

Efecto Fotoeléctrico

(Otro ejemplo del origen de la Mecánica Cuántica)

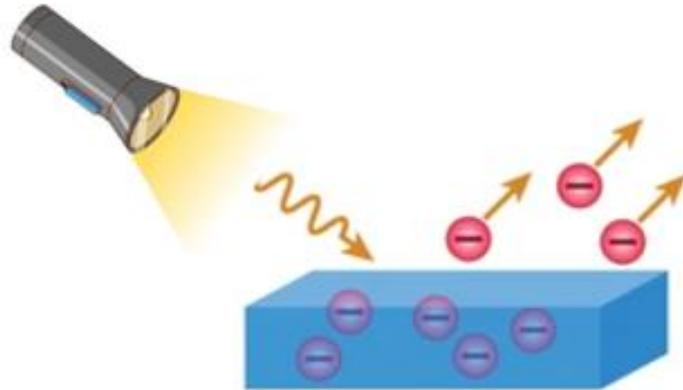
AIDALIS SANTIAGO BELÉN

FISI 4118 – ELEMENTOS DE FÍSICA MODERNA

2 DE MARZO DE 2024

1. HEINRICH RUDOLF HERTZ (1887)

- **Descubrió** el efecto fotoeléctrico.
- Notó que cuando la luz golpeaba la superficie de ciertos metales, estos emitían electrones.



2. ALBERT EINSTEIN (1905)

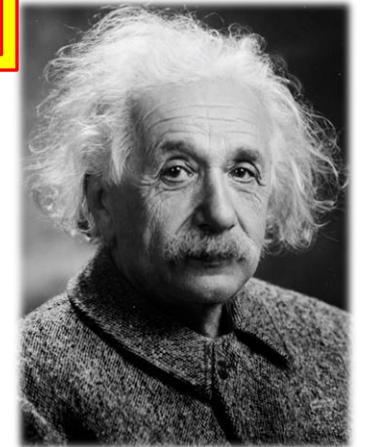
- **Explicó** que la luz tiene una naturaleza cuántica y está compuesta por partículas llamadas fotones.

$$E = hf$$

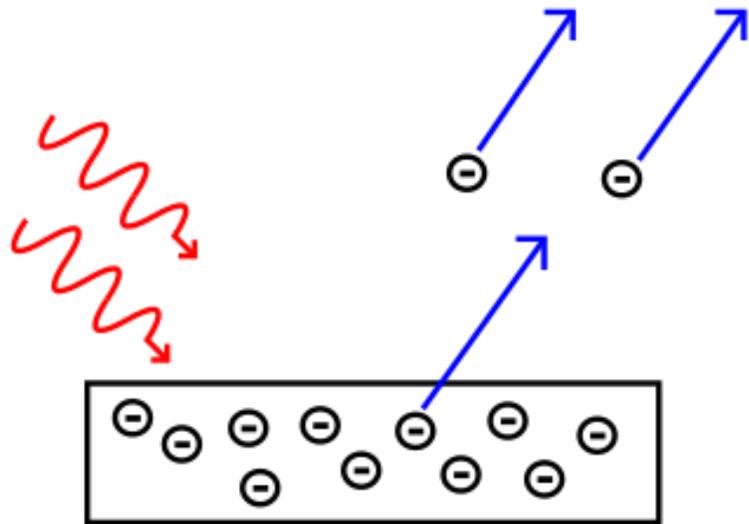
Frecuencia

Constante de Planck

$$6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$



Efecto Fotoeléctrico



Es el proceso en el cual se incide luz en una superficie metálica y esta emite electrones (fotoelectrones), creando una corriente eléctrica.

Einstein explicó que la luz está compuesta por quantum de energía (fotones) en lugar de ondas.

