

# SIMULACIÓN PHET: EL EFECTO FOTOELÉCTRICO

## Preparación

1. Ingresa a <http://k20.ou.edu/photoelectric>.
2. Inicia el simulador. Si te dan opciones, elige ejecutar la versión Cheerpj. Abre las dos gráficas inferiores en la parte derecha del simulador. Haz clic en el menú "Options" ("Opciones") y selecciona "show photons" ("mostrar fotones").
3. Utiliza el menú "desplegable" para cambiar el metal por zinc, que es el metal utilizado en la demostración del electroscopio.
4. Ajusta la longitud de onda de la luz a 650 nm, que corresponde a la luz roja visible que produce nuestro puntero láser. Puedes escribir los valores exactos de la longitud de onda.

## Experimento

1. Ajusta la intensidad al 50%. Ahora deberías ver fotones rojos que salen de las fuentes hacia una placa de zinc. La placa de zinc se encuentra dentro de un tubo de vacío, y hay otra placa metálica en el lado opuesto del tubo. Las placas están conectadas en un circuito con un amperímetro y una batería. El amperímetro mide la corriente. La corriente es una medida de la tasa de carga (electrones) por segundo que fluye por el circuito.
  - a. ¿Qué observas que ocurre dentro del tubo de vacío? (Nota: Puede que algunas de tus observaciones sean que no ocurre nada).
2. Disminuye lentamente la longitud de onda hasta que observes que ocurre algo. Anota tus observaciones en tu cuaderno de Ciencias.
3. ¿A qué longitud de onda los electrones son expulsados del metal zinc por primera vez? ¿Coincide con lo que observaste en el electroscopio? (Recuerda que la longitud de onda de la fuente UV en la demostración era de 254 nm).
4. Basándote en tus observaciones, ¿qué causa que las partículas de electrones sean expulsadas de los átomos de zinc? Los electrones expulsados se conocen como fotoelectrones.
5. Ajusta la longitud de onda de la luz UV a 240 nm. Investiga el efecto de cambiar la intensidad deslizando la barra de intensidad del ajuste más alto al más bajo. La intensidad es una medida de la velocidad con la que se transmite energía sobre una superficie. Al aumentar la intensidad de los fotones, se incrementa la velocidad con la que los fotones transmiten energía a un área determinada. También puedes pensar en la intensidad como el número de fotones que se transmiten al área por un tiempo determinado, donde cada fotón es el portador de energía.

- a. Observa el valor de la corriente en el recuadro amarillo del circuito y las dos gráficas de la derecha. La corriente aumentará a medida que se produzcan más fotoelectrones con el tiempo. Anota tus hallazgos en tu cuaderno de Ciencias.
- b. Observa la gráfica de intensidad y corriente (verde). Describe la relación entre la intensidad de la luz y la corriente. (¿Son directa o inversamente proporcionales?)
- c. Observa la gráfica que compara la frecuencia y la energía cinética (azul). ¿Qué efecto tiene la intensidad de la luz sobre la energía cinética (variable del eje y en la gráfica azul) de los electrones?

**Selecciona "Show only highest energy electrons" ("Mostrar solo los electrones de mayor energía") en la esquina superior derecha.**

***Si la luz se comporta como una onda***, la energía cinética máxima de los electrones debería aumentar a medida que aumenta la intensidad. Basándote en esta afirmación y en tus observaciones, ¿la luz se comporta como una onda?

6. Cambia la intensidad al 3%. Observa durante unos minutos.
  - a. ¿Un solo fotón puede provocar que un electrón se descargue?
  - b. ¿Todos los fotones provocan que un electrón se descargue?
  - c. Piensa en una razón que explique esto. Baja la longitud de onda a 100 nm. ¿Esto te ayuda a responder la pregunta anterior?

***Si la luz se comportara como partículas, transmitiría energía inmediatamente*** y los electrones serían ***expulsados al instante*** al recibir el impacto de un fotón. Si la luz se comportara como ***ondas, transmitiría energía con el tiempo*** y habría un ***desfase en el tiempo*** entre el momento en que la onda entra en contacto con el electrón y el momento en que este es expulsado.

Basándote en esta afirmación y en tus observaciones, ¿la luz se comporta como una onda o como una partícula?

