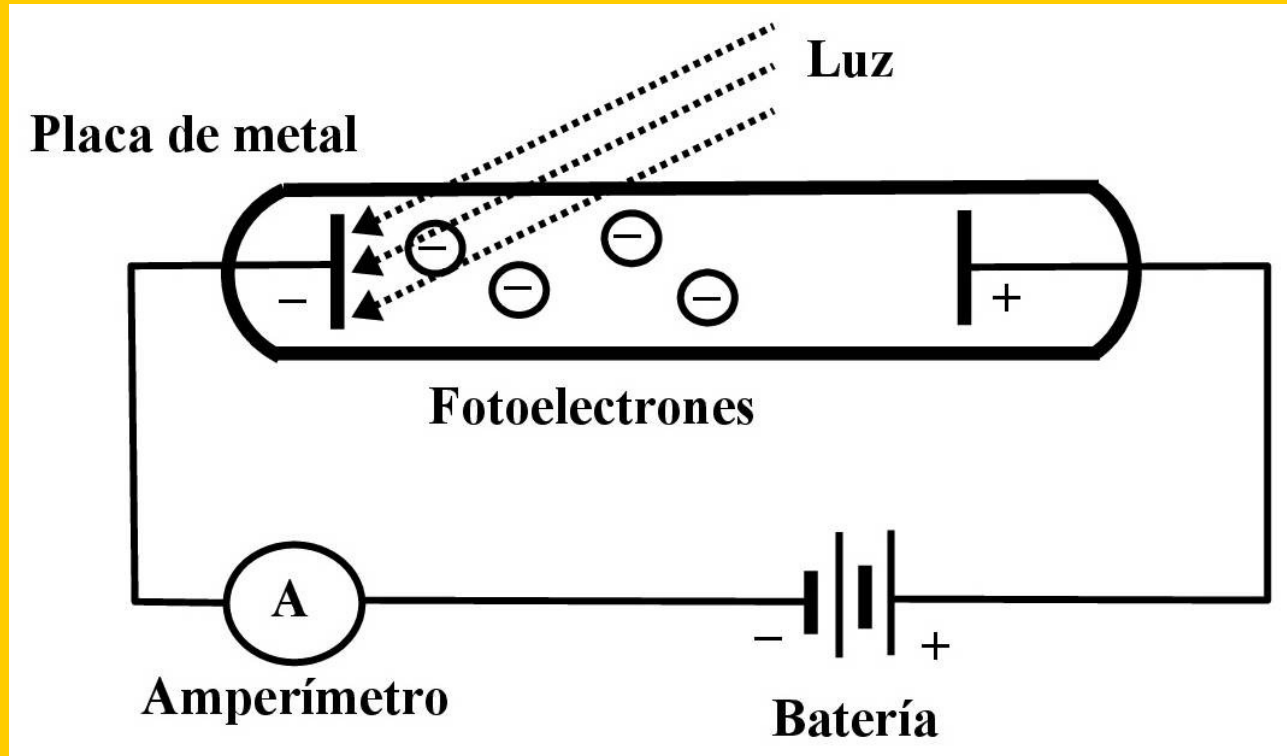


FÍSICA CUÁNTICA

Esquema

1. El efecto fotoeléctrico.
2. Hipótesis de Planck.
3. La dualidad onda-partícula.
4. El principio de incertidumbre.
5. Problemas-tipo.
6. Cuestiones-tipo.

1. El efecto fotoeléctrico



- El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de fotoelectrones por parte de una lámina metálica cuando se ilumina con una luz de frecuencia igual o superior a la umbral.
- El que se produzca o no el efecto fotoeléctrico no depende de la intensidad de la luz incidente, sino de su frecuencia.
- Por debajo de la frecuencia umbral no hay efecto fotoeléctrico.
- Balance de energía del efecto fotoeléctrico:

Energía de la luz = trabajo para arrancar electrones + energía cinética de los electrones

- La energía de la luz se invierte en arrancar electrones del metal y en darles energía cinética.

– Fórmula de Einstein del efecto fotoeléctrico: $E_{\text{fotón}} = W_{\text{extr.}} + E_c$

siendo: $E_{\text{fotón}}$: energía del fotón de la luz incidente.

$W_{\text{extr.}}$: trabajo de extracción del metal.

E_c : energía cinética de los electrones.

– Cuanto mayor sea la frecuencia de la luz por encima de la frecuencia umbral, mayor será la energía cinética de los electrones emitidos.

– Cuanto mayor sea la intensidad de la luz, más electrones saldrán de la lámina por unidad de tiempo.

– Fórmulas del efecto fotoeléctrico:

* Balance de energía:

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{extr.}} + E_c \quad (\text{J})$$

* Energía del fotón, $E_{\text{fotón}}$:

