

Laboratorio 1

Efecto fotoeléctrico

1.1 Objetivos

1. Determinar la constante de Planck h
2. Determinar la dependencia del potencial de frenado respecto de la intensidad de la radiación incidente.

1.2 Preinforme

1. En qué consiste el efecto fotoeléctrico ?
2. Cuáles son las predicciones clásicas sobre el efecto fotoeléctrico ?
3. Qué es el potencial de frenado V_0 ?
4. A qué se denomina frecuencia umbral o de corte f_0 ?
5. Qué se entiende por función de trabajo ϕ_0 en el efecto fotoeléctrico ?
6. Haga un gráfico teórico de la dependencia del potencial con la frecuencia e indique allí f_0 y ϕ_0 .

1.3 Materiales

- Equipo Pasco h/e .
- Voltímetro digital.
- Filtro de transmisión(Dado en porcentajes).
- Filtro para el color amarillo y verde.

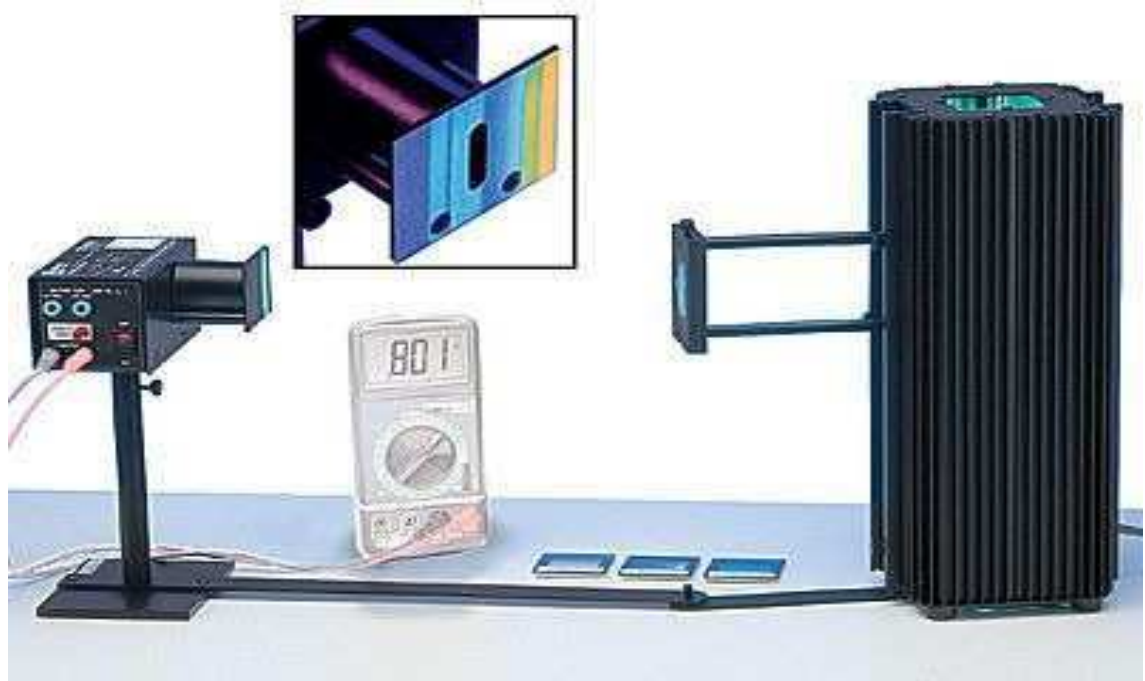


Figura 6.1: Equipo PASCO h/e

6.4 Precauciones

- Encender y esperar a que la radiación observada sea intensa

6.5 Fundamento Teórico

La emisión de electrones en un material alcalino por acción de la luz se denomina **Efecto Fotoeléctrico**. Por la explicación teórica de este fenómeno *Albert Einstein*, recibió el premio Nobel en 1921 y por su contribución experimental *Robert Andrews Millikan* lo obtuvo en 1923.