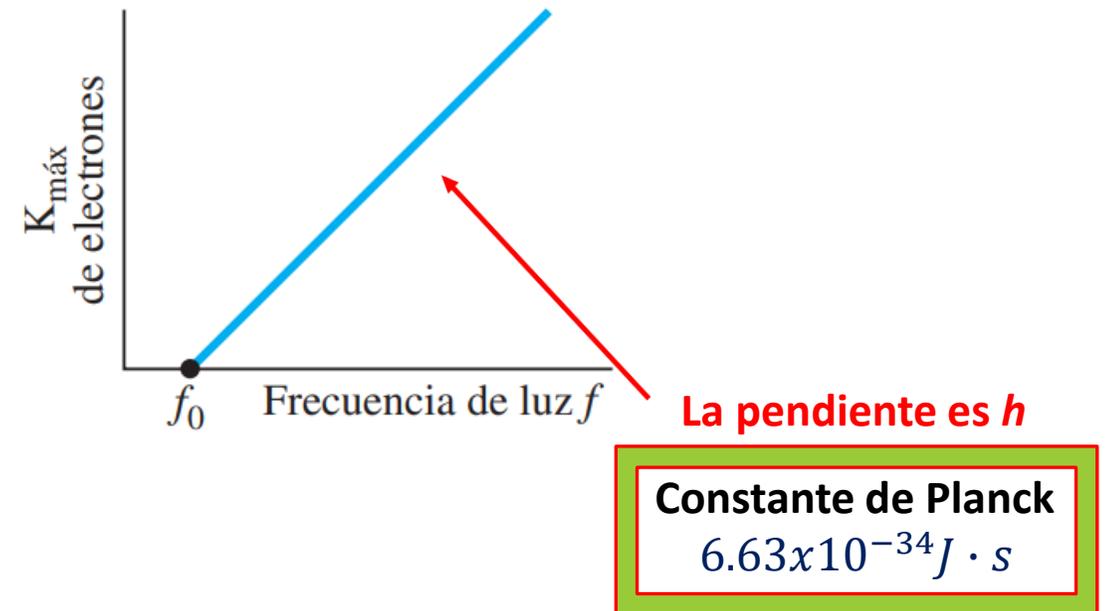
- Ecuación para la energía de los fotones:

$$E = hf$$

- El efecto fotoeléctrico se da si la energía del fotón es mayor que la energía necesaria para expulsar e- de la superficie del material (ϕ).
- La energía cinética máxima de los fotoelectrones es: [Esta es **independiente** de la intensidad del fotón]

$$K_{max} = hf - \phi$$

- **Si la energía del fotón $hf \leq \phi$ los electrones no se emiten.**
- La frecuencia del umbral está dada por: $f_c = \phi/h$
- La longitud del umbral está dada por: $\lambda_c = hc/\phi$



Funciones de Trabajo en el Efecto Fotoeléctrico

Elemento	Función de trabajo(eV)
Aluminio	4,08
Berilio	5,0
Cadmio	4,07
Calcio	2,9
Carbono	4,81
Cesio	2,1
Cobalto	5,0
Cobre	4,7
Oro	5,1
Hierro	4,5
Plomo	4,14
Magnesio	3,68
Mercurio	4,5
Niquel	5,01
Niobio	4,3
Potasio	2,3
Platino	6,35
Selenio	5,11
Plata	4,73
Sodio	2,28
Uranio	3,6
Zinc	4,3

Metal	Función de trabajo Φ (Joules, J)
Calcio, Ca	4.60×10^{-19}
Estaño, Sn	7.08×10^{-19}
Sodio, Na	3.78×10^{-19}
Hafnio Hf	6.25×10^{-19}
Samario, Sm	4.33×10^{-19}

EJEMPLO

Efecto Fotoeléctrico para el metal Sodio (Na)

Una superficie de Na se ilumina con luz de $\lambda=300$ nm (violeta). La función de trabajo ϕ_{Na} es 2.28 eV. Calcule:

a) haz de luz incidente es:

