

Efecto fotoeléctrico

Pedro Velarde

Departamento de Ingeniería Energética
Instituto de Fusión Nuclear
Universidad Politécnica de Madrid

8 de febrero de 2019



El efecto fotoeléctrico

- ▶ Por efecto fotoeléctrico se entiende la emisión de electrones por un material al absorber ésta radiación electromagnética incidente.
- ▶ Los electrones han de superar al menos el pozo de potencial mínimo que los liga a la red cristalina (función de trabajo W) o al átomo.
- ▶ Por lo tanto la energía cinética que adquieren los electrones es

$$h\nu = E_{\max} + W \quad (1)$$

- ▶ Esta es la explicación dada por Einstein en 1905 y que fue claramente confirmada por experimentos realizados 10 años después.



Interpretación clásica

- ▶ La interpretación clásica (no cuántica) de este experimento supone que los electrones adquieren paulatinamente energía cinética al absorber la radiación incidente de intensidad I .
- ▶ Un electrón por átomo absorbería $I \times S$ J/s, siendo S el área de absorción por el electrón
- ▶ La tasa a la que el electrón adquiere energía está dada por

$$\frac{dE}{dt} = \text{intensidad de la radiación} \times \text{área frontal efectiva} = IR^2$$

- ▶ Una estimación de S sería el área de la celda *ocupada* por el electrón. Suponiendo que hay sólo un electrón que interactúa por átomo se tiene $S \approx R^2$, con R la distancia interatómica

$$R = \left(\frac{1}{\text{densidad numérica de átomos}} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{\rho}{Am_u} \right)^{-\frac{1}{3}}$$



Interpretación clásica

- ▶ La mínima energía que pueden adquirir los electrones para escapar del metal es precisamente W .
- ▶ Para adquirir esta energía cinética invertirán un tiempo dado por la fórmula anterior

$$\tau = \frac{W}{I} \frac{1}{d^2}$$

- ▶ Este tiempo de respuesta puede ser apreciable. Por ejemplo, para el Cs ($W = 2,1 \text{ eV}$), con una intensidad de iluminación de 1 W/m^2 se obtiene $\tau = 1,4 \text{ s}$.



Interpretación cuántica

- ▶ Los experimentos cruciales se llevaron a cabo por Lenard en 1902, determinando la relación entre energía cinética del electrón y frecuencia de la radiación, y por Millikan en 1915, confirmando la teoría de Einstein formulada en 1905.
- ▶ Los hechos experimentales son los siguientes
 - ▶ La emisión de electrones es prácticamente inmediata.
 - ▶ Para cada sustancia existe una cierta frecuencia de la radiación incidente por debajo de la cual no hay emisión de electrones.
 - ▶ La energía máxima con la que los electrones son emitidos no depende de la intensidad de la luz incidente.



Interpretación cuántica

- ▶ La fórmula (1) explica los resultados de las figuras 1 y 2, puesto que para $h\nu < W$ no hay emisión de electrones, y la energía E que adquieren es independiente del número de fotones.

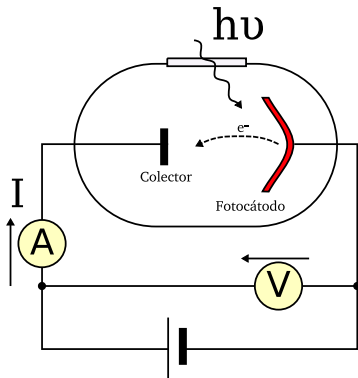


Figura: Experimento de Lenard en 1902. La aplicación de V positivo carga positivamente el colector, estableciendo una corriente en el circuito. Cuando V es negativo, los fotoelectrones se frenan, llegando con menos energía al colector. Para cierto valor V_{\max} cesan de llegar electrones al colector, lo que determina la energía máxima de éstos.



Interpretación cuántica

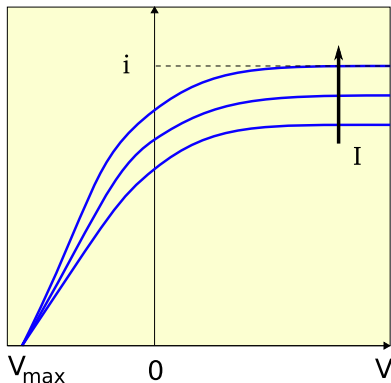


Figura: Resultado del experimento anterior. Para el valor V_{\max} los electrones son frenados justo antes de llegar al colector (ánodo), determinando la energía máxima de los fotoelectrones. Como se observa, es independiente de la intensidad I de la radiación.



Interpretación cuántica

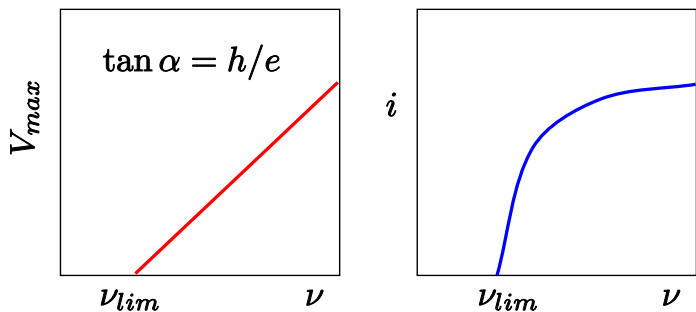


Figura: Resultados del potencial aplicado e intensidad en función de la frecuencia

