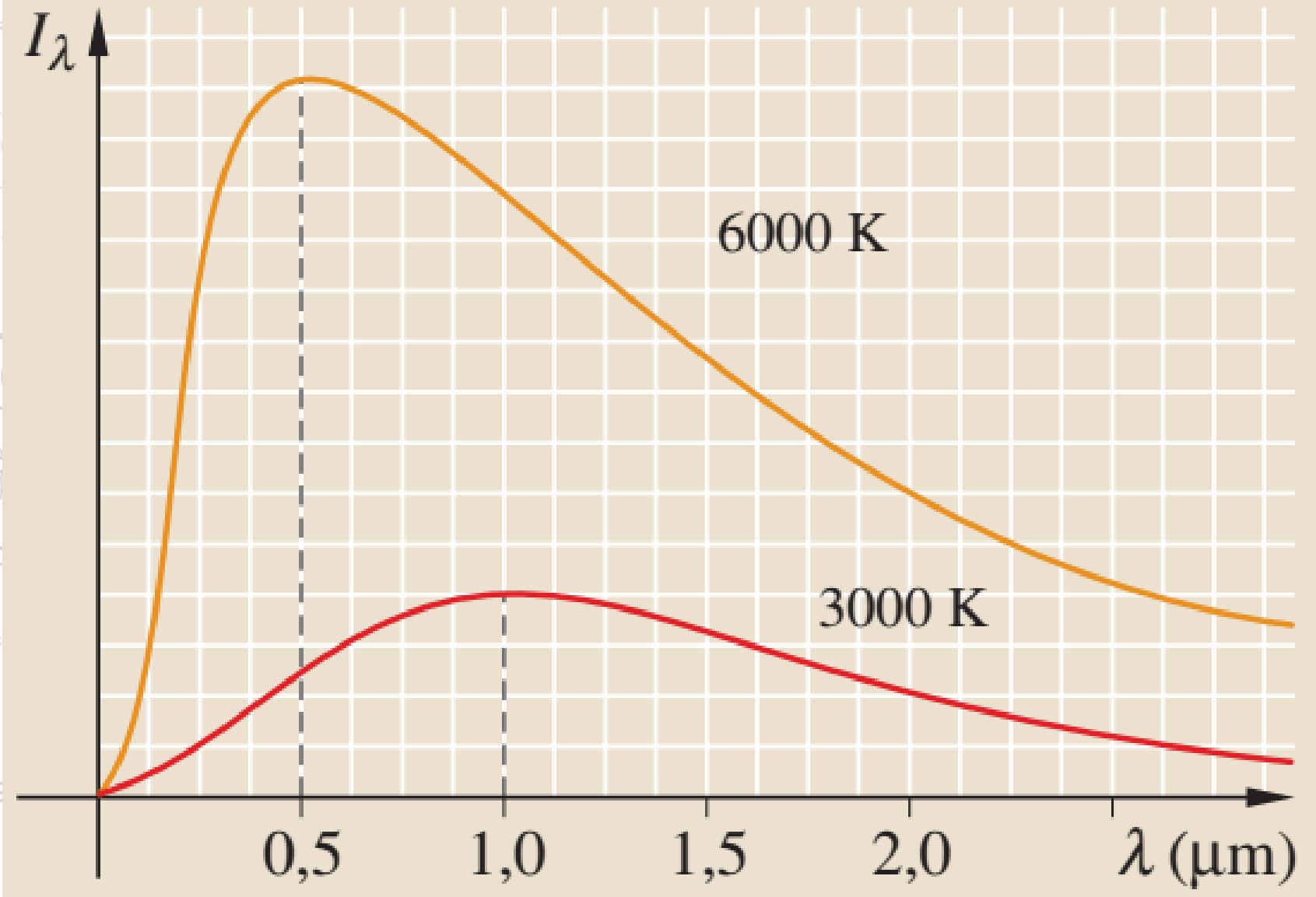




Max Planck (1858-1947)



$$\epsilon = h \cdot f$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$E_{\text{light}} = \Phi + K_{\text{max}}$

$U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$

$\Psi(x) \approx \begin{cases} A e^{ikx} + B e^{-ikx} & : x < 0 \\ C e^{-kLx} & : 0 \leq x \leq L \\ D e^{ikx} & : x > L \end{cases}$

