como ondas. Esto se le conoce como dualidad onda-partícula, y la ecuación correspondiente es:

$$\lambda = \frac{h}{p} \tag{1}$$

Para entender este fenómeno se realizara una difracción de electrones en una red policristalina . Una red cristalina o un cristal.es la nanovisión que se le puede dar a un material , este se puede modelar como cristales que tienen diferentes formas como son BCC, HCP o FCP, entre otras.

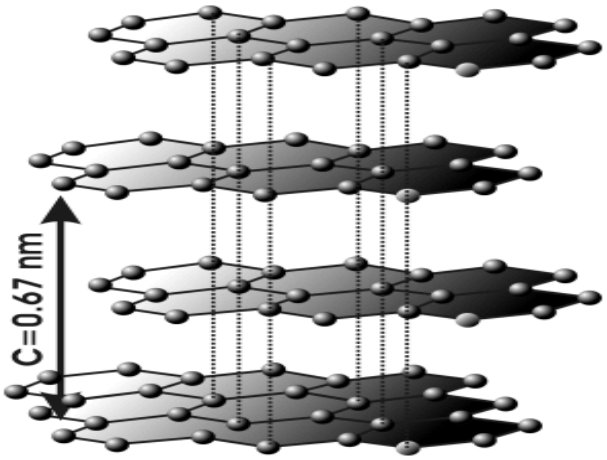


FIG. 1. Estructura del grafito

Para encontrar la longitud de onda de los electrones se usa la ecuación de energía cuando se somete a un voltaje:

$$e \cdot V = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m} \tag{2}$$

Luego la cantidad de movimiento es :

$$p = m \cdot v = \sqrt{2emV} \rightarrow \lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV}} \tag{3}$$

Ahora para relacionar esto con la difracción de electrones, se conoce que en la disposición regular de los átomos en un cristal, estos están colocados como planos paralelos. Al atravesar rayos X o electrones por estos cada elemento del plano actúa como un punto de dispersión y se forman frentes de ondas que se superponen constructiva mente o destructivamente.

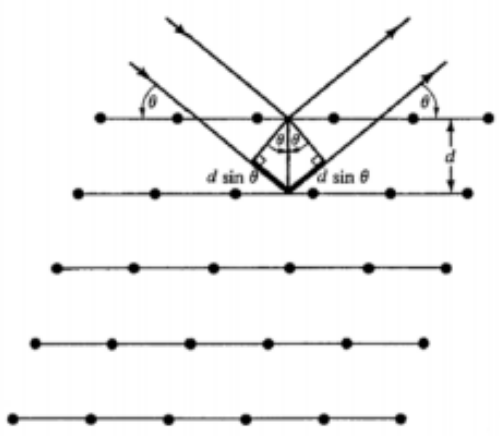


FIG. 2. Ondas incidiendo en arreglo cristalino

Al analizar la diferencia de caminos entre las ondas reflejadas por diferentes planos, la onda reflejada en el plano inferior recorre una distancia adicional. Para que la interferencia sea constructiva, esta distancia adicional debe ser un múltiplo entero de la longitud de onda de los electrones incidentes y a est relación se le llama, la ecuación de Bragg.

$$nd = sen\theta \cdot \lambda \rightarrow 2 \cdot sen\theta = \frac{D}{2L} \tag{4}$$

Para sacar la longitud de onda de los electrones, en términos de la distancia interplanar y del diámetro de los círculos del patrón de interferencia, se sabe que [2]:

$$tan(2\theta) = \frac{D}{2L} \tag{5}$$

Entonces con las ecuaciones 4, 5:

$$\lambda_{bragg} = \frac{2d}{n} sen\left(\frac{1}{2} tan^{-1}\left(\frac{D}{2L}\right)\right) \tag{6}$$

$$h = \sqrt{2emV}\frac{2d}{n} sen\left(\frac{1}{2} tan^{-1}\left(\frac{D}{2L}\right)\right) \tag{7}$$

II. MONTAJE EXPERIMENTAL

En este experimento se desprenderán electrones de un cátodo caliente, son acelerados por un potencial, luego se pasa por el sistema de de rejillas del grafito (aproximadamente es cierto que la red se comporta como una rejilla de difracción) y finalmente se enfocan con un campo magnético.

El montaje experimental consiste en un Tubo de difracción de electrones, fuente de alto voltaje (10kV) e¿la cual tien un error asociado de $pm0.1kV$, cables y soporte para tubo, como se observa en el gráfica 3.

