

Emisión Termoiónica

LUIS F. HORTA C.

FABIAN C. PASTRANA C.

SANTIAGO RAMIREZ V.

15 de mayo de 2018

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la función trabajo en el tungsteno para la cual se liberen los electrones a medida que se aumenta la temperatura del filamento, lo cual se hizo a partir de un circuito compuesto principalmente por una válvula termoiónica, un voltímetro y dos amperímetros para medir la corriente de entrada y salida de la válvula. Teniendo en cuenta la ecuación de Richardson y haciendo el respectivo análisis de los datos se llegó a dos valores de la función trabajo del tungsteno para bajas y altas temperaturas, lo cual llevó a la conclusión de que, la función trabajo dependía en cierta medida de la temperatura del filamento.

I. INTRODUCCIÓN

La emisión termoiónica es el fenómeno por el cual, al calentarse a altas temperaturas un metal, se liberan electrones al espacio libre, la energía mínima necesaria para que estos electrones se desprendan de la superficie del metal se conoce como función trabajo y es denotada por ϕ . [2] Este fenómeno es descrito por la ecuación de Richardson la cual viene como

$$J_0 = A_0 T^2 \exp(-e\phi/\kappa T) [1] \quad (1)$$

donde J_0 es la densidad de corriente y A es la constante de Richardson, la cual es

$$A_0 = \frac{4\pi m e \kappa^2}{h^2} = 1.2 \times 10^6 \text{ amp/m}^2 - \text{deg}^2$$

y la función trabajo

$$\phi = \frac{\omega_B - \omega_F}{e} [1] \quad (2)$$

siendo ω_B el pozo de potencial presente en el sistema y ω_F es la energía característica, también llamada la energía de Fermi, la cual viene de considerar la distribución de Fermi-Dirac a la hora de obtener la ecuación 1

En este caso, el objetivo principal es encontrar y analizar la función trabajo del tungsteno, así pues, reescribiendo un poco la ecuación 1, tenemos que

$$\frac{J_0}{A \cdot T^2} = e^{\frac{-\phi}{kT}} \quad (3)$$

Seguidamente, se linealiza como

$$\ln\left(\frac{J_0}{AT^2}\right) = -\frac{\phi}{k} \frac{1}{T} \quad (4)$$

$$\mathbb{X} = -\mathbb{M} \cdot \mathbb{Y} \quad (5)$$

Por razones prácticas, se olvidará la constante A , ya que no afecta el resultado final del cálculo.

II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL Y PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo de la práctica se utilizó el siguiente circuito:

Este circuito se hizo a partir de conectores, multímetros, una fuente y una válvula termoiónica.

La válvula en su interior está conformada por; un filamento que es el órgano calefactor al cual se le hace pasar una corriente de tal manera que proporcione la energía suficiente para que el cátodo emita una cantidad de electrones adecuada. El ánodo recibe el flujo de electrones que, han sido acelerados hasta adquirir gran energía que transfieren al ánodo cuando chocan contra él.

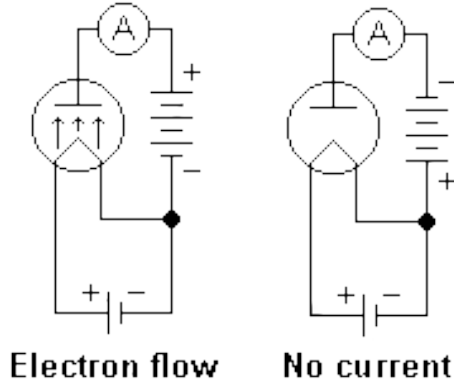


Figura 1: Circuito empleado en la practica[6]



Figura 2: Válvula termoiónica usada en la practica.

La toma de datos se realizó de la siguiente manera; se varió la intensidad de corriente que cruzaba el filamento para que de esta manera la corriente producida por la liberación de electrones también variara esto fue tabulado en una hoja de cálculo. Es necesario calcular también la resistencia producida por el circuito, para esto se tomó la diferencia de potencial que había en este, por cada dato tomado de corriente. Dado que para el análisis de los datos es necesario tener el valor de la temperatura a la cual está el filamento, es necesario realizar un proceso de interpolación el cual se explica en el manual de PASCO [5] para altas temperaturas. Por último, teniendo en cuenta la ecuación 4 se procedió a hacer la respectiva grafica de dicha relación lineal, a partir de la cual, haciendo una regresión lineal se encontró la función trabajo ϕ .