$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} E \Psi = 0$

$hf = \Delta E = E_{\text{high}} - E_{\text{low}}$

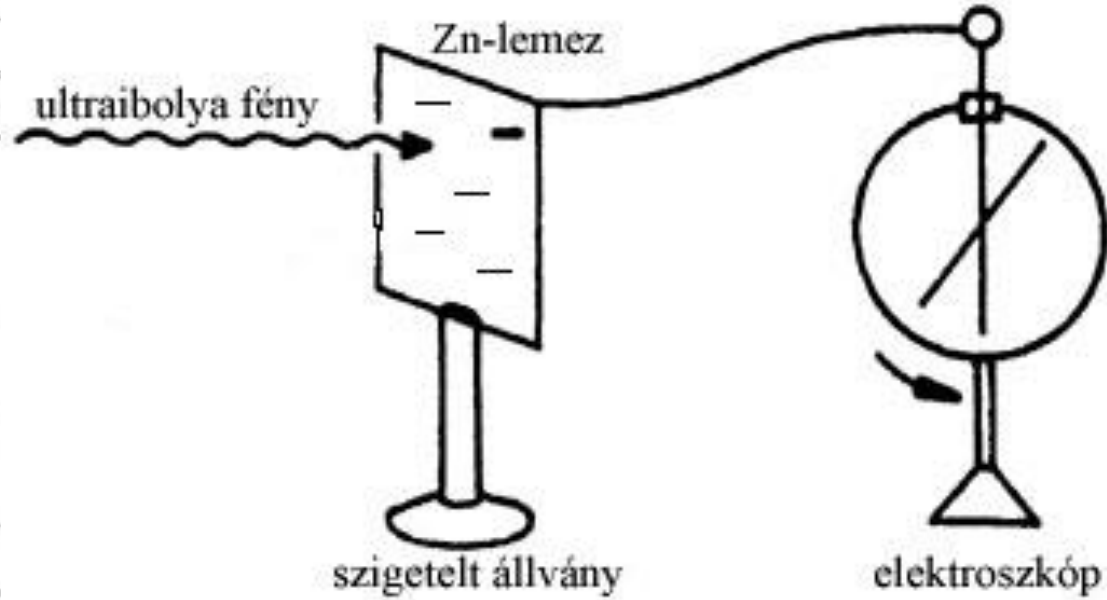
$E_{\text{photon}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$

$\lambda_{\text{particle}} = \frac{h}{p}$

$\Delta x > \lambda$

Fényelektromos jelenség (Fotoeffektus)