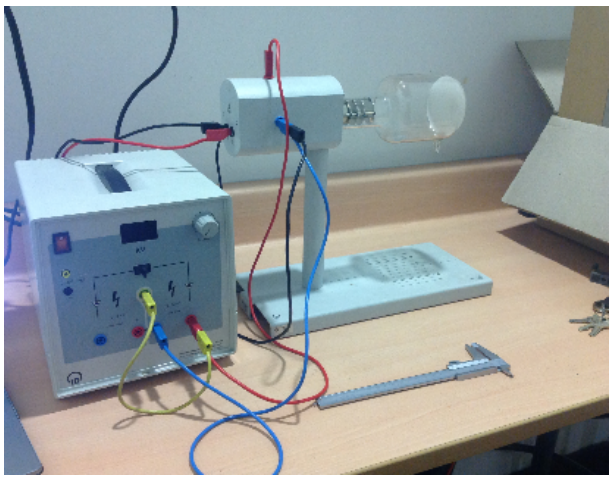


FIG. 3. Montaje experimental

En nuestro caso, trabajaremos con una muestra policristalina de grafito. Por lo tanto tendremos la estructura hexagonal, con distancias interplanares conocidas:$d1 = 213pm$ y $d2 = 123pm$. Esto nos asegura que encontraremos un plano con una inclinación tal que se tenga interferencia constructiva y podamos registrar el patrón de esta interferencia en una pantalla fluorescente.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Medimos el diámetro de los anillos y registramos el valor del voltaje, con estos datos los graficamos como se ve en la figura 4 la cual tiene como error asociado el grosor de los anillos y este incrementaba al bajar el voltaje por eso vemos la tendencia opuesta en la gráfica porque tiene como relación un voltaje inversamente proporcional.

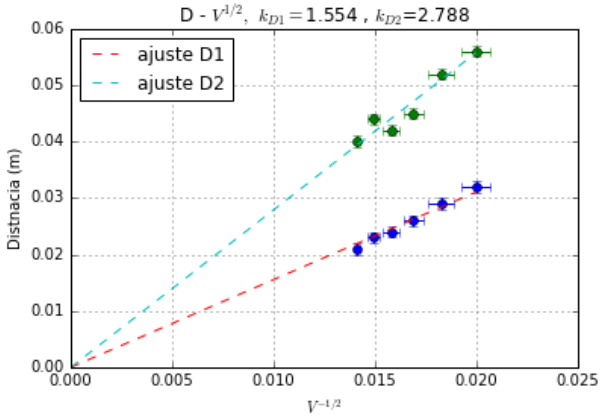


FIG. 4. Regresión de diámetro de cada anillo contra la raíz del voltaje

Con la pendiente las pendientes que se muestran en la figura 4 calculamos la constante d e Planck utilizando la relación

$$h = \frac{d \cdot k\sqrt{2me}}{2L}$$

donde para este ,montaje y de datos experimentales [3] sabemos que : $L = 13.5cm, m = 9.1 \cdot 10^{-31}, e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ así que tomando los dos valores de las pendientes $k_{D1} = 1.554, k_{D2} = 2.78$ con las unidades correspondientes para la excreción anterior. Al calcular h para D1 y D2 utilizando la distancia interplanar de correspondiente $d_{D1} = 2.8 \cdot 10^{-10}, d_{D2} = 1.23 \cdot 10^{-10}$ obtenemos dos valores de H uno por cada radio :

$$h_{D1} = 6.59 \cdot 10^{-34} J \cdot s, \; h_{D2} = 6.83 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

Así que sacando el promedio de estos obtenemos un valor promedio de $h = 6.71 \cdot 10^{-34} J \cdot s$lo cual es bastante parecido al valor teórico.

IV. CONCLUSIONES

- En este experimento logramos calcular la constante de Planck con un resultado de $h = 6.71 \cdot 10^{-34} J \cdot s$.
- Se utilizó grafito debido a que tiene una distancia interátomica de la misma magnitud de la longitud de onda de los electrones.
- Se verifico que se cumple la ecuación de De Broglie.

V. BIBLIOGRAFÍA

[1] Difraction of electrons in a polycrystalline lattice (debye-scherrer difraction). http: //www.ld-didactic.de/literatur/hb/e/p6/p6151e.pdf

[2] Griffiths D.J. Introduction to electrodynamics (3ed, PH, 1999).

[3] Electrón (Online), wikipedia.org ,https://en.wikipedia.org/wiki/Electron