



NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 36

Diciembre de 2021

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



Contenido

1 El Experimento de Davisson y Germer

Salvador Enrique Villalobos Pérez
Martín Bárcenas Escobar

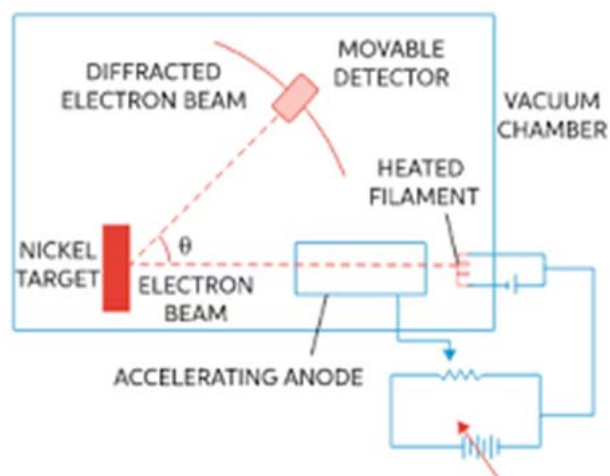
El Experimento de Davisson y Germer

En este trabajo se analiza uno de los experimentos fundamentales en el desarrollo de la Teoría Cuántica; esencialmente aquel que permite comprobar la naturaleza ondulatoria de los electrones. De igual forma se determina un modelo matemático que permite conocer, de manera indirecta, la masa del electrón.

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados habremos de emplear el simulador experimental de la Universidad de Colorado Boulder, **Davisson-Germer: Difracción de electrones**; (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/davison-germer>).

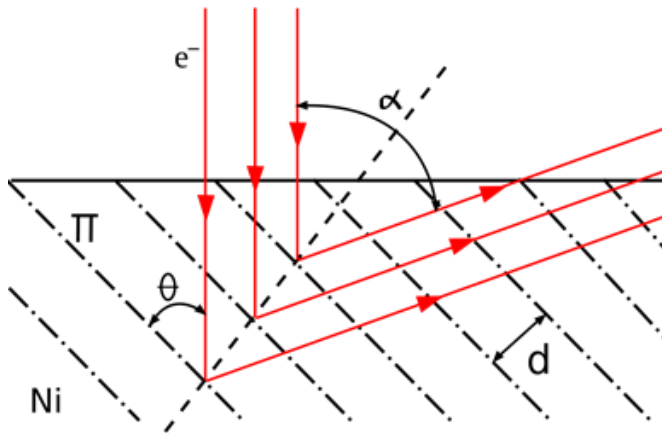
Es conocido que el experimento de Davisson y Germer (1927) demostró la naturaleza ondulatoria del electrón comprobando la hipótesis de Louis V. de Broglie. Para lograrlo,

esencialmente, hicieron incidir electrones provenientes de un filamento caliente sobre un mono cristal de Níquel; mientras que un detector podía barrer distintos ángulos con la finalidad de detectar aquellos ángulos donde se observaban máximos o mínimos de intensidad dispersada.



La verificación de la Difracción de Bragg, antes comprobada para los rayos X, pondría de

manifiesto la naturaleza ondulatoria de los electrones.



En este trabajo habrán de cumplirse las expresiones para la difracción:

$$n\lambda = 2d \sin \gamma$$

Donde, λ representa la longitud de onda, n el orden de la difracción, d la distancia entre planos atómicos y α el ángulo de la difracción.

Así como para la longitud de onda de De Broglie; es decir:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mV}$$

Donde h representa la constante de Planck, m la masa del electrón y V la rapidez de dichos electrones.

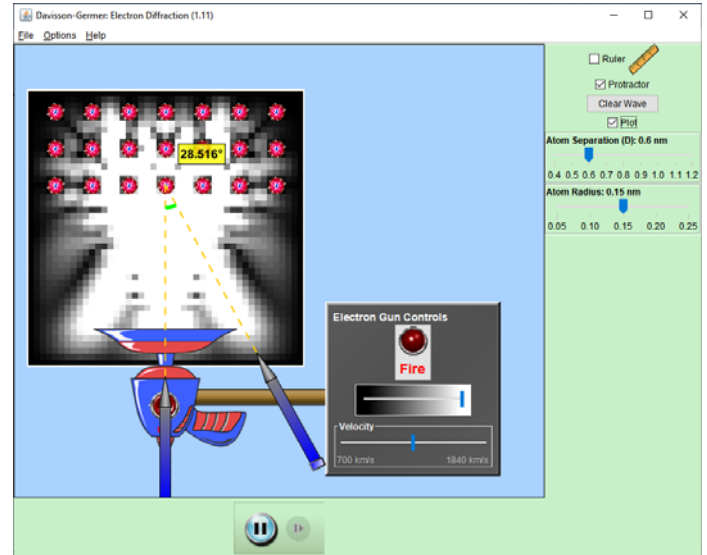
Es claro, entonces, que a partir de estas dos ecuaciones podemos escribir:

$$\lambda = \frac{2d \sin \gamma}{n} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mV}$$

Y tratar de establecer una funcionalidad entre los parámetros longitud de onda y rapidez de los electrones.