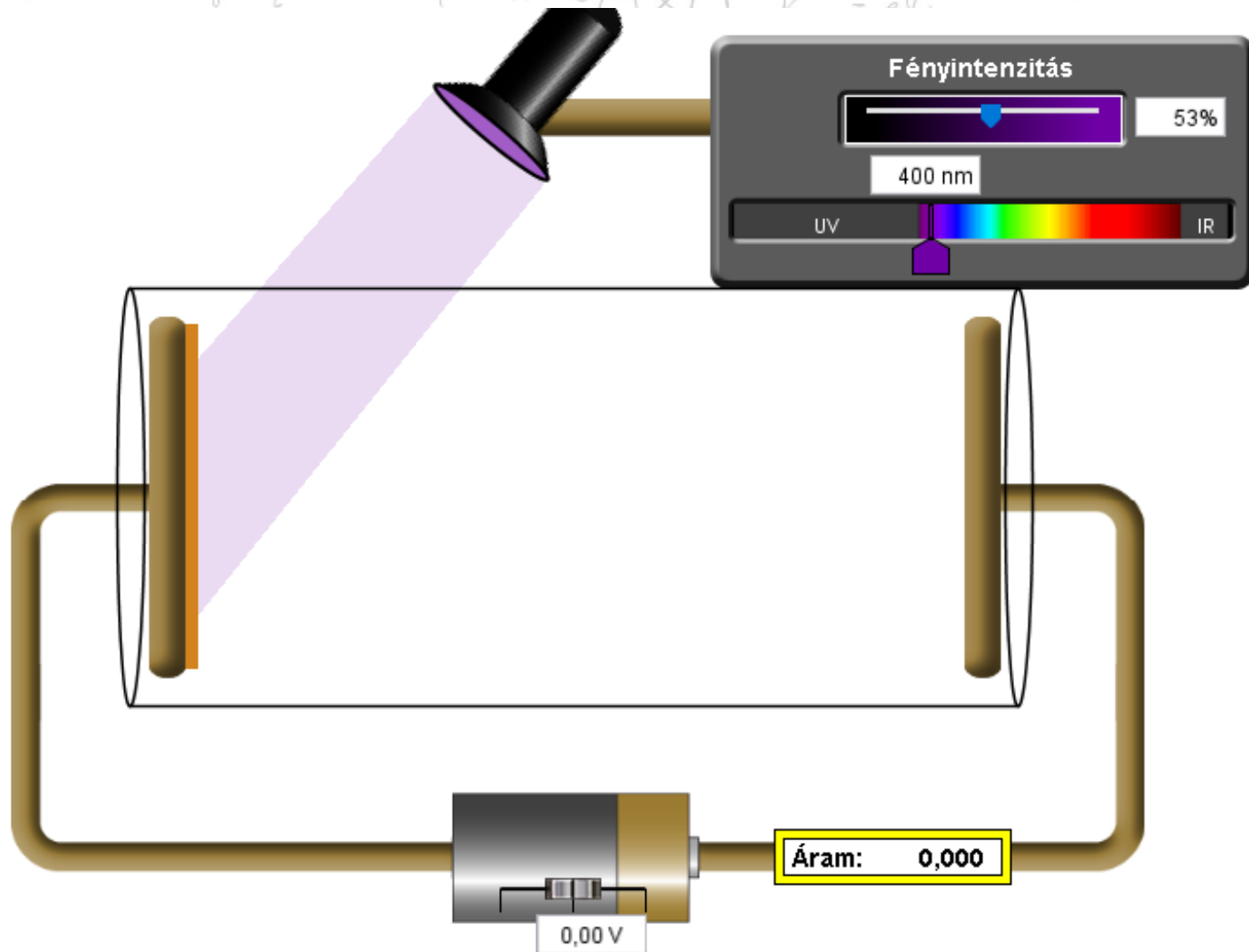
Kísérlet



1888 - Hallwachs

$E_{light} = \Phi + K_{max}$ $U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$ $E_{photon} = hf = h\frac{c}{\lambda}$ $\lambda_{particle} = \frac{h}{p}$ $K_{max} = eV_{stop}$ $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}[E-U]\psi = 0$ $E = \frac{p^2}{2m}$ $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$ $E_{photon} = hf = h\frac{c}{\lambda}$ $\lambda_{particle} = \frac{h}{p}$ $K_{max} = eV_{stop}$ $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}[E-U]\psi = 0$ $E = \frac{p^2}{2m}$ $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$ $b = \sqrt{\frac{8\pi^2m(U_0-E)}{h^2}}$ $V_{stop} = \frac{h}{e}f - \frac{\Phi}{e}$ $\Psi(x) \approx \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx} & : x < 0 \\ Ce^{-\kappa Lx} & : 0 \leq x \leq L \\ De^{ikx} & : x > L \end{cases}$ $hf = \Delta E = E_1$ $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $K = \frac{2\pi}{h}p$ $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}E\psi = 0$ $U(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$ J_s $E_{light} = \Phi + K_{max}$ $U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$ $E_{photon} = hf = h\frac{c}{\lambda}$ $\lambda_{particle} = \frac{h}{p}$ $K = \frac{2\pi}{h}p$ $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}E\psi = 0$ $\Delta x > \lambda$ $\Delta x > \lambda$

Irány a labor!



$$E_{\text{light}} = \Phi + K_{\text{max}} \quad U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

$$E_{\text{photon}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

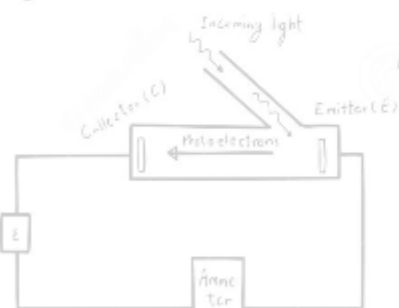
$$\Delta x \cdot \Delta p > h$$

$$K_{\text{max}} = eV_{\text{stop}} \quad \frac{d}{c}$$

$$|\Psi(x, y, z)|^2 dV$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$$

$$U(x) = 0$$



$$V_{\text{stop}} =$$

$$k = \frac{2\pi}{h} p \quad \Psi(x) \approx \begin{cases} Ae^{ikx} \\ Ce^{-ikx} \\ De^{i(kx - \omega t)} \end{cases}$$

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} E \Psi = 0$$

$$h = 6.63$$

$$E_{\text{light}} = c$$

$$E_{\text{photon}} = hf$$

$$E_{\text{light}} = \Phi + K_{\text{max}} \quad U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

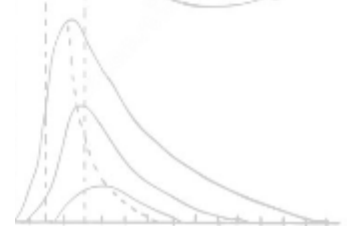
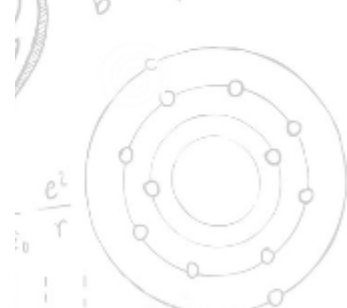
$$E_{\text{photon}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\Delta x \cdot \Delta p > h$$

$$K_{\text{max}} = eV_{\text{stop}} \quad \frac{d}{c}$$

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

$$b = \sqrt{\frac{8\pi^2 m (U_0 - E)}{h^2}}$$



$$x < 0, x > L$$

$$0 \leq x \leq L$$

$$\lambda_{\text{particle}} = \frac{h}{p}$$

$$\Delta x > \lambda$$

Tapasztalatok összefoglalása

1. Minden fémhez tartozik egy meghatározott frekvencia, aminél alacsonyabb frekvenciájú fény hatására nem történik elektron kilépés.
2. Ha a megvilágító fény frekvenciája magasabb ennél a kritikus frekvenciánál, akkor az elektron kilépés azonnal megtörténik (10^{-8} s után).
3. A kilépő elektronok energiája a fény frekvenciájától függ, nem függ a fény erősségétől. – energia meghatározása - zárófeszültség.
4. A kilépő elektronok száma (áramerősség) a fény intenzitásától függ nem a frekvenciától.