En 1905 Albert Einstein propuso una explicación que relaciona la forma como depende la emisión fotoeléctrica de la frecuencia de radiación. Einstein sugirió que los electrones libres, en su interacción con la radiación electromagnética, se comportan en la forma propuesta por *Max Planck*, para los osciladores atómicos en relación con la radiación de cuerpo negro, según la cual cada oscilador puede absorber o emitir una cantidad de energía discreta, o cuanto de energía posteriormente llamado *Fotón*. La ecuación que proporciona la energía de un cuanto es

$$E = h\nu \quad (6.1)$$

En la cual, E es la energía absorbida o emitida en cada proceso, h una constante de proporcionalidad (posteriormente llamada constante de *Planck*, $h = 6.625 \times 10^{-34} J \cdot s$), ν la frecuencia de radiación electromagnética. Por consiguiente $\nu = \frac{c}{\lambda}$, donde $c = 3 \times 10^8 m/s$, es la velocidad de la radiación incidente y λ su longitud de onda correspondiente.

Para Einstein cuando un fotón incide sobre una superficie metálica alcalina puede transmitir energía suficiente a un electrón para que supere la barrera de energía potencial de la superficie y se libere del metal. La energía de fotón $h\nu$ debe ser mayor o igual que la función de trabajo w_0 , la cual es la mínima energía que necesita un electrón para poder escapar del metal, es decir $h\nu \geq w_0$. En este caso, $\nu_o = \frac{w_0}{h}$, es llamada la **frecuencia umbral**. Esta frecuencia mínima es incompatible con la teoría ondulatoria, pues, cualquiera que sea la frecuencia de la radiación siempre ha de ser posible una emisión electrónica con una iluminación suficientemente intensa, según la teoría clásica. De acuerdo con lo anterior,

$$h\nu = w_0 + \frac{1}{2}mv_{max}^2 \quad (6.2)$$

Donde $\frac{1}{2}mv_{max}^2$ es la energía cinética del electrón desprendido del metal. Esta ecuación es la célebre ecuación de *Einstein* del efecto fotoeléctrico.

La Energía de los electrones emitidos aumenta linealmente con la frecuencia, pero es independiente de la intensidad de la luz.

Para efectos experimentales se emplea una fotocélula que se compone de una placa fotoemisiva llamada cátodo y un ánodo colector de carga. Cuando el cátodo se expone a una luz de frecuencia ν mayor que la frecuencia umbral ν_0 se produce una corriente en el circuito de la fotocélula que puede ser anulada parcial o totalmente por un potencial de frenado V_0 , aplicado al ánodo, tal que:

$$eV_0 = \frac{1}{2}mv_{max}^2 \quad (6.3)$$

De tal forma que cuando la corriente se hace igual a cero en el circuito de la fotocelda, la ecuación se transforma en la siguiente expresión:

$$h\nu = w_0 + eV_0 \quad (6.4)$$

6.5.1 El equipo h/e de Pasco

En el equipo PASCO los fotones emitidos por una lámpara de mercurio, se pasan por una rejilla de difracción para separar la luz emitida por la lámpara en sus diferentes colores. Estos fotones inciden sobre el cátodo de un tubo al vacío. Parte de la energía cinética recibida por cada electrón se emplea para escaparse

del cátodo w_0 , quedando éste con una energía cinética cuyo máximo es $E_{k_{max}} = \frac{1}{2}mv_{max}^2$. Aplicando una diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo, se puede determinar el potencial necesario para detener todos los electrones, y por lo tanto, se mide el máximo de su energía cinética. En este equipo el potencial de frenado se mide directamente con un voltímetro digital

6.6 Procedimiento

6.6.1 Parte A: Cálculo de h, V_0 y ν_0 .

1. Encienda la fuente de mercurio accionando el interruptor y no la apague hasta finalizar el experimento.
2. Espere que la lámpara se caliente durante un minuto para empezar a tomar medidas.
3. Observe los espectros que se forman e identifique el espectro de primer orden (el más brillante). Ver figura 8.2.
4. Para medir el potencial de frenado V_0 enfoque cada color del espectro exactamente en la ranura de la pantalla reflectiva blanca. Para conseguir esto, rote la barra de la base de apoyo hasta lograrlo.
5. Gire el cilindro negro que está detrás de la pantalla blanca hasta que pueda ver la pantalla del fotodiodo.
6. Para los colores amarillo y verde ponga en la pantalla reflectiva el filtro correspondiente antes de tomar la medida.
7. Gire el aparato h/e sobre la barra vertical hasta lograr que el color seleccionado quede centrado sobre los agujeros del fotodiodo.
8. Ponga el cilindro en su posición inicial.
9. Ponga en funcionamiento el aparato h/e .
10. Conecte el voltímetro digital.
11. Presione el botón de descarga y cerciórase que el voltímetro marque cero voltios. Libérela y espere aproximadamente 30 segundos para tomar el valor del potencial de frenado en cada color.
12. Tome cinco medidas del potencial para cada color.