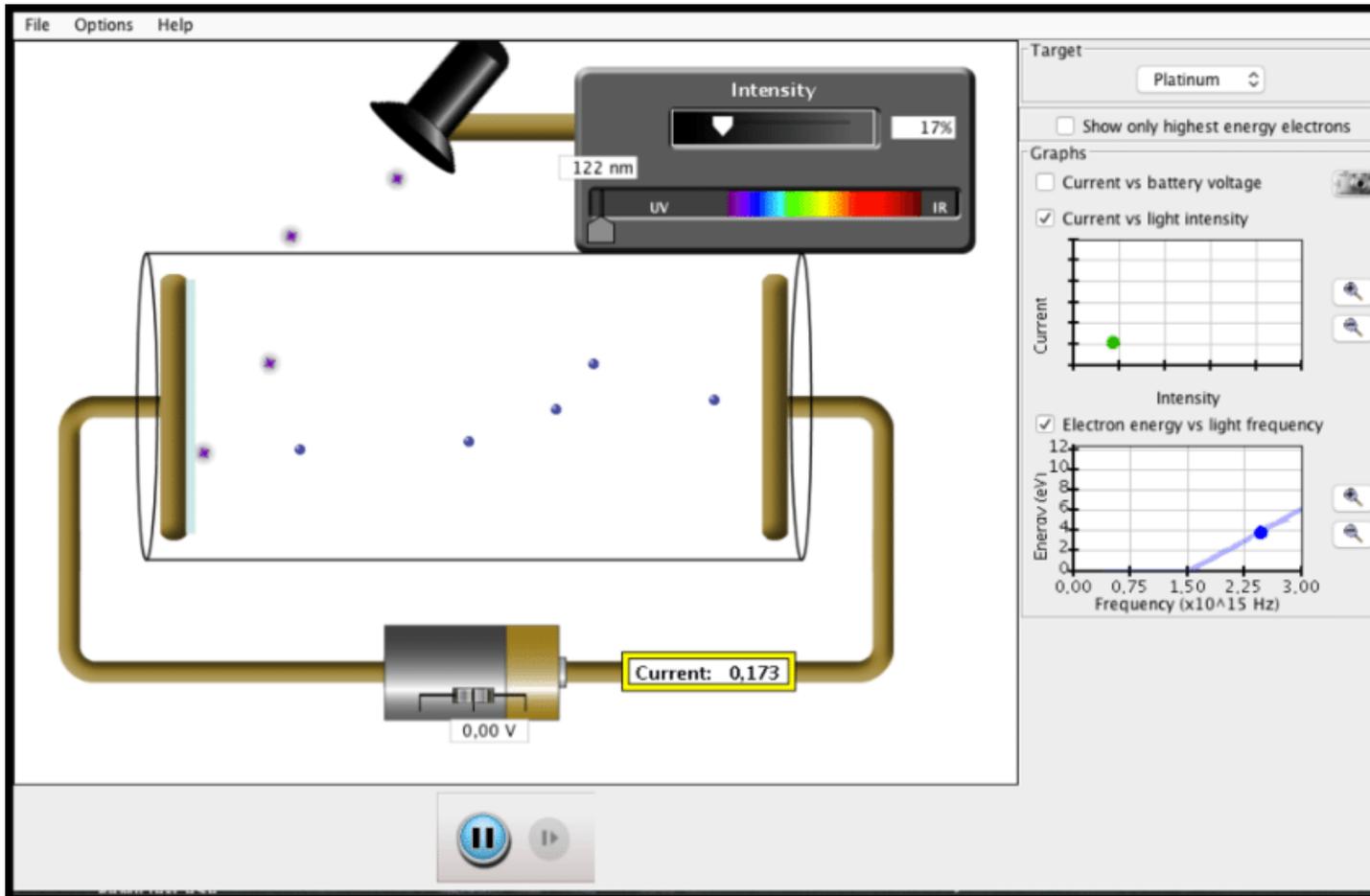
$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{300 \times 10^{-9} \text{ m}} = 6.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 4.14 \text{ eV}$$

Energía cinética del e-: $K_{max} = hf - \phi = 4.14 \text{ eV} - 2.28 \text{ eV} = 1.86 \text{ eV}$

b) Longitud de corte: para Na

$$\phi = 2.28 \text{ eV} = (2.28 \text{ eV})(1.6 \times 10^{-19} \text{ J/eV}) = 3.65 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda_c = \frac{hc}{\phi} = \frac{(6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{3.65 \times 10^{-19} \text{ J}} = 5.05 \times 10^{-7} \text{ m} = 545 \text{ nm}$$



Simulación PHET del Efecto Fotoeléctrico

EJEMPLO

Rapidez y Energía

Para el fotoelectrón expulsado de una superficie de Na ($\phi=2.28$ eV) cuando se ilumina con luz de longitud de onda:

(a) $\lambda=410$ nm (Violeta)

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{410 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4.85 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.03 \text{ eV}$$

Energía cinética del e-: $K_{max} = hf - \phi = 3.03 \text{ eV} - 2.28 \text{ eV} = 0.75 \text{ eV}$

$$K_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 K_{max} / m}$$

$$v = \sqrt{(2 \times 0.75) / (9.11 \times 10^{-31})} = 5.1 \times 10^5 \text{ m/s} = 1.1 \times 10^6 \text{ mph}$$

