

FIZ 311

Determinación de la Constante de Planck por el Efecto Fotoeléctrico

Objetivo

Estimación del valor de la Constante de Planck mediante un tubo fotoeléctrico

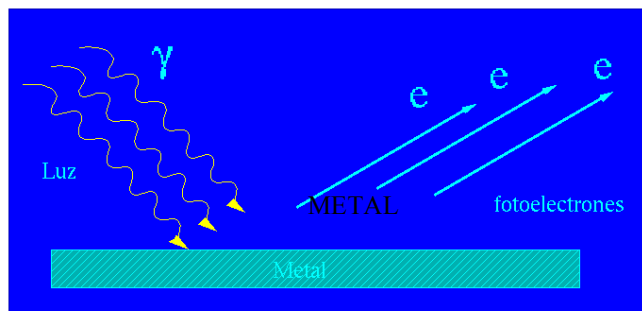
Equipamiento

- Tubo fotoeléctrico
- Convertidor Voltaje-Corriente
- Micro amperímetro
- Multímetro
- Lámpara
- Goniómetro
- Red de difracción de 500 líneas.

Teoría

Cuando un haz de luz visible o ultravioleta incide sobre la superficie de un metal, se produce una emisión de electrones, este fenómeno se denomina “Emisión Fotoeléctrica”, la cual depende principalmente de la frecuencia de la luz incidente ν . Para cada metal existe una *Frecuencia Crítica*, o también llamada *Frecuencia Umbral* de tal forma que para valores de frecuencias inferiores a ésta no logra producirse la emisión fotoeléctrica.

Esta emisión ocurre en un intervalo de tiempo muy corto después de la llegada del haz incidente, siendo el número de electrones emitidos proporcional a la intensidad de la radiación.



La explicación a esta emisión conduce a pensar en la hipótesis cuántica de la radiación; un quantum de energía de radiación, llamado fotón, es absorbido por el electrón en un tiempo determinado. Luego para una frecuencia ν de la luz incidente la energía del fotón está dada por:

$$E = h\nu \quad (1)$$

Donde h es la constante de Planck, cuyo valor es de $6.63 \cdot 10^{-34}$ Js.

La energía de la radiación incidente $h\nu$, se transforma en el trabajo necesario para extraer al electrón de la superficie, w_0 y el remanente se convierte en Energía cinética del electrón liberado. Lo cual se puede expresar en la Ecuación fotoeléctrica de Einstein:

$$h\nu = w_0 + \frac{1}{2} m_e v^2 \quad (2)$$

Donde:

ν : Frecuencia del foton causante de la emisión

w_0 : Función trabajo

m_e : Masa del electrón

v : Velocidad del electrón

Si se aplica un voltaje positivo al cátodo, los electrones tienen que hacer trabajo contra el campo eléctrico y necesitan una energía cinética mayor que eV para alcanzar el ánodo. Este voltaje, V , se llama voltaje de frenado. Si se disminuye la corriente hasta que ningún electrón llegue al ánodo y la corriente sea cero.

Entonces, en este punto se puede expresar la energía de los electrones más energéticos como:

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eV \quad (2)$$

Donde:

e : Carga del electron

V : Voltaje de frenado

Luego reemplazando la ecuación 3 en la ecuación 2 se obtiene:

$$h\nu = w_0 + eV \quad (2)$$

Montaje Experimental

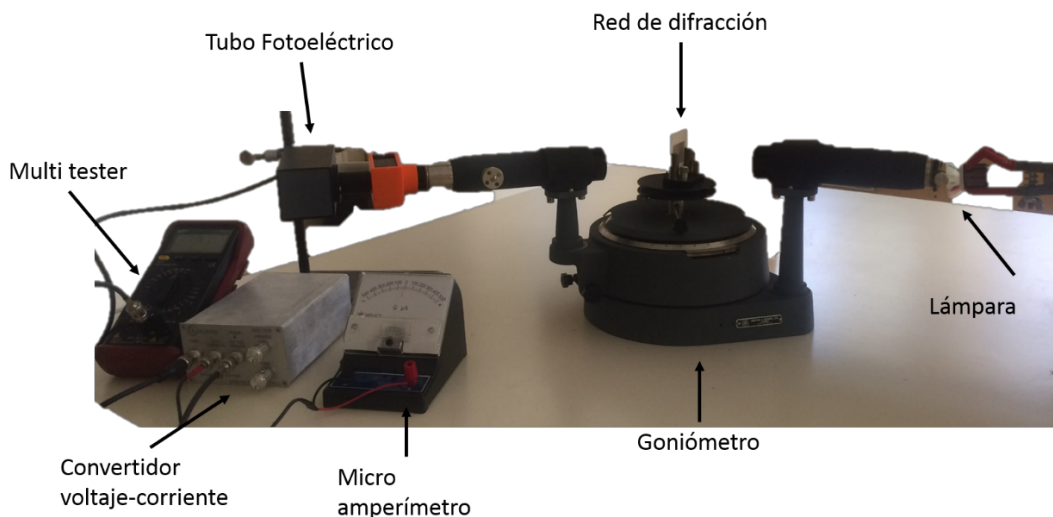


Figura 1: Montaje experimental.

