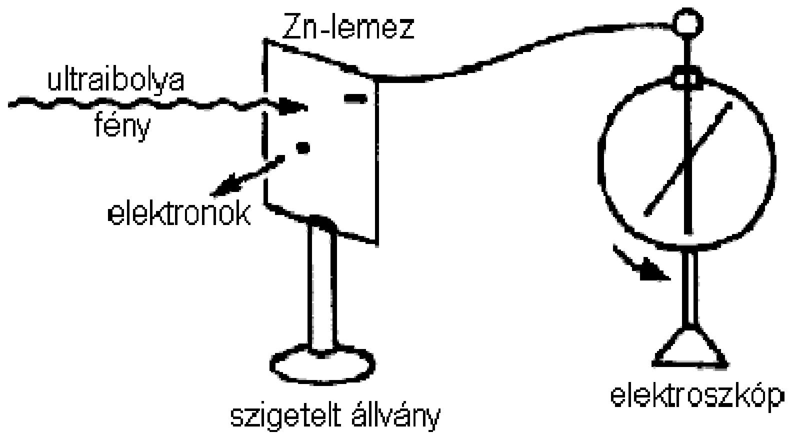
Atomfizika előadás
6. A foton részecske-természete

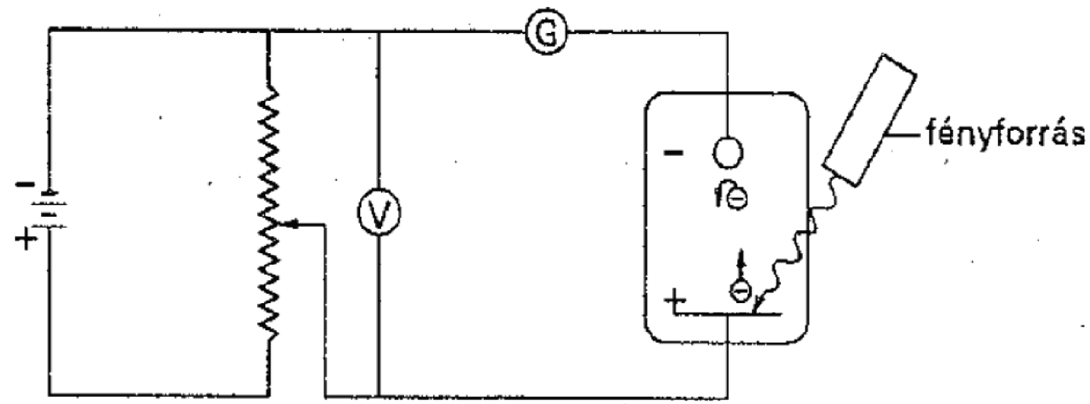
2008. október 20.

Fotoeffektus jelensége



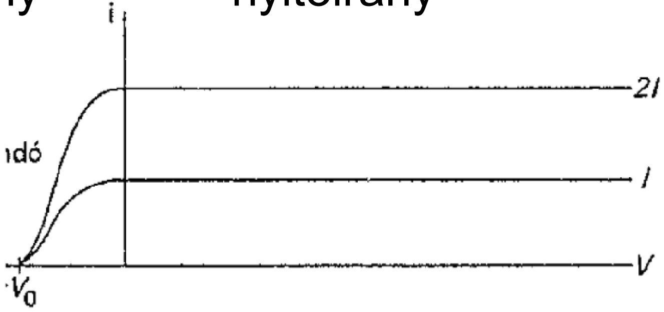
Hallwachs 1887:
az elektroszkóp töltése elfogy