Lénárd Fülöp kísérleti eredményei.



Született

Philipp Eduard Anton von Lenard
1862. június 7.^{[1][2]}
Pozsony^[3]

Elhunyt

1947. május 20. (84 évesen)^{[1][2]}

$$E_{\text{light}} = \Phi + K_{\text{max}} \quad U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

$$E_{\text{light}} = \Phi + K_{\text{max}} \quad U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

$$E_{\text{photon}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$E_{\text{photon}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda_{\text{particle}} = \frac{h}{p}$$

$$\lambda_{\text{particle}} = \frac{h}{p}$$

$$K_{\text{max}} = eV_{\text{stop}} \quad \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} [E - U] \psi = 0$$

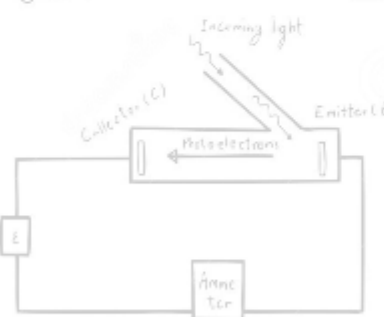
$$eV_{\text{stop}} \quad \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} [E - U] \psi = 0$$

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

Quantum Theory

Quantum Theory



$$V_{\text{stop}} = \frac{h}{e} f - \frac{\Phi}{e} \quad U(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$$

$$V_{\text{stop}} = \frac{h}{e} f - \frac{\Phi}{e} \quad U(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$$

$$k = \frac{2\pi}{h} p \quad \psi(x) \approx \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx} & : x < 0 \\ Ce^{-\kappa Lx} & : 0 \leq x \leq L \\ De^{ikx} & : x > L \end{cases}$$

$$k = \frac{2\pi}{h} p \quad \psi(x) \approx \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx} & : x < 0 \\ Ce^{-\kappa Lx} & : 0 \leq x \leq L \\ De^{ikx} & : x > L \end{cases}$$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} E \psi = 0 \quad hf = \Delta E = E_{\text{high}} - E_{\text{low}} \quad h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} E \psi = 0 \quad hf = \Delta E = E_{\text{high}} - E_{\text{low}} \quad h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$E_{\text{light}} = \Phi + K_{\text{max}} \quad U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

$$E_{\text{light}} = \Phi + K_{\text{max}} \quad U(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0, x > L \\ U_0 & : 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