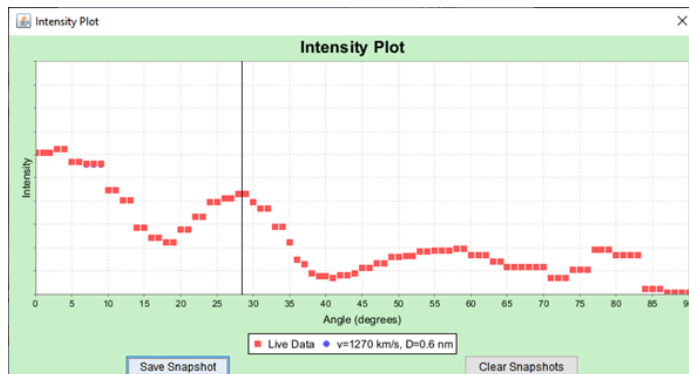
DESARROLLO EXPERIMENTAL

Con respecto al simulador empleado se describe ahora su funcionamiento:



En la figura anterior se observa el panel del simulador donde se muestran: Los controles del cañón de los electrones; un transportador (protractor) que permite determinar los ángulos de dispersión; controles para la rapidez de los electrones e intensidad de los mismos; controles que permiten variar la distancia entre planos y el radio de los átomos de la red y un control que permite visualizar la gráfica de la intensidad como función del ángulo para conocer los valores de la rapidez asignada, la distancia entre planos y el ángulo con mayor precisión.

Tómese como ejemplo la siguiente figura que corresponde a la gráfica correspondiente de la figura anterior:



En donde se observa el valor de la rapidez $V = 1\,270 \text{ [km/s]}$, la distancia entre planos $D = 0.6 \text{ [nm]}$ y el valor del ángulo de dispersión $\gamma = 28.516^\circ$.

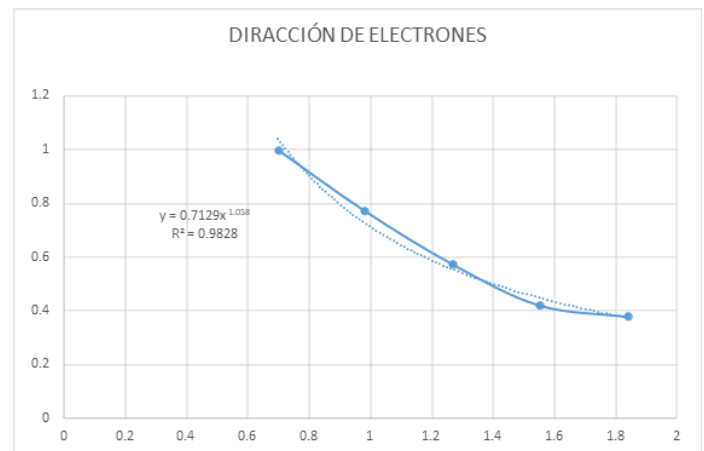
En este trabajo haremos que la distancia entre planos permanezca constante y que la rapidez sea considerada como la variable independiente del experimento; de tal suerte que a partir de los ángulos de dispersión podamos determinar las longitudes de onda correspondientes.

RESULTADOS

Durante la simulación habremos de considerar cinco valores de la rapidez, desde **700** hasta **1 840 [km/s]** a cada uno de los cuales corresponderá un ángulo de dispersión que permitirá conocer su longitud de onda correspondiente; los datos se agrupan en la siguiente tabla:

$V \times 10^3 \text{ [km/s]}$	$\lambda \times 10^{-9} \text{ [m]}$
0.7	0.9977
0.982	0.7721
1.27	0.5728
1.552	0.4205
1.84	0.3776

Una gráfica en excel muestra el siguiente comportamiento:



En este caso se ha escogido un tipo de dispersión conocida como potencial; que nos permitirá identificar fácilmente el coeficiente de la variable independiente con la constante del modelo matemático esperado.

