

SELECTIVIDAD ANDALUCÍA 2014 (JUN) - Ejercicio de FÍSICA MODERNA

OPCION A

4. Sobre una superficie de potasio, cuyo trabajo de extracción es 2,29 eV, incide una radiación de $0,2 \cdot 10^{-6}$ m de longitud de onda.
- Razone si se produce efecto fotoeléctrico y, en caso afirmativo, calcule la velocidad de los electrones emitidos y la frecuencia umbral del material.
 - Se coloca una placa metálica frente al cátodo. ¿Cuál debe ser la diferencia de potencial entre ella y el cátodo para que no lleguen electrones a la placa?
 $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s ; $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹ ; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg

- a) Nos encontramos ante un problema de efecto fotoeléctrico (emisión de electrones por parte de un metal al incidir sobre él radiación electromagnética). Este fenómeno, que las teorías clásicas no podían explicar suponiendo un carácter ondulatorio para la luz, fue explicado por Einstein en 1905 suponiendo que en la interacción entre radiación y materia la luz adopta carácter de partícula, es decir, la energía de la luz incidente se transmite de forma discreta, concentrada en partículas o “cuantos” de luz, los fotones. La energía de un fotón depende de su frecuencia y viene dada por la expresión $E_f = h \cdot \nu$, donde h es la constante de Planck ($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s).

Al incidir sobre los electrones externos del metal, el fotón cede su energía íntegramente al electrón. Para poder extraerlo del metal, esta energía debe ser superior a la necesaria para vencer la atracción del núcleo (trabajo de extracción o función trabajo) $W_{extr} = h \cdot \nu_0$, donde ν_0 es la frecuencia umbral característica del metal.

La energía sobrante se invierte en aportar energía cinética a los electrones.

$$\text{El balance energético queda } E_f = W_{extr} + Ec_e$$

Para que se produzca el efecto fotoeléctrico, la energía de los fotones incidentes debe ser superior al trabajo de extracción del metal.

$$\text{La energía de un fotón: } E_f = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 9,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Pasamos a julios el trabajo de extracción } W_{extr} = 2,29 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 3,664 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Vemos que la energía de los fotones es mayor que el trabajo de extracción, por lo que sí se producirá efecto fotoeléctrico. La energía sobrante será la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

$$Ec_e = E_f - W_{extr} = 9,9 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 3,664 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,236 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calculamos la velocidad de los electrones, sin tener en cuenta efectos relativistas

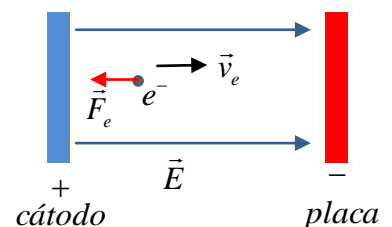
$$Ec_e = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2Ec_e}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,236 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 1,17 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Y la frecuencia umbral del metal } W_{extr} = h \cdot \nu_0 \rightarrow \nu_0 = \frac{W_{extr}}{h} = \frac{3,664 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 5,55 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

- b) La cuestión de este apartado se refiere al concepto de potencial de frenado V_{fr} (diferencia de potencial necesaria para frenar los electrones emitidos, reduciendo a cero su energía cinética y, por consiguiente, impidiendo que alcancen la placa). el potencial de frenado está relacionado con la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

$$V_{fr} = \frac{Ec_e}{e} = \frac{6,236 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 3,90 \text{ V}$$

Para que se produzca el frenado, la placa debe estar a menor potencial que el cátodo, como indica el dibujo.



OPCION B

2. a) Teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.
b) Una superficie metálica emite fotoelectrones cuando se ilumina con luz verde pero no emite con luz amarilla. Razone qué ocurrirá cuando se ilumine con luz azul o con luz roja.
- a) El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por parte de un metal al incidir sobre él radiación electromagnética. La teoría ondulatoria clásica de Maxwell sobre la luz no podía explicar las características de este fenómeno, como la existencia de una frecuencia umbral, al suponer una transmisión continua de la energía. Einstein aplicó las hipótesis cuánticas de Planck para explicar el efecto fotoeléctrico. Pero llegó aún más allá en su ruptura con las teorías clásicas. Supuso que no sólo los intercambios de energía están cuantizados, sino que *la propia radiación está constituida por "partículas" (posteriormente llamadas **fotones**) que transportan la energía de forma discreta, concentrada en cuantos de energía.* Es decir, supuso un comportamiento corpuscular para la

Suponiendo que la luz se comporta como una partícula, al chocar ésta con un electrón, le transmite instantáneamente toda su energía. Evidentemente, esta energía que cede al electrón dependerá de la frecuencia de la radiación.

Así, la energía de un fotón se emplea, en primer lugar, en arrancar al electrón del metal. Esta energía necesaria, que depende del tipo de metal, se denomina **trabajo de extracción** o **función trabajo** (W_{extr} , o Φ_0). También puede definirse como la energía mínima que debe tener el fotón para extraer un electrón del metal. Así, tendremos que

Si el fotón no posee energía (frecuencia) suficiente, no podrá arrancar al electrón, y el fotón será emitido de nuevo. Esto explica la existencia de la frecuencia umbral.

Si la energía es superior al trabajo de extracción, la energía sobrante se emplea en darle energía cinética (velocidad) a los electrones emitidos. De este modo, llegamos a la expresión:

Así, una mayor frecuencia de la radiación significará una mayor energía cinética de los electrones, pero no un mayor nº de electrones emitidos. Y una mayor intensidad de la radiación (mayor nº de fotones) significará un mayor nº de electrones emitidos, pero no una mayor energía cinética.

- b) El color (o tipo) de la radiación viene dado por su frecuencia. Una luz verde tiene mayor frecuencia que la amarilla y, por lo tanto, cada fotón de luz verde tiene mayor energía que un fotón de luz amarilla. Si la luz verde produce la emisión de electrones, es porque su frecuencia es mayor que la frecuencia umbral del metal. Del mismo modo, la frecuencia de la luz amarilla es menor que la frecuencia umbral, y por tanto los fotones no tienen energía suficiente para producir la emisión.

Teniendo en cuenta que la frecuencia de la luz azul es mayor que la verde (y por tanto, mayor que la umbral), podemos concluir que la luz azul producirá la emisión de fotoelectrones, mientras que la luz roja no, dado que su frecuencia es aún menor que la de la luz amarilla.