La figura 1 muestra una foto del montaje del equipo de este experimento. La figura 1b) muestra un diagrama esquemático de circuito experimental. La composición del material es una célula fotoeléctrica, un amplificador de corriente, un amperímetro y una fuente variable de voltaje continuo.

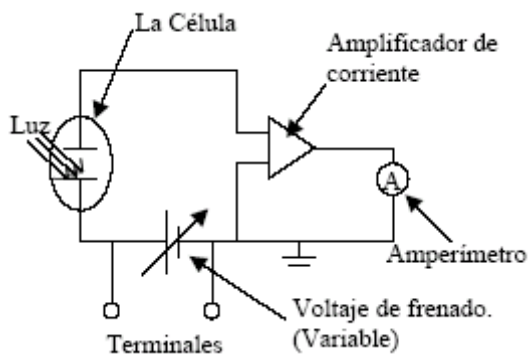


Figura 2: Diagrama esquemático del experimento

El tubo fotoeléctrico consiste en dos electrodos, un cátodo y un ánodo, ubicados en el vacío. La incidencia de los fotones en el cátodo libera electrones por el efecto fotoeléctrico. Estos electrones tienen una energía cinética, dada por la ec. (2) y algunos de ellos inciden sobre el ánodo y por lo tanto se genera una corriente la cual ingresa a un convertidor de corriente a voltaje y que luego es leída en el micro amperímetro. Para el caso de la sensibilidad 0.1mv/pA la escala del micro amperímetro es: $20\mu\text{A} = 2\text{pA}$. La fuente de voltaje se usa para aplicar el voltaje de frenado.

El haz de luz emitido por la lámpara, será separado en diferentes longitudes de onda utilizando una red de difracción de 500 líneas/cm ubicada en el centro del goniómetro. Donde la relación entre el ángulo de incidencia del haz de luz, la separación de las rendijas, la longitud de onda observada y el ángulo del m-ésimo máximo está dada por:

$$d (\sin \theta_i + \sin \theta_m) = m \lambda$$

Donde para el caso de ángulos pequeños se puede utilizar la siguiente aproximación

$$d(\theta_i + \theta_m) \approx m \lambda$$

Procedimiento:

- 1) Monte la lámpara en uno de los brazos del goniómetro, la célula fotoeléctrica en el otro brazo y la red de difracción en el centro.
- 2) Ubique el brazo que sostiene la lámpara de modo que el haz de luz blanca incida perpendicularmente a la red de difracción ($\theta_i \approx 0$)
- 3) Encienda la lámpara y ubique la célula fotoeléctrica levemente despasado del cero
- 4) Observe la deflexión de la aguja del amperímetro y midiéndolo, empiece a aumentar el voltaje de frenado hasta que la corriente sea nula. Anote el valor de potencial aplicado y el ángulo existente entre la normal de la red de difracción y la célula fotoeléctrica.
- 5) Repita el paso 3 variando el ángulo para recorrer diferentes longitudes de onda.
- 6) Determine la longitud de onda observada considerando solo los máximos de primer orden.

Análisis

1. Realice un gráfico de Voltaje de frenado vs $1/\lambda$
2. Por un método gráfico y utilizando la ecuación (4), obtenga un valor para la constante de Planck (recuerde que hay que contar el error o incertidumbres en la medición).
3. Interprete el valor del intercepto de la curva con el eje Y. (extrapole la curva si es necesario)

Preguntas

1. ¿La corriente fotoeléctrica varía con la intensidad de la fuente luminosa? ¿Concuerta esto con la teoría de las ondas de luz? Explique
2. ¿El potencial de frenado varia con la intensidad de la fuente luminosa? ¿Concuerta esto con la teoría de las ondas de luz? Explique
3. Si en vez de hacer incidir un haz luminoso en el metal, éste se bombardea con partículas de alta energía, ¿Se produciría emisión de electrones? Explique
4. ¿Es necesario usar las ecuaciones relativistas para determinar la energía de los electrones? Explique
5. Dé algunas sugerencias para disminuir el error experimental en la determinación de la constante de Plack