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez tomados los datos, se realizaron los cálculos para la linealización y para la propagación de errores, se grafica entonces, en la figura 3 el comportamiento de la linealización antes explicado.

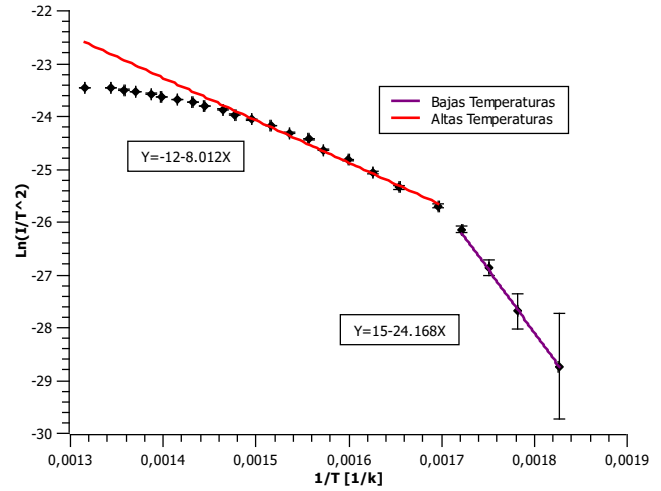


Figura 3: Grafica del logaritmo de la razón de la corriente generada con el cuadrado de la temperatura en función del inverso de la temperatura multiplicado por 10^3 .

Se puede ver que la grafica presenta un "Quiebre" que divide la pendiente, proporcional a la función trabajo, en dos regiones, una para bajas temperaturas indicada en púrpura, y otra para altas, despejando la función trabajo y situándolas en las unidades correctas, en cada caso tenemos que:

$$\phi_L = 2,1 \pm 0,3 eV \quad (6)$$

$$\phi_H = 0,7 \pm 0,002 eV \quad (7)$$

de [3] se recupera que la función trabajo para bajas temperaturas es de $4,32 eV$, es decir, un error del 51 %, pero, ya que es un filamento dentro de un tubo de vacío, convencionalmente este viene con aleación de torio, siendo en este caso, la función trabajo de $2,6 eV$ [4], dado este caso, el error sería del 19 %, sin embargo no alcanza a entrar en la incertidumbre manejada, esto puede ser debido a desgastes del filamento, suciedades en los conectores para los instrumentos de medida o desgaste de los mismos.

Por otro lado, la razón por la cual se obtuvieron dos resultados diferentes para la función trabajo ϕ es porque, cuando se calienta el filamento de tungsteno los átomos presentes están mas excitados, esto causa que se necesita una menor energía para separar los electrones de sus átomos, a diferencia de lo que pasaría si el filamento se encontrara más frio, esto causa que el valor de ϕ para temperaturas altas es menor al de temperaturas bajas.

Otro fenómeno que se observó en el experimento es que en el amperímetro con el cual se medía la corriente de salida, marcaba un amperaje negativo, pero este fenómeno se explica simplemente por una polarización presente en el circuito. Si se reacomoda el amperímetro este arrojará resultados positivos.

IV. CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el experimento, la función trabajo ϕ para el tungsteno tiende a variar dependiendo de la temperatura a la cual se encuentra este.
- Los errores dados en el trabajo se deben a el desgaste del instrumento mismo y posibles impurezas que se encuentran en el tungsteno.

REFERENCIAS

- [1] A. C. Melissinos, *Experiments in Modern Physics*. First Edition. USA: ACADEMIC PRESS.(1968)
- [2] Kenneth S. Krane, *Modern Physics*. Third edition. United States es of America:: JOHNJOHN WILEY & SONS, INCWILEY & SONS, INC.
- [3] CRC Handbook of Chemistry and Physics, 88th ed Editor-in-Chief: David R. Lide (National Institute of Standards and Technology) CRC Press/Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL. 2007. 2640 pp. pag(12-114).
- [4] E. Lassner & W.-D. Schubert. *Tungsten: Properties, Chemistry, Technolog of the Element, Alloys and Chemical Compunds* Springer Science +Business Media, LLc.
- [5] PASCO Scientific, *Instruction Manual: Thermal Radiation Sytem* Pasco. (1988)
- [6] Ecured, consultada el 06/05/2018. Imagen extraida de <https://www.ecured.cu/Emisi>