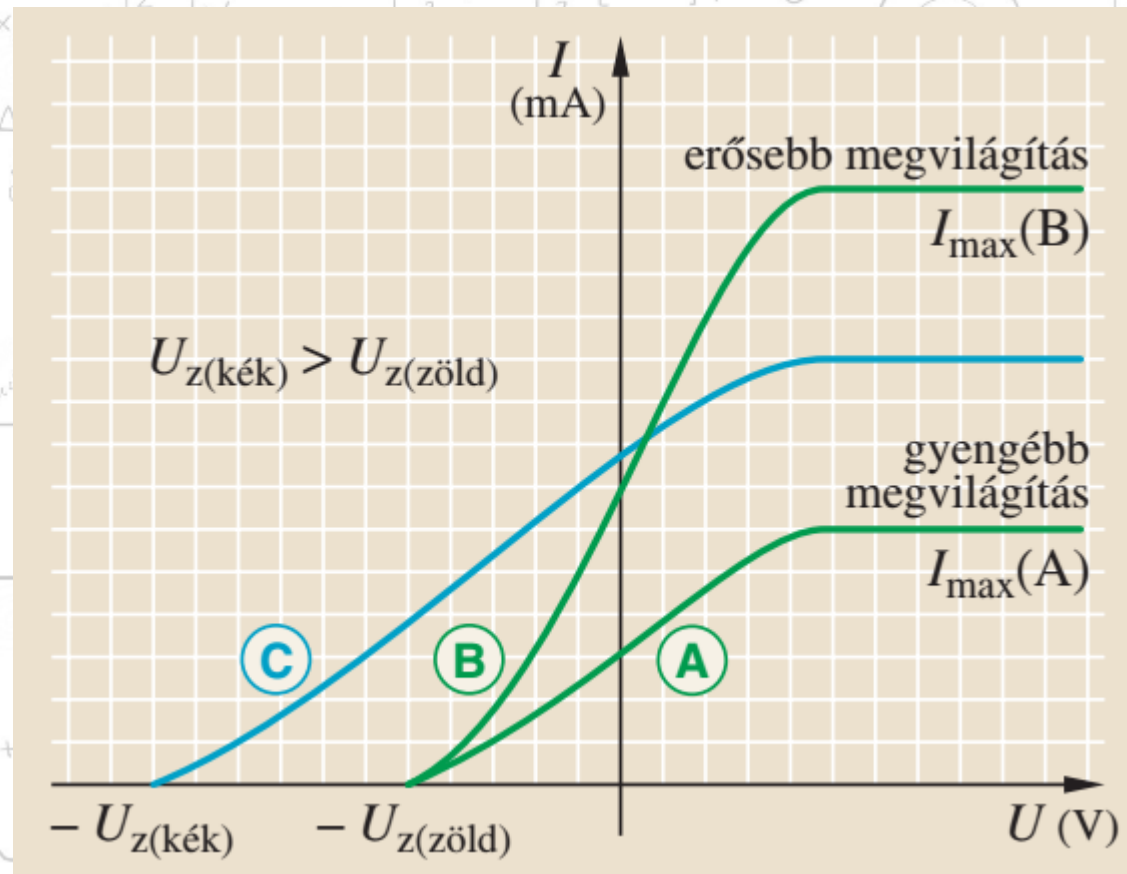
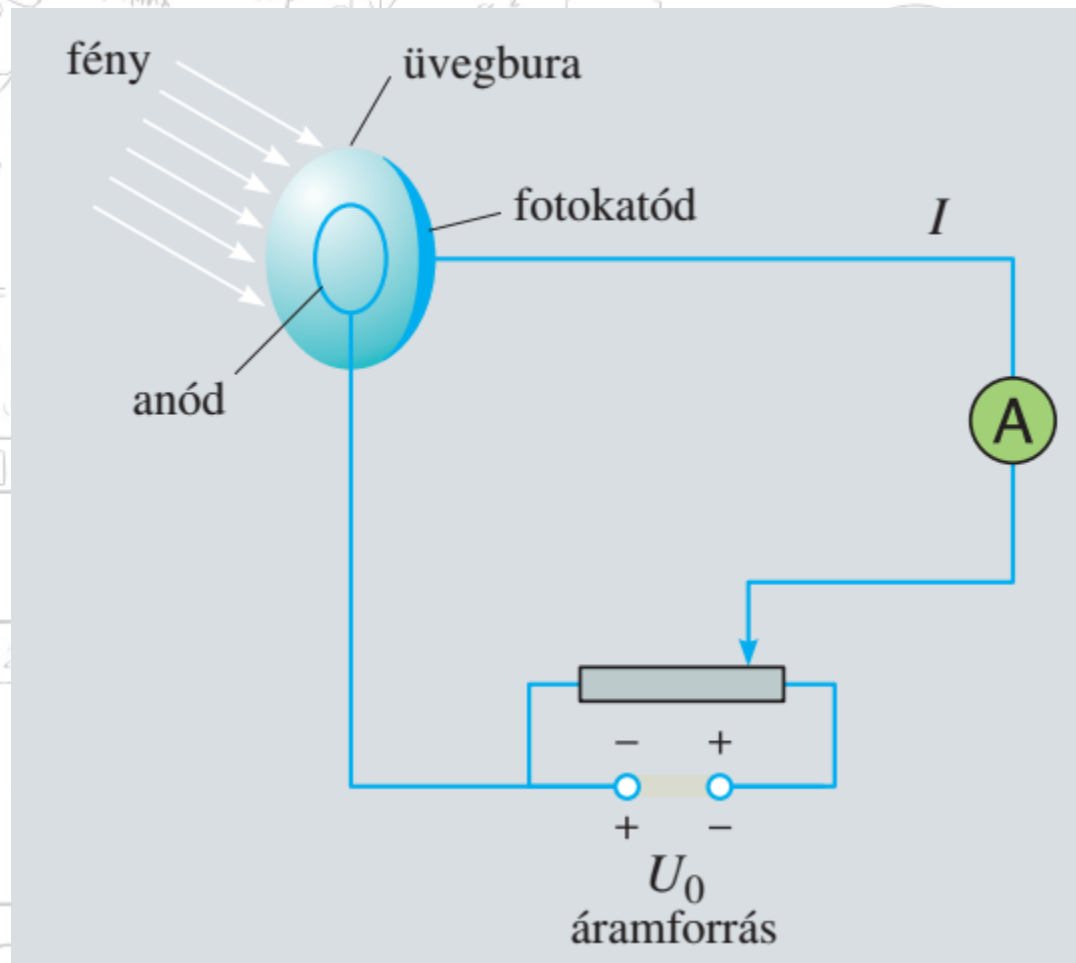
$$E_{\text{photon}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$E_{\text{photon}} = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