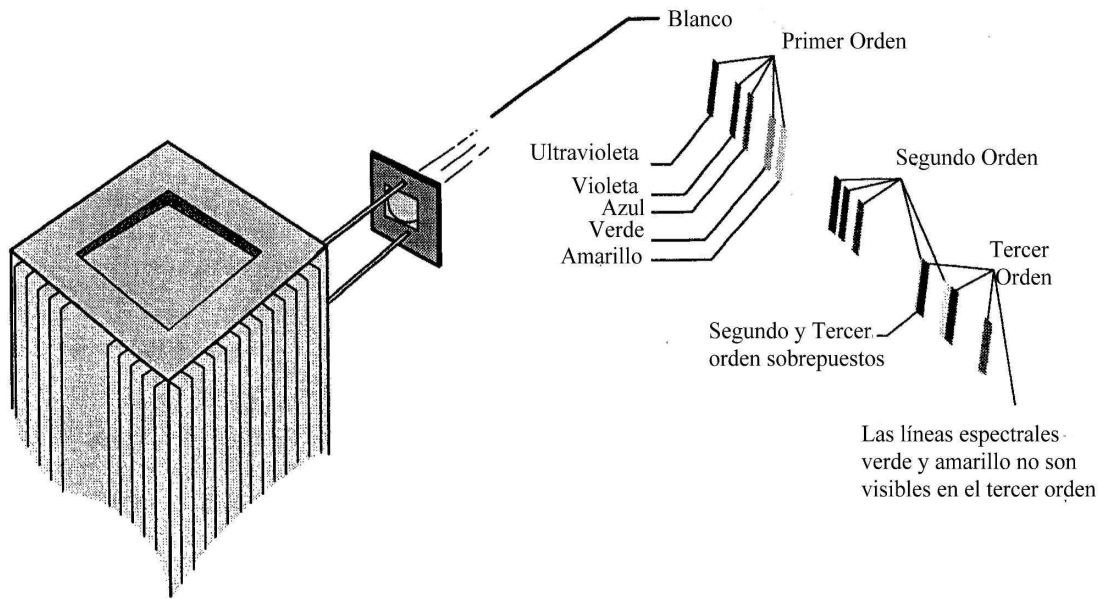


Figura 6.2: Espectro de emisión del mercurio

6.6.2 Parte B. Dependencia del potencial de frenado V_0 con respecto a la intensidad luminosa

1. Mida el potencial de frenado para el color amarillo, con cada porcentaje del filtro de transmisión. No olvide poner antes el filtro amarillo. Tome 5 medidas en cada caso.
2. Repita el paso anterior para el color verde con su respectivo filtro.

6.7 Análisis

1. Con los datos obtenidos elabore las tablas necesarias.
2. Grafique el potencial de frenado en función de la frecuencia de cada color. Utilice los datos de la tabla del laboratorio 10 correspondiente al espectro del mercurio (Hg).
3. Encuentre la ecuación de la gráfica obtenida. Compárela con la ecuación (8.4) determine de allí la constante h de Planck. Recuerde que el valor de la carga del electrón es $1.60 \times 10^{-19}C$.
4. Compare el valor obtenido para h con el valor teórico.
5. De su gráfico determine la frecuencia umbral o de corte ν_0 , y la función de trabajo de la fotocelda w_0 . Qué significado físico tienen ν_0 y w_0

6. Para el color amarillo grafique el potencial de frenado en función de la intensidad luminosa, representada por el filtro de transmisión. En el mismo gráfico haga lo propio para el color verde.
7. Analizando el gráfico anterior: Depende el potencial de frenado de la intensidad luminosa?. Explique.
8. Discuta si sus resultados están mejor sustentados por un modelo cuántico de la luz o por un modelo ondulatorio.
9. Consulte aplicaciones de las fotoceldas.