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (\text{J})$$

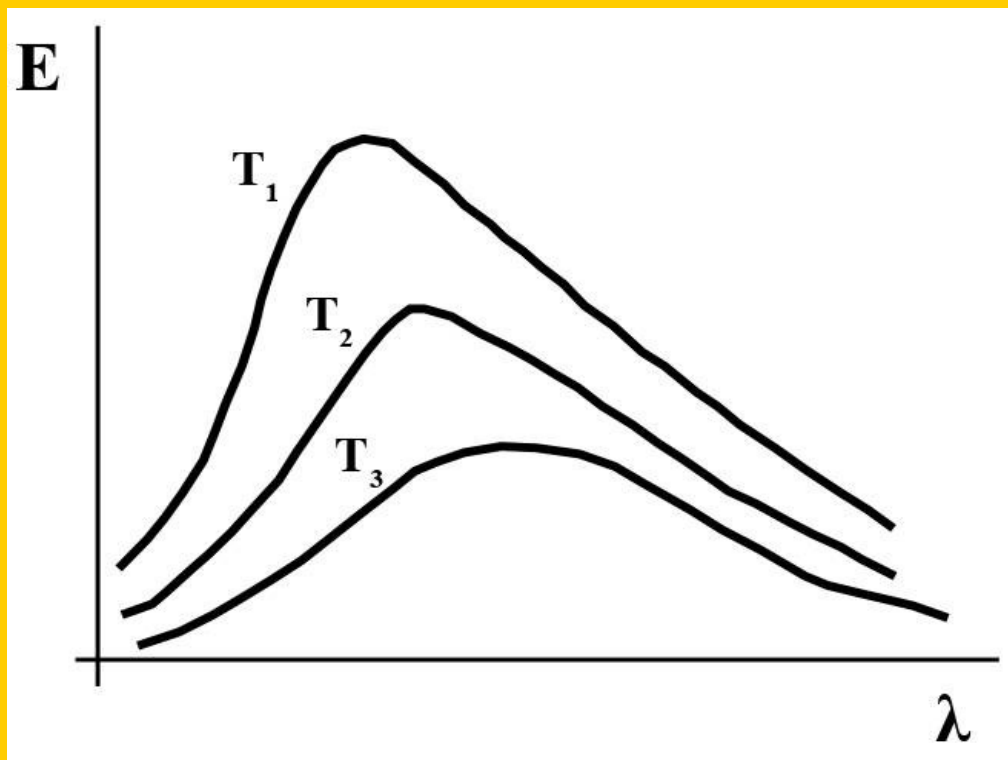
* Trabajo de extracción del metal, $W_{\text{extr.}}$:

$$W_{\text{extr.}} = h \cdot f_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{máx.}}} \quad (\text{J})$$

* Energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos, E_c :

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = e \cdot V_0 \quad (\text{J})$$

2. Hipótesis de Planck



- La dio Max Planck para explicar la radiación térmica de los cuerpos calientes, es decir, el hecho de que a cada temperatura el máximo de energía se emite a una longitud de onda distinta.
- a) La energía no se emite de forma continua, sino discreta. Es decir, concentrada en cuantos o paquetes de energía, algo muy similar a lo que ocurriría si se emitieran partículas.
- b) La energía correspondiente a un cuanto depende de la frecuencia de vibración de los átomos del metal y viene dada por la expresión: $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$, donde h es la constante de Planck y f es la frecuencia de la radiación.
- c) La energía emitida no puede tener cualquier valor. Sólo podrá emitirse un número entero de cuantos de energía: $E_T = n \cdot h \cdot f$. Se dice entonces que la energía está cuantizada.

3. La dualidad onda-partícula

- También se la llama hipótesis de De Broglie.
- Dice así: “Toda partícula en movimiento lleva asociada una onda”.
- Este comportamiento ondulatorio es sólo apreciable para partículas muy pequeñas, pues la longitud de onda de los objetos macroscópicos es tan pequeña que no es detectable ni siquiera por difracción.
- De Broglie supuso que toda la materia tiene un comportamiento dual.
- * Según Planck: $E = h \cdot f$ * Según Einstein: $E = m \cdot c^2$
- Igualando ambas: $h \cdot f = m \cdot c^2 \rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = m \cdot c^2 \rightarrow \lambda = \frac{h}{m \cdot c} = \frac{h}{p}$
- Generalizando para cualquier partícula, la longitud de De broglie es: $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

- Si la hipótesis de De Broglie es correcta, debe ser observable. La difracción es un fenómeno ondulatorio que consiste en que una onda se desvía al encontrarse con un obstáculo con un hueco semejante a la longitud de onda. Davidson y Germer observaron que, efectivamente, un haz de electrones se difracta en la red cristalina de una lámina de níquel.
- No puede observarse el carácter ondulatorio de partículas macroscópicas, pues la longitud de onda asociada es de aproximadamente 10^{-35} m. No es posible la difracción con un tamaño inferior a las distancias entre átomos, que es del orden de 10^{-10} m.

4. El principio de incertidumbre

- Dice así: “No es posible medir simultáneamente el valor exacto de la posición y de la cantidad de movimiento (y por lo tanto, de la velocidad) de una partícula”.
- Según este principio, es imposible determinar con exactitud la posición y la velocidad de una partícula.
- Su formulación es: $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4 \cdot \pi}$, siendo Δx la incertidumbre en la posición y Δp la incertidumbre en el momento. Se deduce que si una de las incertidumbres es pequeña (gran exactitud), la otra es grande (mucho error).
- El propio hecho de medir altera el sistema que estamos midiendo y la medida ya no es el valor que era.

- Supongamos el siguiente experimento imaginario, llamado microscopio de Böhr: queremos medir a la vez la posición y la velocidad de un electrón. Para poder ver al electrón necesitamos al menos un fotón que impresione nuestra retina; ese fotón vendría de chocar con el electrón y de rebotar con él. Al hacer esto, se altera el estado en el que se encontraba el electrón, luego la medida ya no es fiable.
- Esta dificultad no se resuelve con instrumentos de medida más exactos ni más precisos, pues es una dificultad intrínseca a la naturaleza.
- De este principio pueden extraerse estas consecuencias:
 - a) El conocimiento que podemos tener de la naturaleza está limitado. No todo es medible con exactitud.
 - b) No se puede hablar ya de posición y de velocidad exactas de una partícula, únicamente de probabilidad de encontrar a una partícula en una región del espacio.

5. Problemas-tipo

- a) El efecto fotoeléctrico.
- b) Cálculo de la longitud de onda de De Broglie.

6. Cuestiones-tipo

- a) El efecto fotoeléctrico.
- b) La dualidad onda-partícula o hipótesis de De Broglie.
- c) Principio de incertidumbre o de indeterminación de Heisenberg.