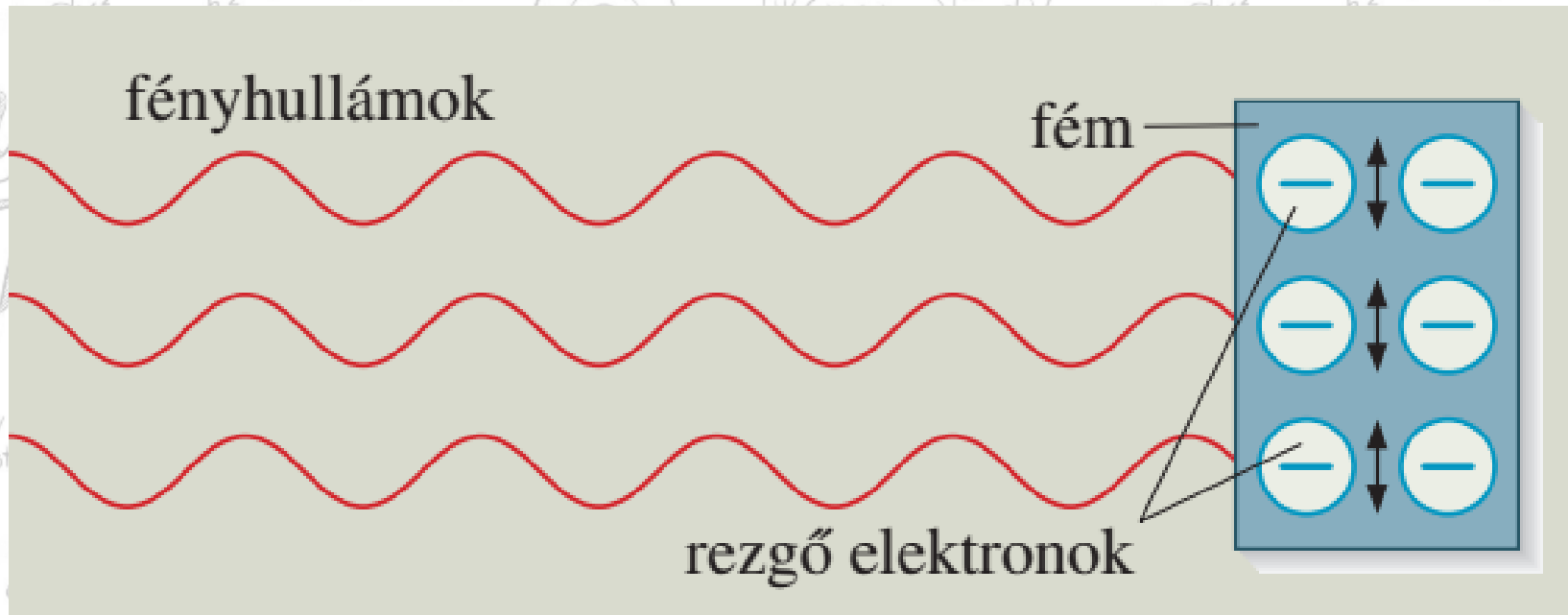
$$\lambda_{\text{particle}} = \frac{h}{p}$$

$$\lambda_{\text{particle}} = \frac{h}{p}$$

Lénárd Fülöp kísérleti eredményei.

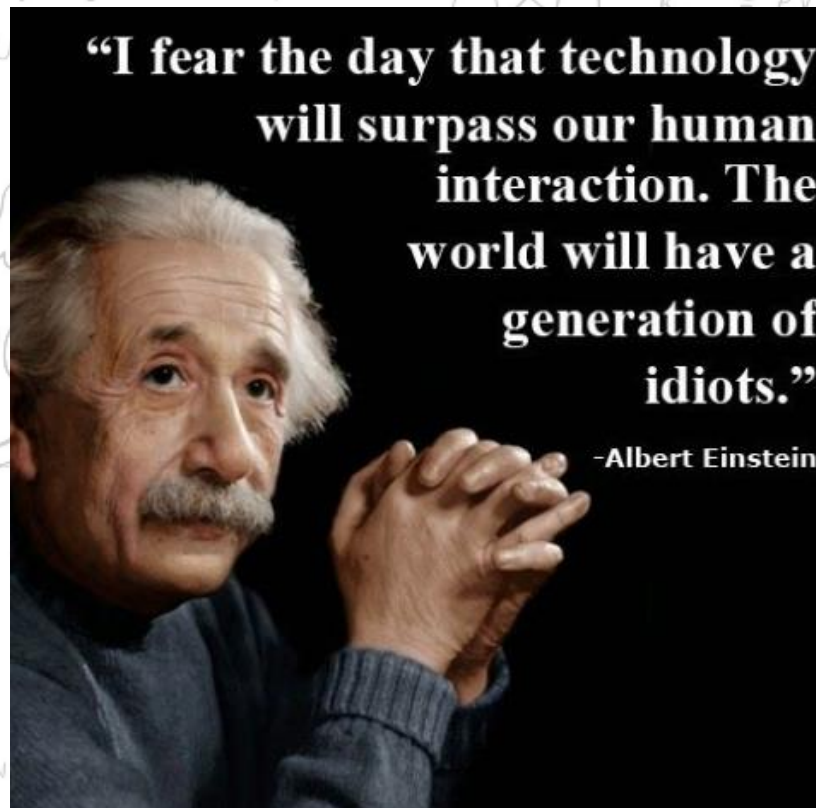


A jelenség magyarázata – klasszikus szemlélet.



Az elmélet csődöt mondott!

