



FÍSICA

4.- Se aceleran electrones emitidos por un cátodo caliente por medio de una diferencia de potencial entre aquel y una superficie anódica plana. Al llegar aquellos a las proximidades de esta última (perpendicular a la superficie), lleva una energía cinética no relativista $T_0=400$ eV. Al chocar los electrones con el ánodo, se emite radiación electromagnética de rayos X.

a) Hállese su longitud de onda mínima y la correspondiente frecuencia si dicha radiación de R-X, con λ mínima, incidiese sobre una placa de sodio. Estúdiase la posibilidad de producir efecto fotoeléctrico.

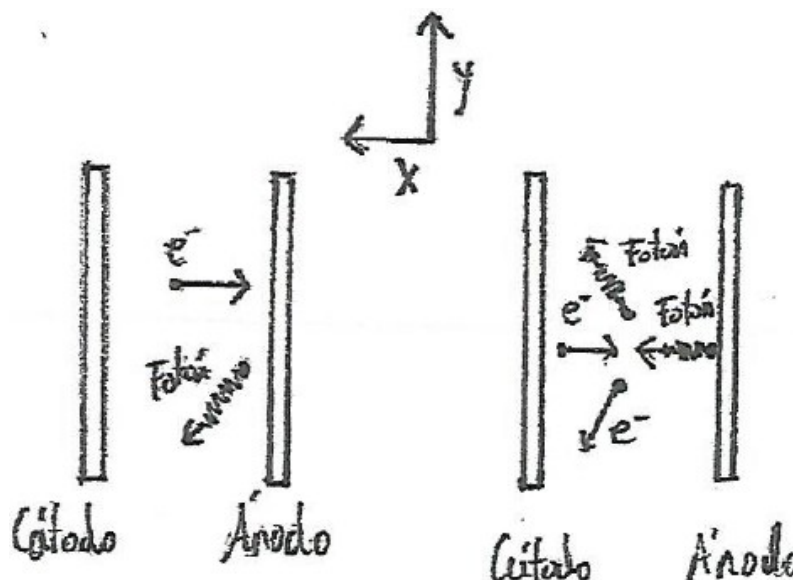
DATO: La función de trabajo del sodio es $W_0=1,82$ eV.

b) Supóngase que un electrón emitido por el cátodo, justamente al llegar a las proximidades del ánodo (perpendicular a la superficie) sufre una colisión totalmente elástica con un fotón de la radiación de R-X. El fotón tiene una longitud de onda mínima y se mueve perpendicular a la superficie anódica (esta dirección se tomará como eje x positivo). Hállese la λ de la radiación electromagnética reemitida tras la colisión en una dirección que forma un ángulo θ con el eje.

DATOS:

$$c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$h=4,1 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$



Referencias con efecto Compton:

2001 Cataluña C3-b, 1996 Andalucía F4, 1994 Cantabria X2

a) Utilizamos la ecuación del efecto fotoeléctrico

$$E_{\text{radiación incidente}} = W_{\text{extracción}} + E_{\text{cinética máxima electrones}}$$

Si queremos validar si se produce el efecto fotoeléctrico, debemos validar energías / valor de la frecuencia/longitud de onda umbral, asociada a que la energía cinética sea nula.

-Con energías podemos decir que sí se producirá porque los electrones al chocar el electrón con el ánodo emite radiación por frenarse, por lo que toda su energía cinética es emitida en forma de radiación, y la radiación incidente sobre el cátodo es de 400 eV, mayor que el trabajo de extracción de 1,82 eV.

-Con frecuencia/longitud de onda y los datos dados

$$hf_{\text{umbral}} = W_0 \Rightarrow f_{\text{umbral}} = \frac{W_0}{h} = \frac{1,82}{4,1 \cdot 10^{-15}} = 4,4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Esa es una frecuencia en el límite del rango visible, luego si la frecuencia de la radiación incidente es de rayos X, sí se producirá.

Si lo expresamos en longitud de onda $\lambda_{\text{umbral}} = \frac{c}{f_{\text{umbral}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,4 \cdot 10^{14}} = 682 \text{ nm}$ es más fácil recordar que el rango visible está entre unos 400 y 750 nm, y sería un rojo próximo al infrarrojo, por lo que si esa es la umbral está claro que rayos X sí producirían efecto fotoeléctrico. Podemos calcular la frecuencia máxima y longitud de onda mínima asociada a los rayos X para validarlo

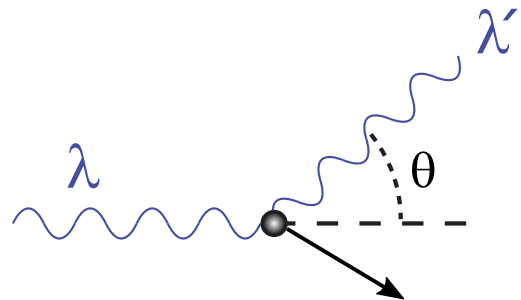
$$E = hf_{\text{incidente}} \Rightarrow f_{\text{incidente}} = \frac{E}{h} = \frac{400}{4,1 \cdot 10^{-15}} = 9,756 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{\text{incidente}} = \frac{c}{f_{\text{incidente}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{9,756 \cdot 10^{16}} = 3,075 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 307,5 \text{ nm}$$

b) Planteamos efecto Compton, donde usamos λ' para la longitud de onda de la radiación reemitida.

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)$$

Como se dice que el fotón tiene una longitud de onda mínima, usamos la frecuencia máxima, asociada a que toda la energía cinética del fotón incidente en el ánodo pasó a rayos X.



No tenemos como dato la masa del electrón, podemos usar [JabberWok, cc-by-sa](https://www.jabberwok.com/) el dato $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, o también se puede recordar que en energía son 0,51 MeV dado que los datos del enunciado están expresados en eV.

$$\lambda' = 3,075 \cdot 10^{-9} + \frac{4,1 \cdot 10^{-15}}{\frac{0,51 \cdot 10^6}{(3 \cdot 10^8)^2} \cdot 3 \cdot 10^8} (1 - \cos \theta) = 3,075 \cdot 10^{-9} + 2,41 \cdot 10^{-12} (1 - \cos \theta)$$

Podemos validar que la energía cinética es no relativista para el electrón (usamos datos de carga de electrón y masa que no están en el enunciado)

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 400 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,186 \cdot 10^7 \text{ m/s} \quad v/c = 0,04 < 0,14, \text{ no relativista.}$$