mérés: G árama
a V függvényében



Mérési eredmények

záróirány nyitóirány

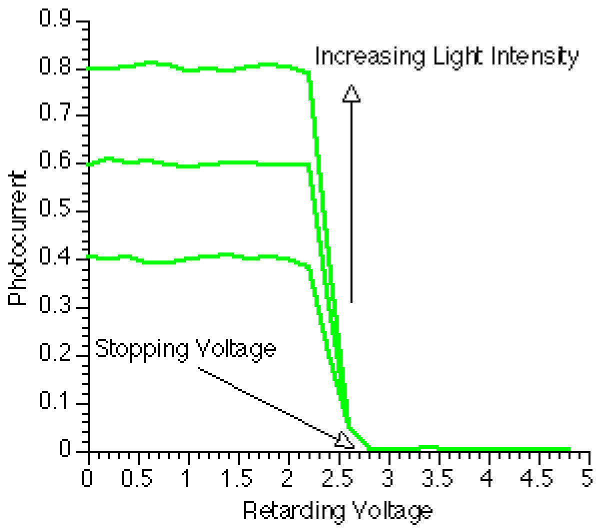


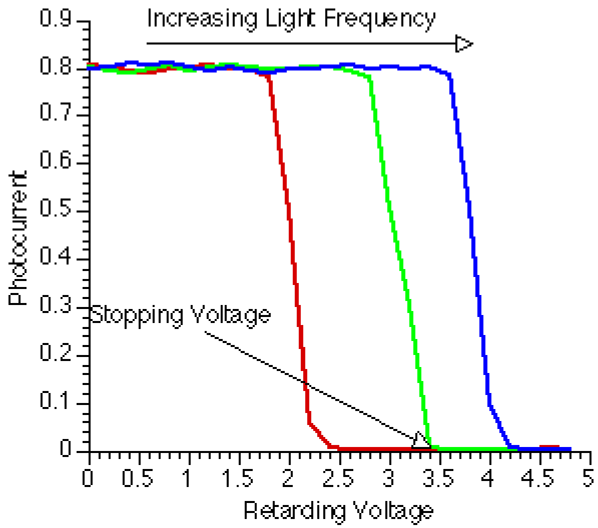
- van egy lezáró feszültség
- nyitóirányú feszültségtől nem függ az áramerősség
- a fényintenzitástól függ a nyitóirányú áramerősség
- a fény frekvenciájától nem függ az áramerősség
- az elektronok azonnal kilépnek

a lezáró feszültség:

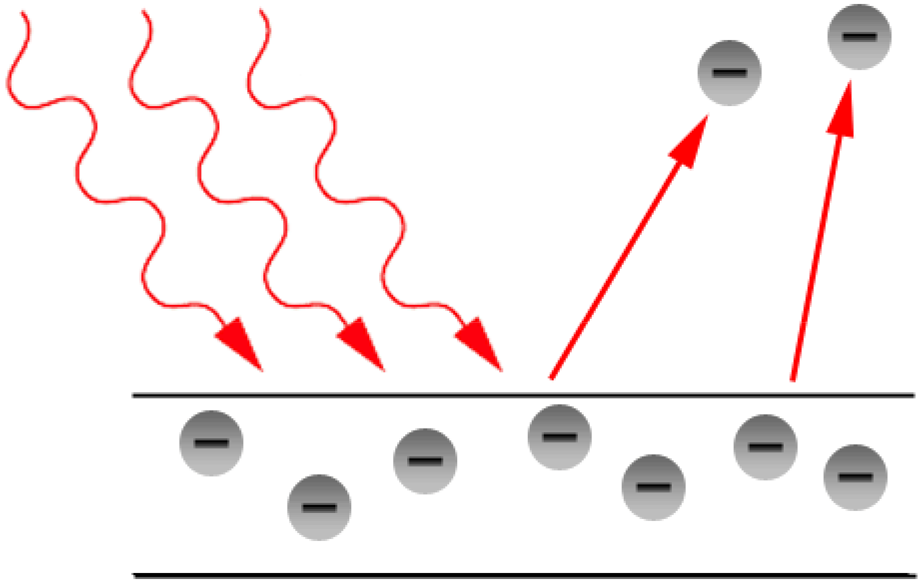
- nem függ a fényintenzitástól

- a fény frekvenciájától függ





A fotoeffektus magyarázata: a foton

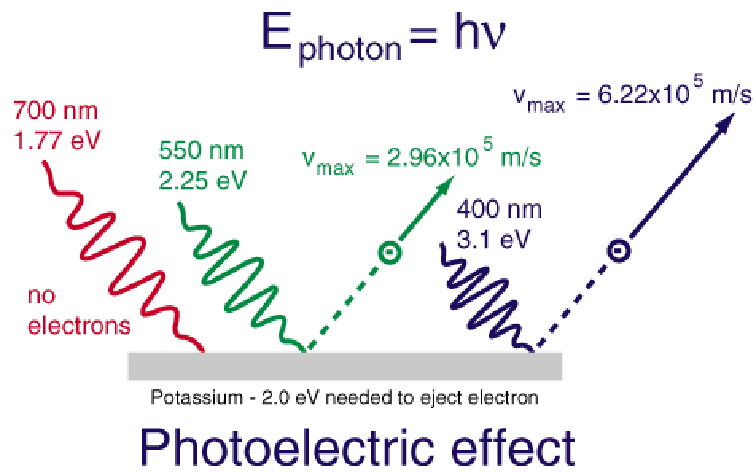


foton: energiacsomag

intenzívebb fény – több energiacsomag érkezik

kék fény – nagyobb sebességgel indulnak nehezebb lelassítani őket

Planck után – $E_0=h\nu$



Einstein magyarázata:

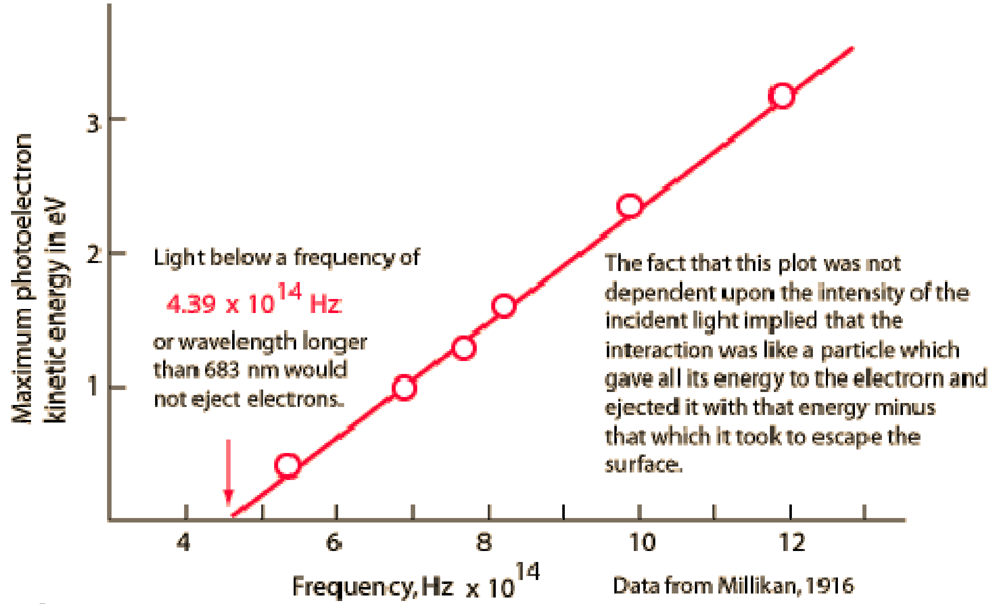
$$h\nu = 1/2\, mv^2 + W$$

A foton energiája

Robert Millikan
Physical Review, Vol.7, 1916, 355. oldal

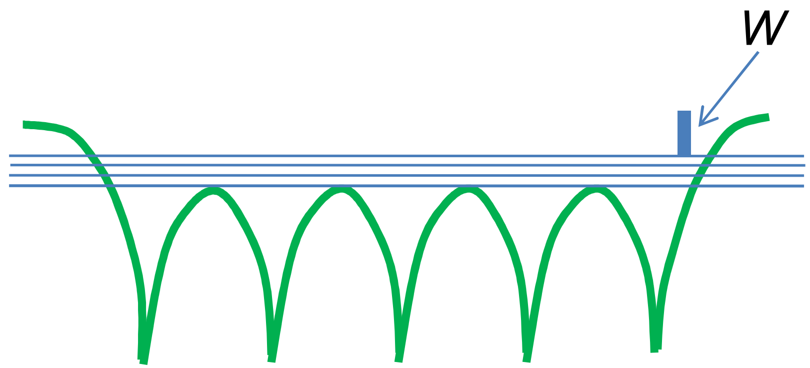
pontosan megmérte a
a lezáró feszültéget
a frekvencia és az
intenzitás függvényében

$eV = 1/2\ mv_{max}^2 = h\nu - W$
(meredekség $\rightarrow$ Planck-állandó)



küszöbfrekvencia: $\nu = W/h$ alatt nincs áram

W jelentése: kilépési munka (fémlapon)
kötési energia (atomon)



A röntgensugárzás

- katódsugárcsővel fedezte fel Röntgen
- interferenciára képes (Laue) – EM hullám
- kétféle forrás: karakterisztikus röntgensugárzás
  fékezési sugárzás (folytonos)
- elnyelődik: $\exp(-\mu x)$ (Lambert-Beer)

A relativisztikus energiaformula

- speciális relativitáselmélet 1905

a fény sebessége c, minden koordinátarendszerben,

a sebesség összeadás nem szokásos,

létezik nyugalmi tömeg, nyugalmi energia $E_0 = m_0 c^2$

az energia sebességfüggése: $$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

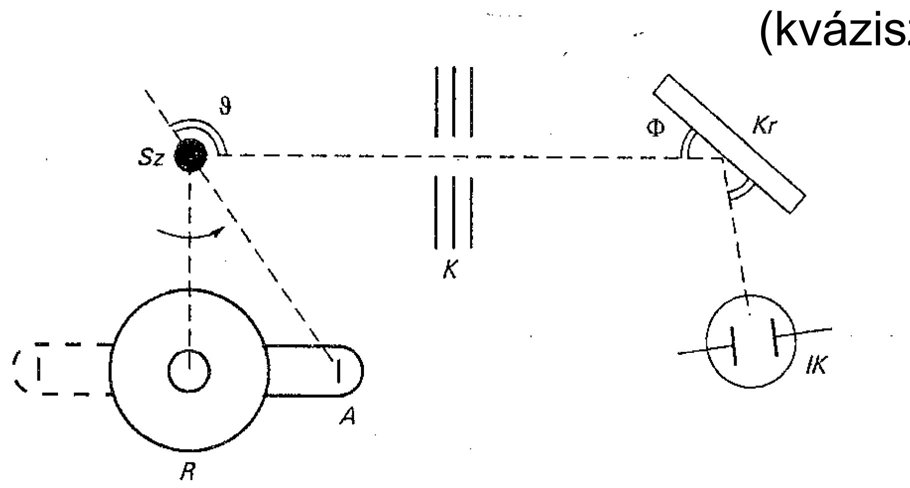
relativisztikus lendület: $$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = m_0^2 c^4 \rightarrow E^2 - m_0^2 c^4 = E^2 \frac{v^2}{c^2} = \frac{m_0^2 c^4}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \frac{v^2}{c^2} = p^2 c^2$$