Debe notarse que la constante mencionada se escribe como: $0.7129 \times 10^{-3} \text{ [m}^2/\text{s]}$ y debe igualarse al cociente de la constante de Planck y la masa del electrón; de tal forma que la masa del electrón resulta ser:

$$m = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ [J} \cdot \text{s]}}{0.7129 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]} = 9.3 \times 10^{-31} \text{ [kg]}$$

Valor que corresponde a un error de exactitud porcentual asignado a la simulación menor al **2.2 %**

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos comprobado la funcionalidad inversa entre las variables correspondientes a la rapidez de un haz de electrones que inciden sobre una red cristalina y la longitud asociada a tales partículas.

Para ello empleamos los resultados de la difracción de Bragg y de la longitud de onda asociada a una partícula dada por la expresión de Louis V. de Broglie.

Con la finalidad de dar validez a lo realizado hemos calculado a partir del modelo matemático obtenido la masa del electrón obteniendo un error de exactitud porcentual menor al 2.2%

AGRADECIMIENTOS:

Los autores desean agradecer el trabajo desempeñado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Computación a través de la asignatura Física Cuántica quienes amablemente han hecho sugerencias y aportaciones para la elaboración de este texto.



Louis-Victor de Broglie. (Dieppe, Francia, 1892-París, 1987).

Físico francés que formuló la teoría de la dualidad onda-corpúsculo. En su tesis doctoral, habiendo entrado previamente en contacto con la labor de científicos de la talla de Albert Einstein o Max Planck, abordó directamente el tema de la naturaleza de las partículas subatómicas como los electrones y, tras describir su naturaleza ondulatoria, formuló la teoría de la dualidad onda-corpúsculo, según la cual las partículas subatómicas presentan una doble naturaleza, pues, además del anteriormente identificado comportamiento ondulatorio, al desplazarse a grandes velocidades se comportan asimismo como partículas materiales.



Clinton Joseph Davisson. (Bloomington, Estados Unidos, 1881 - Charlottesville, 1958)

Físico norteamericano. Cursó estudios en la universidad de Chicago y consiguió el doctorado en Princeton. Trabajó en el Carnegie Institute of Technology, donde permaneció desde 1911 a 1917. En 1925 entró a trabajar en los laboratorios de Bell en Nueva York. Junto a L. H. Germer, descubrió en 1927 la difracción de los flujos de electrones proyectados contra un cristal de níquel, confirmando de esta forma las teorías de Louis de Broglie.



Lester Halbert Germer. (Chicago, Estados Unidos, 1896 - Nueva York, 1971).

Físico estadounidense. Especializado en termiónica y en la teoría de erosión de los metales, descubrió la difracción de electrones mediante cristales de adecuadas dimensiones intermoleculares. Graduado en la Universidad de Columbia, era estudiante de doctorado bajo la supervisión de Davisson en los laboratorios de la compañía Bell. Ambos científicos llevaron a cabo en 1927 el experimento de difracción de electrones utilizando para ello la red atómica de un cristal de níquel. Con ello demostraron la veracidad de la hipótesis de De Broglie y dotaron de fundamento experimental a la por entonces incipiente física cuántica.

Referencias

1. Melissinos & Napolitano, Experiments in Modern Physics, 2nd. Edition, Academic Press, 2003.
2. Beiser A., Conceptos de Física Moderna, 2ª. Edición, McGraw Hill, 1977.
3. Simulador en línea: Davisson-Germer: Difracción de electrones (colorado.edu) (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/DavGer2.html#c1>).

Las imágenes fueron tomadas de:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/DavGer2.html#c1>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=622169>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6186817>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32010797>

Salvador Enrique Villalobos Pérez

villasalen@yahoo.com.mx

Martín Bárcenas Escobar

martin_b_e@yahoo.com.mx

Profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

“Así, con cada avance en los conocimientos científicos surgen nuevos elementos que, a menudo nos obligan a reformular nuestra imagen de conjunto de la realidad física. Sin duda, los teóricos preferirían perfeccionar y modificar sus teorías en lugar de proceder continuamente a su desguace. Sin embargo, esta obligación es la condición y el precio de todo el progreso científico”

“No hay ninguna razón por la cual la historia y la filosofía de la ciencia no deban ser enseñadas de tal manera que hagan ver a los alumnos la grandeza de la ciencia y el alcance de sus descubrimientos”

Louis-Victor De Broglie (1892-1987) Físico francés.

El contenido de los artículos publicados en este boletín es responsabilidad exclusiva de los autores.

Dudas o comentarios: velasquez777@yahoo.com.mx

Editor: M. en C. Q. Alfredo Velásquez Márquez