7. Repite los 5 pasos con la luz roja de 650 nm. Anota tus hallazgos en tu cuaderno de Ciencias. Explica tu observación.

***Si la luz se comportara como una onda***, la energía transmitida se acumularía con el tiempo y acabaría provocando la expulsión de los electrones. Además, la ***energía se acumularía al aumentar la intensidad*** y provocaría la expulsión de los electrones.

Basándote en esta afirmación y en tus observaciones, ¿la luz se comporta como una onda?



8. Vuelve a ajustar la longitud de onda a 240 nm con una intensidad del 50%. Disminuye lentamente la longitud de onda mientras observas la frecuencia ( $\nu$ ) de la luz comparándola con la energía cinética (KE) de la gráfica del electrón.
- Describe la curva 3 de la gráfica azul. (¿Es lineal o exponencial?)
  - Escribe una ecuación matemática para la curva de la gráfica utilizando  $y$ ,  $m$ ,  $x$  y  $b$ .
  - Identifica las variables  $x$  e  $y$  en la ecuación.

La pendiente es constante cuando se alcanza y se superan los 240 nm. La pendiente representa la constante de Planck,  $h$ .

La intersección con el eje  $y$ ,  $b$ , se conoce como función de trabajo,  $\Phi$ . (Nota: No puedes ver la intersección con el *eje y* en la gráfica porque tiene un valor negativo). La función de trabajo es la energía que se necesita para que un electrón sea expulsado de la superficie metálica. En Química, este valor se conoce como potencial de ionización, energía de ionización o energía de enlace de un electrón.

- Escribe la ecuación matemática utilizando KE,  $\nu$ ,  $h$  y  $\Phi$ . Como  $\Phi$  es negativo, pon el signo menos delante de él en la ecuación.

La energía de un fotón de luz se obtiene con la fórmula  $E_{\text{photon}}=h\nu$ . Esto se conoce como un cuanto de energía. Un cuanto de energía es la cantidad individual más pequeña de energía que un fotón puede tener.

- Escribe tu ecuación matemática con  $E_{\text{photon}}$  en lugar de  $h\nu$ .
- Basándote en la ecuación que has escrito, ¿en qué caso un electrón expulsado no tendrá energía cinética?

9. Cambie el metal de zinc a sodio. Encuentra la longitud de onda máxima que provoque que los electrones sean expulsados de los átomos de sodio. Anota tus hallazgos en tu cuaderno de Ciencias.

¿Cómo se compara la energía de estos fotones con la energía de los fotones de luz necesarios para expulsar electrones en el zinc?

¿El sodio tiene una función de trabajo mayor o menor que el zinc? Da una explicación.

10. Encuentra la longitud de onda máxima que provoque que los electrones sean expulsados de los otros metales de la lista. Anota tus hallazgos en tu cuaderno de Ciencias.
11. Clasifica todos los metales en orden creciente según el incremento de la función de trabajo. Puedes hacerlo encontrando el punto del eje  $x$  donde los electrones obtienen energía por primera vez. Cuanto más cerca esté el punto al eje  $y$ , menor será la función de trabajo.
12. Predice la posición del metal desconocido en la serie anterior.

### Ampliación:

Has comprobado que la energía de un fotón es su frecuencia multiplicada por la constante de Planck.

$$E=h\nu$$

- También has comprobado en lecciones anteriores que  $c=\lambda\nu$  o  $\nu=c/\lambda$ .
- Combinando estas dos ecuaciones, se obtiene  $E=hc/\lambda$ .
- Probablemente conozcas la famosa ecuación de Einstein:  $E=mc^2$ .
- Por lo tanto,  $hc/\lambda=mc^2$  o  $h/\lambda=mc$ .
- Una de las propiedades más importantes de las partículas es su cantidad de movimiento. Matemáticamente, la cantidad de movimiento es el producto de la masa y la velocidad. La ecuación de la cantidad de movimiento es  $\rho=mv$ . De la luz, es  $v=c$ . Por lo tanto,  $\rho=mc$ .
- Por lo tanto,  $h/\lambda=\rho$ .
- Esta ecuación demuestra tanto las propiedades de onda ( $\lambda$ ) como de partícula ( $\rho$ ) de los fotones.

University of Colorado-Boulder. (Sin fecha). Photoelectric effect. PhET Interactive Simulations.  
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>