

# Física Calor Y Ondas

Grupo 1

H1

Laboratorio 7- Efecto fotoeléctrico

German Eduardo De Armas Castaño

Revisado por:

Duban Andrés Paternina Verona

23 de octubre 2023

## **Introducción**

El efecto fotoeléctrico es un fenómeno fundamental en la interacción entre la luz y la materia que consiste en la emisión de electrones por un material cuando es irradiado por luz de cierta frecuencia. Esta emisión de electrones es instantánea y depende de la intensidad y frecuencia de la radiación incidente, así como de las propiedades del material.

En este laboratorio se abordará el fenómeno fotoeléctrico de modo que se estudiará como los fotones de la luz impactan sobre la superficie del material y transfieren su energía a los electrones en el material y sus respectivas características de emisión, de dependencia de frecuencia y de intensidad de luz, además, en esta práctica aplicaremos esta teoría para calcular la constante de Planck y la función de trabajo de la celda fotoeléctrica.

## Objetivos

### General

Verificar experimentalmente la ecuación de Einstein para el efecto fotoeléctrico y determinar la constante de Planck ( $h$ ) y la función de trabajo ( $W_0$ ) de la celda fotoeléctrica.

### Específicos

1. Analizar la Energía de los Electrones Liberados.
2. Verificar la Dependencia de la Emisión Electrónica de la Frecuencia
3. Determinar la Dependencia de la Corriente de Fotelectrones con la Intensidad de Luz
4. Construir una gráfica que relacione  $V_0$  y la frecuencia para verificar la ecuación de Einstein.

## Preparación de la practica

### 1. ¿En qué consiste el efecto fotoeléctrico?

El efecto fotoeléctrico, descubierto por Heinrich Hertz en 1887 y posteriormente explicado por Albert Einstein en 1905, es un fenómeno fundamental en la interacción entre la luz y la materia. Este efecto juega un papel crucial en nuestra comprensión de la naturaleza dual de la luz y la naturaleza cuántica de la energía electromagnética ya que esta teoría fue una de las primeras evidencias de la naturaleza dual de la luz, que exhibe tanto propiedades de onda como de partícula.

Este fenómeno ocurre cuando los fotones de la luz impactan sobre la superficie del material y transfieren su energía a los electrones en el material.

Hay tres observaciones clave del efecto fotoeléctrico:

- **Emisión Instantánea:** La liberación de electrones es instantánea, sucede inmediatamente después de que un fotón incide sobre la superficie del material.
- **Dependencia de la Frecuencia:** La energía de los electrones liberados depende de la frecuencia de la luz incidente. Solo cuando la frecuencia de la luz supera un valor umbral (llamado frecuencia umbral), se liberarán electrones.
- **Intensidad de la Luz:** La intensidad de la luz (la cantidad de fotones) afecta la cantidad de electrones liberados, pero no su energía individual.

### 2. ¿Por qué el efecto fotoeléctrico evidencia la naturaleza corpuscular de la radiación electromagnética?

El efecto fotoeléctrico constituye una prueba concluyente de la naturaleza corpuscular de la luz [1]. Heinrich Hertz, en 1887, lo descubrió y posteriormente, Philipp Lenard lo examinó minuciosamente, concluyendo que la teoría ondulatoria de la luz resultaba insuficiente para explicar este fenómeno. La concepción corpuscular de la luz, originalmente planteada por Isaac Newton en 1704, propuso que la luz está compuesta por diminutas partículas que se desplazan a una velocidad extraordinaria en línea recta [2]. Sin embargo, esta teoría no pudo dar cuenta de todos los fenómenos asociados con la luz. Fue Albert Einstein, en 1905, quien rescató el modelo corpuscular para dar una explicación al efecto fotoeléctrico. Según Einstein, la luz se