A jelenség magyarázata - fotonelmélet

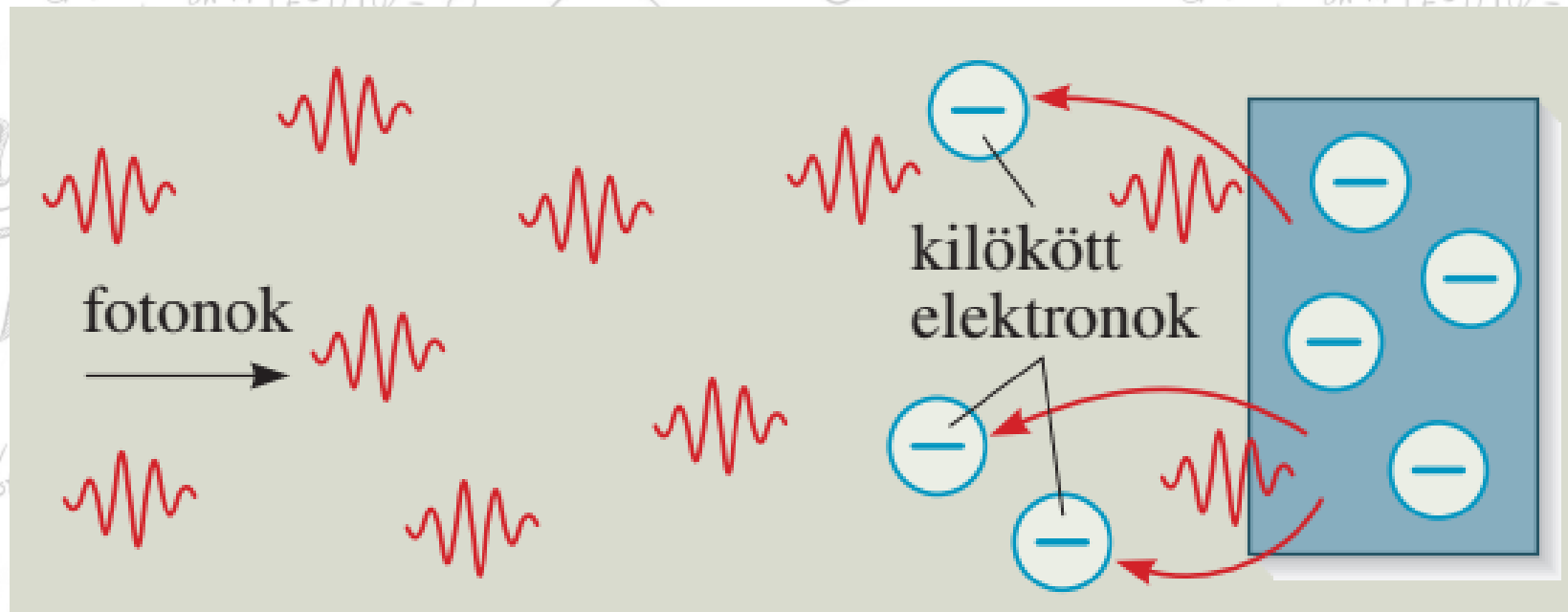


1921-ben fizikai Nobel-díjjal jutalmazták „az elméleti fizika területén szerzett érdemeiért, különös tekintettel a fényelektromos jelenség törvényszerűségeinek felismeréséért”.

The background features a collage of quantum physics concepts and equations:

- Equations:** $E_{light} = \Phi + K_{max}$, $E_{photon} = hf = \frac{hc}{\lambda}$, $\lambda_{particle} = \frac{h}{p}$, $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$, $K_{max} = eV_{stop}$, $V_{stop} = \frac{h}{e}f - \frac{\Phi}{e}$, $hf = \Delta E = E_{high} - E_{low}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} [E - U] \psi = 0$, $E = \frac{p^2}{2m}$, $b = \sqrt{\frac{8\pi^2m(U_0 - E)}{h^2}}$, $\frac{1}{U(r)} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$, $k = \frac{2\pi}{h} p$, $\psi(x) \approx \begin{cases} A e^{ikx} + B e^{-ikx} & x < 0 \\ C e^{-\kappa x} & 0 \leq x \leq L \\ D e^{ikx} & x > L \end{cases}$
- Diagrams:** Bohr's model of an atom, a circuit diagram for the photoelectric effect showing an emitter and collector with a voltmeter, and a graph of stopping potential vs frequency.
- Text:** "Quantum Theory" written in a large, stylized font.