(b) $\lambda=550$ nm (Verde)

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{550 \times 10^{-9} \text{ m}} = 3.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.26 \text{ eV}$$

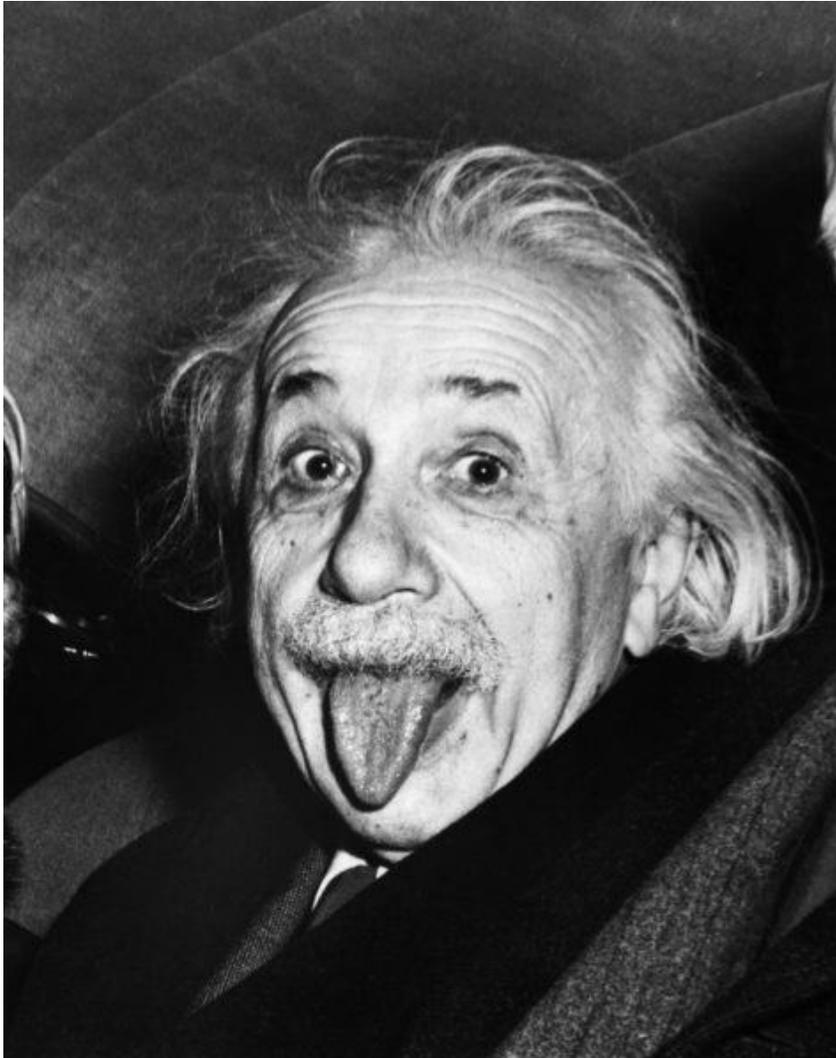
Energía cinética del e-: $K_{max} = hf - \phi = 2.26 \text{ eV} - 2.28 \text{ eV} = -0.2 \text{ eV}$

Es menor que ϕ
NO se emiten e-

**El efecto fotoeléctrico dio origen a lo que es la
Mecánica Cuántica**



Por su trabajo en este tema,
Einstein recibió el Premio
Nobel de Física en 1921.



¡GRACIAS POR
SU ATENCIÓN!





Referencias

- David Jeffery Griffiths (2013). *Revolutions in twentieth-century physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Giancoli, D.C. and Botting, C. (2009). *Physics : for scientists & engineers with modern physics*. Estados Unidos: Pearson Education, Inc.
- Khan Academy. (n.d.). *Efecto fotoeléctrico (artículo)*. [online] Available at: <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/photoelectric-effect>.
- OpenAI (2022). *ChatGPT*. [online] chat.openai.com. Available at: <https://chat.openai.com/>.
- Openstax.org. (2021). *6.2 Efecto fotoeléctrico - Física universitaria volumen 3 | OpenStax*. [online] Available at: <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3/pages/6-2-efecto-fotoelectrico>.