compone de partículas conocidas como fotones, cuya energía está determinada por la frecuencia de la radiación. Observó que la emisión de fotoelectrones era independiente de la intensidad de la luz y estaba específicamente relacionada, para un metal dado, a cierto tipo de radiaciones [2]. Adicionalmente, notó que, a mayor frecuencia de la radiación, mayor parecía ser la energía de los electrones emitidos [2]. Einstein postuló que los fotones de una radiación debían poseer un nivel mínimo de energía para que, al colisionar con los electrones de la superficie del metal, pudieran transferirles la energía necesaria para liberarlos del metal [2]. Este valor de energía lo denominó energía umbral [2]. Estos descubrimientos contradecían las predicciones derivadas del modelo ondulatorio de la luz, que sugería que un aumento en la amplitud de la luz aumentaría la energía cinética de los fotoelectrones emitidos, mientras que un aumento en la frecuencia incrementaría la corriente medida. En cambio, los experimentos revelaron que un aumento en la frecuencia incrementaba la energía cinética de los fotoelectrones, mientras que un aumento en la amplitud de la luz aumentaba la corriente. Por lo tanto, el efecto fotoeléctrico proporciona evidencia contundente en favor del modelo corpuscular de la luz y sugiere que la luz posee una dualidad inherente, manifestándose tanto como onda como partícula.

3. Explique por qué la energía cinética de los fotoelectrones menos ligados se puede calcular con la ecuación (3)

La ecuación  $K_{max} = eV_0$  relaciona la energía cinética máxima ( $K_{max}$ ) de los fotoelectrones menos ligados con el potencial de frenado ( $V_0$ ), aplicado en la celda fotoeléctrica. Aquí te explico por qué esta ecuación es válida:

Quando un fotón incide sobre la superficie de un material en el efecto fotoeléctrico, puede liberar un electrón. La energía cinética máxima del electrón liberado ( $K_{max}$ ) es igual a la energía del fotón incidente ( $E_{foton}$ ) menos la energía mínima necesaria para liberar al electrón, que se conoce como la función de trabajo del material ( $W_0$ ). Matemáticamente, esto se expresa como:

$$K_{max} = E_{foton} - W_0$$

Dado que la energía de un fotón está relacionada con su frecuencia ( $f$ ) por la ecuación de Planck ( $E_{foton} = hf$ ) donde  $h$  es la constante de Planck y la frecuencia de un fotón está relacionada con su energía y la carga elemental ( $e$ ) por  $E_{foton} = eV$ , podemos reemplazar para obtener

$$K_{max} = eV - W_0$$

Donde:

- $(e)$  es la carga elemental ( $\approx 1.6202 \times 10^{-19}$  culombios)
- $V$  es el potencial de frenado aplicado en la celda fotoeléctrica

Esta ecuación muestra que la energía cinética máxima de los fotoelectrones menos ligados ( $K_{\max}$ ) está relacionada directamente con el potencial de frenado ( $V$ ) aplicado. Si el potencial de frenado es igual a la función de trabajo ( $V = V_0$ ), entonces  $K_{\max}=0$  y los electrones liberados quedan detenidos en la celda. Si el potencial de frenado es menor que la función de trabajo ( $V < V_0$ ), entonces los electrones no serán detenidos completamente y tendrán una energía cinética máxima positiva.

4. Describa el procedimiento a utilizar para calcular un valor aproximado de la constante de Planck.

Para obtener un valor aproximado de la constante de Planck ( $h$ ) mediante un experimento basado en el efecto fotoeléctrico, puedes seguir estos pasos:

1. **Montaje Experimental:**

- Prepara una configuración experimental que incluya una fuente de luz con una gama de frecuencias conocida y una superficie fotosensible (como una placa de metal) que permita la liberación de electrones cuando es iluminada.

2. **Medición del Potencial de Frenado:**

- Aplica un potencial de frenado variable a la superficie fotosensible. Este potencial debe ser ajustable y debe tener un valor máximo conocido. Asegúrate de medir y registrar los valores del potencial de frenado.

3. **Registro de Corrientes de Fotoelectrones:**

- Registra la corriente de fotoelectrones generada a diferentes potenciales de frenado. Utiliza un amperímetro para medir la corriente eléctrica que fluye cuando se liberan los electrones.

4. **Variación de la Frecuencia de la Luz:**

- Varía la frecuencia de la luz incidente manteniendo la misma intensidad. Esto se puede lograr utilizando diferentes fuentes de luz con distintas longitudes de onda o utilizando un filtro para ajustar la frecuencia de la luz.

5. **Análisis de los Datos:**

- Grafica la corriente de fotoelectrones en función del potencial de frenado para cada frecuencia de luz utilizada. Deberías observar que a frecuencias por debajo de la frecuencia umbral, no se libera corriente apreciable.

**6. Determinación del Potencial de Frenado Umbral:**

- Identifica el potencial de frenado mínimo ( $V_0$ ) necesario para detener completamente la corriente de fotoelectrones. Este valor corresponde al potencial donde la corriente se vuelve cero.

