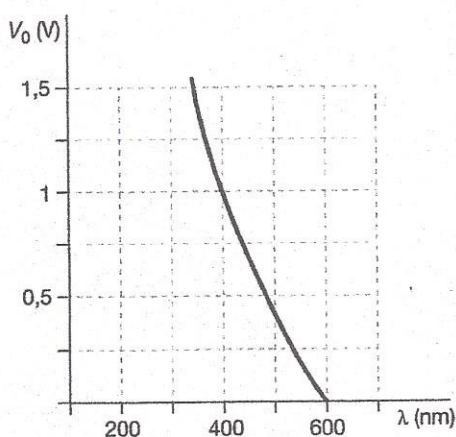


# EJERCICIO EFECTO FOTOELÉCTRICO (GRÁFICA)

Cierta superficie metálica se ilumina con varias luces de diferente longitud de onda y se miden los potenciales de detención fotoeléctrica para cada una de ellas. Representando los resultados se obtiene la gráfica adjunta:

- Determina la frecuencia umbral y el trabajo de extracción del metal.
- Calcula el potencial de detención y la velocidad de los electrones extraídos cuando la frecuencia de la luz sea de 750 THz.



## SOLUCIÓN

Este problema pertenece al tema de física cuántica.

Einstein explicó el efecto fotoeléctrico aplicando a la luz las ideas de Planck sobre la radiación térmica. Según Einstein, toda la energía de un fotón se transmite a un solo electrón del metal, y cuando este salta de la superficie metálica, tiene energía cinética, cumpliéndose la ecuación:

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_c \quad [1]$$

En esta expresión,  $E_{\text{fotón}}$  es la energía del fotón incidente:

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

donde  $h$  es la constante de Planck;  $f$ , la frecuencia de la radiación incidente, y  $\lambda$ , la longitud de onda de esta.

El trabajo de extracción,  $W_{\text{ext}}$ , se corresponde con la energía mínima necesaria para arrancar un electrón del cátodo del metal:

$$W_{\text{ext}} = h \cdot f_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda_0}$$

En esta expresión,  $f_0$  es la frecuencia umbral, o frecuencia mínima necesaria para arrancar el electrón, y  $\lambda_0$ , la longitud de onda umbral.

Si la energía del fotón es mayor que el trabajo de extracción, el electrón escapa del metal con una determinada velocidad; tiene, por tanto, una energía cinética:

$$E_{\text{fotón}} > W_{\text{ext}} \rightarrow E_c = E_{\text{fotón}} - W_{\text{ext}} \quad [2]$$

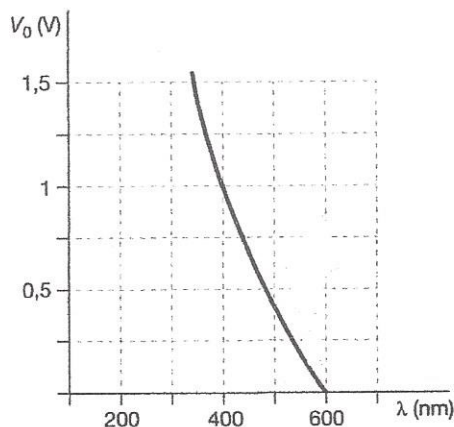
Si la energía del fotón es igual al trabajo de extracción, estamos en la frecuencia umbral,  $f_0$ . La energía cinética del electrón es nula y se cumple lo siguiente:

$$E_c = 0 \text{ J} \rightarrow E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}}$$

- El potencial de detención es la diferencia de potencial que hay que aplicar a los electrones arrancados por el efecto fotoeléctrico para detenerlos, y cumple la siguiente relación:

$$e \cdot V_0 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{máx}}^2 \rightarrow e \cdot V_0 = E_c$$

Observa en la gráfica que el potencial va disminuyendo a medida que la longitud de onda de la luz incidente se va haciendo mayor, de forma que el potencial de detención se hace cero cuando la longitud de onda es de 600 nm.



Esa longitud de onda es, precisamente, la longitud de onda umbral. Luces con longitudes de onda mayores que 600 nm no producirán efecto fotoeléctrico.

La relación entre las magnitudes características de las ondas, para la luz, es:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$$

Despejando  $f$  y sustituyendo valores, se obtiene la frecuencia umbral,  $f_0$ :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \rightarrow f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{600 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Recuerda que la velocidad de la luz en el aire es:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

El trabajo de extracción del metal será, entonces:

$$W_{ext} = h \cdot f_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^{14} = 3,32 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- b) Aplicando la ecuación del efecto fotoeléctrico, se puede calcular la energía cinética de los electrones extraídos con la luz de frecuencia  $f = 750 \text{ THz}$ :

$$h \cdot f = W_{ext} + E_c$$

Sustituyendo los datos de que disponemos, resulta:

$$6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 750 \cdot 10^{12} = 3,32 \cdot 10^{-19} + E_c$$

$$E_c = 4,97 \cdot 10^{-19} - 3,32 \cdot 10^{-19} = 1,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

El potencial de detención se puede calcular a partir de la expresión:

$$e \cdot V_0 = E_c$$

Despejando  $V_0$  y sustituyendo valores, resulta:

$$V_0 = \frac{E_c}{e} = \frac{1,65 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,03 \text{ V}$$

La velocidad máxima de los electrones arrancados será:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{m\acute{a}x}^2$$

$$v_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,65 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = 6,02 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

---