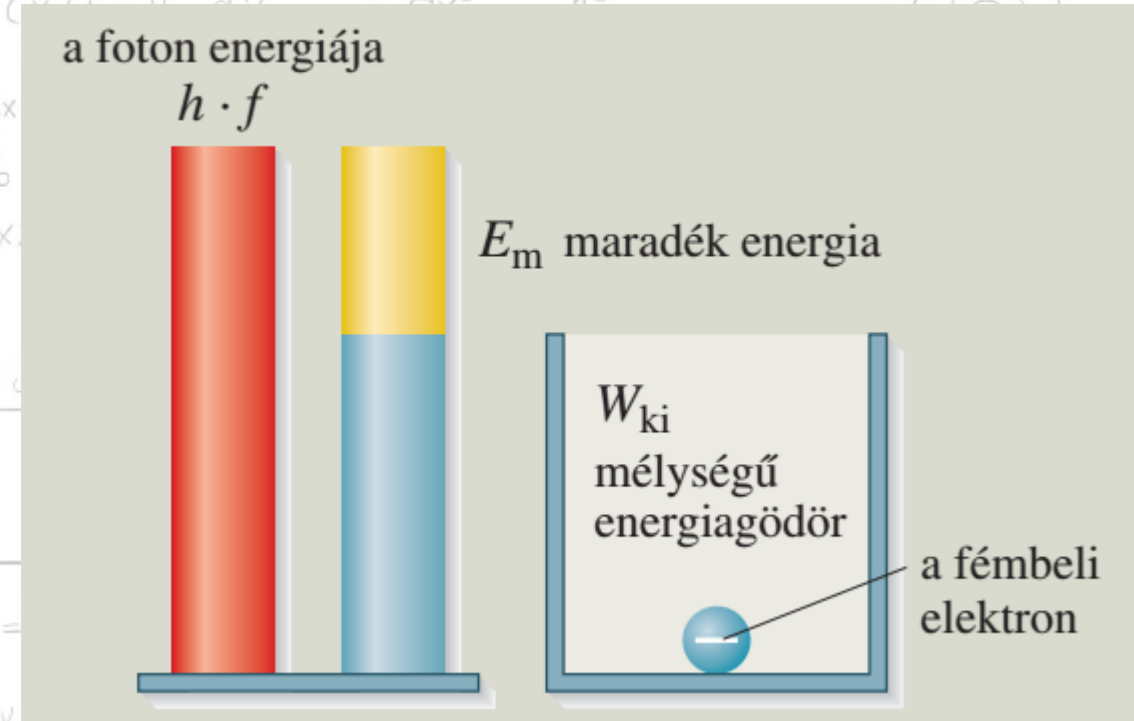
A jelenség magyarázata - fotonelmélet



Rugalmatlan kölcsönhatás egy foton és egy gyengén kötött elektron között.

Einstein energia-mérleg egyenlete.

$$h \cdot f = W_{\text{ki}} + \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{max}}^2$$



$$U_z \cdot e = \frac{1}{2} m_e \cdot v_{\text{max}}^2$$

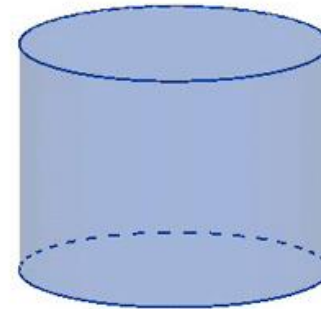
$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

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

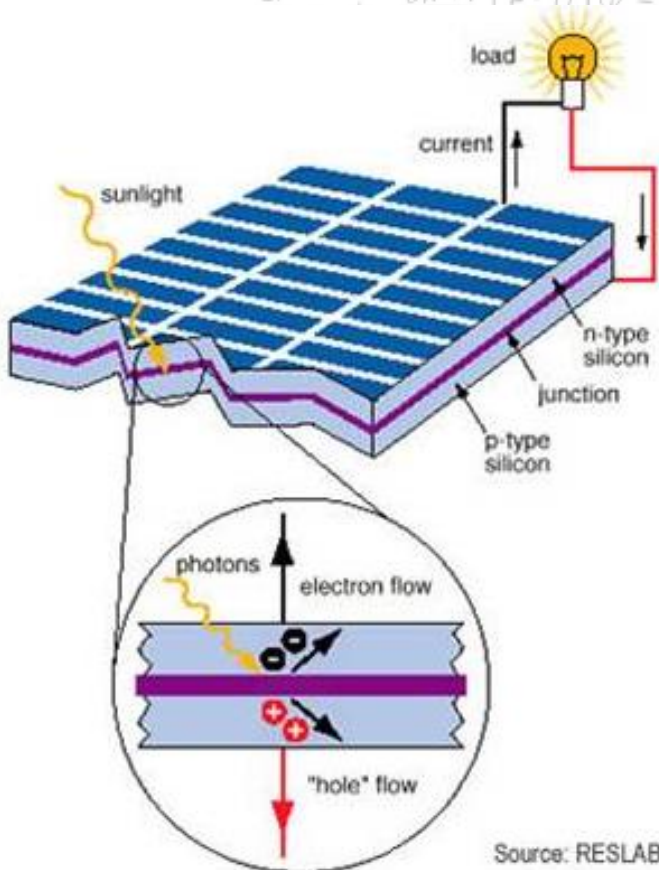
A fény kettős természete

- Fény: Hullám vagy részecske? Értelmes kérdés?
- A henger kerek, vagy szögletes?

- A fény terjedés közben hullámként, anyaggal való kölcsönhatáskor részecskéként mutatkozik.



Fotoeffektus gyakorlati alkalmazásai



Napelemcella



Vezérlés technika