**7. Aplicación de la Ecuación de Einstein:**

- Utiliza la ecuación de Einstein para el efecto fotoeléctrico:  $hf = eV_0 + W_0$ , donde  $h$  es la constante de Planck,  $f$  es la frecuencia de la luz,  $e$  es la carga elemental y  $W_0$  es la función de trabajo del material.

**8. Cálculo de la Constante de Planck:**

- Utiliza los valores obtenidos de  $V_0$ ,  $f$  y  $W_0$  para calcular una estimación de la constante de Planck  $h$ .

**9. Análisis de Incertidumbres:**

- Considera las incertidumbres asociadas a las mediciones y al equipo utilizado. Asegúrate de proporcionar un valor de  $h$  con su correspondiente margen de error.

## Resumen de procedimiento

### Montaje óptico:

1. Conecta la bobina de reactancia universal a la red eléctrica mediante el enchufe múltiple cuadrado.
2. Utiliza el jinetillo óptico (altura  $H=90H=90$  mm) para montar la lámpara de mercurio de alta presión, siguiendo las indicaciones de posición. Conéctala al enchufe múltiple y enciéndela.
3. Asegura la celda fotoeléctrica utilizando un jinetillo óptico (altura  $H=90H=90$  mm) siguiendo las indicaciones de posición. Retira su cubierta sellada y colócala de manera que su superficie negra con recubrimiento esté orientada hacia la lámpara de mercurio.
4. Coloca el diafragma de iris en el banco óptico utilizando un jinetillo óptico (altura  $H=120H=120$  mm) según las indicaciones de posición.
5. Monta la lente utilizando un jinetillo óptico (altura  $H=120H=120$  mm) según las indicaciones de posición. Ajusta la altura de manera que el punto medio de la lente quede a la misma altura que el punto medio del diafragma de iris.
6. Ajusta la altura del diafragma de iris y de la lente de manera que la mancha de luz incida directamente sobre la zona ennegrecida de la celda fotoeléctrica. Asegúrate de mantener el punto medio de la lente a la misma altura que el del diafragma. Puedes, si es necesario, variar también la altura y la inclinación de la celda fotoeléctrica utilizando el tornillo ubicado debajo del zócalo.
7. Utiliza el diafragma de iris para controlar el tamaño de la mancha luminosa. Ajusta hasta lograr que la mayor parte de la zona ennegrecida de la celda fotoeléctrica quede iluminada, excluyendo los márgenes, el anillo metálico y los contactos en la capa ennegrecida.
8. Si es necesario, modifica la nitidez de la mancha luminosa desplazando la lente sobre el banco óptico.



Montaje eléctrico:

1. Une los enchufes de bornes (f) y adjunta el capacitor de 100 pF junto al pulsador.
2. Instala la ficha de acople (g), conecta el adaptador BNC/4 mm y asegura el casquillo BNC, luego enlaza con el cable gris apantallado de la celda fotoeléctrica.
3. Empalma los cables negros (h) provenientes de la celda fotoeléctrica en la conexión de tierra del amplificador del electrómetro.
4. Enlaza el multímetro a la salida del amplificador del electrómetro.

## Bibliografía

- Efecto fotoeléctrico. (s/f). Khan Academy. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/photoelectric-effect>
- No title. (s/f). Fundeen.com. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de <https://www.fundeen.com/blog-energias-renovables/el-efecto-fotoelectronico-en-que-consiste>
- [1] de su estado térmico., ■. Radiación Térmica: Energía Que Emiten Todos Los Cuerpos en Forma de Ondas Electromagnéticas Como Consecuencia. (s/f). FÍSICA CUÁNTICA. EL EFECTO FOTOELÉCTRICO. Academiaalcover.es. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de <https://www.academiaalcover.es/wp-content/uploads/2021/11/todo-efecto-fotoelectronico.pdf>
- [2] EjerciciosFyQ, C. /. (s/f). 2.2. Efecto fotoeléctrico. Teoría corpuscular de la luz. Ejercicios-fyq.com. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de [https://ejercicios-fyq.com/apuntes/Estructura\\_de\\_la\\_materia/22\\_efecto\\_fotoelectronico\\_teoria\\_corpuscular\\_de\\_la\\_luz.html](https://ejercicios-fyq.com/apuntes/Estructura_de_la_materia/22_efecto_fotoelectronico_teoria_corpuscular_de_la_luz.html)