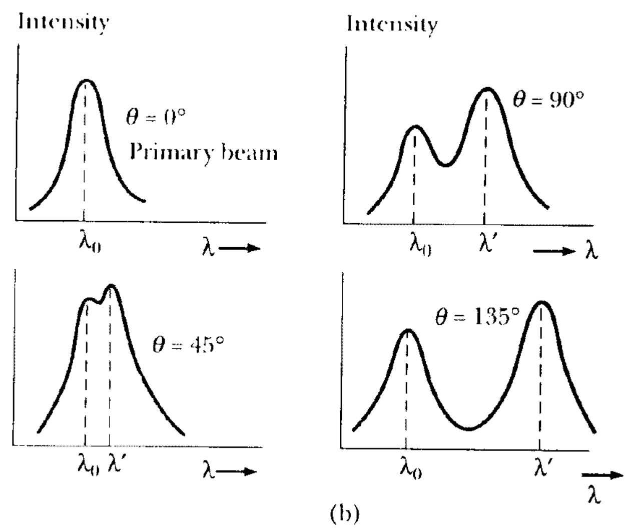
$$\boxed{E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$$

A Compton-effektus

röntgen fotonok rugalmatlan szóródása
(kváziszabad) elektronokon

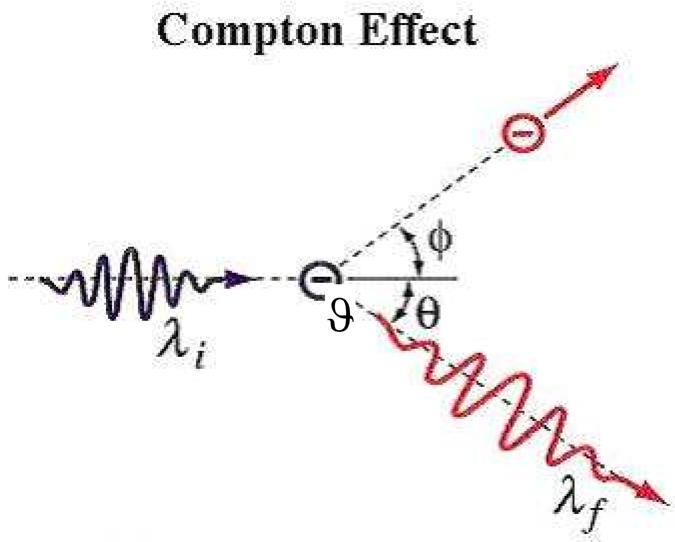


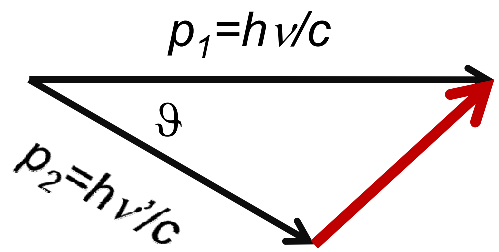
minél nagyobb szögben
szóródik a röntgensugárzás
→
annál nagyobb energiaveszteség



A foton lendülete

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$$





energiamegmaradás

$$h\nu + m_0 c^2 = h\nu' + E_{elektron} = h\nu' + \sqrt{p_e^2 c^2 + m_0^2 c^4}$$

lendületmegmaradás

$$p_e^2 = \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu'}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{h\nu}{c}\right)\left(\frac{h\nu'}{c}\right)\cos\vartheta$$

A szórt foton energiája

az első egyenletet kicsit átalakítva, és a másodikat p_e^2 helyére betéve kapjuk:

$$\left(h\nu - h\nu' + m_0c^2\right)^2 = p_e^2c^2 + m_0^2c^4 = (h\nu)^2 + (h\nu')^2 - 2(h\nu)(h\nu')\cos\vartheta + m_0^2c^4$$

$$h\nu m_0c^2 - h\nu' m_0c^2 - h\nu h\nu' = -h\nu h\nu' \cos\vartheta$$

$$h\nu m_0c^2 = h\nu h\nu'(1-\cos\vartheta) + h\nu' m_0c^2 = h\nu'(h\nu(1-\cos\vartheta) + m_0c^2)$$

$$h\nu' = \frac{h\nu m_0c^2}{h\nu(1-\cos\vartheta) + m_0c^2}$$

E'=f(ϑ)

$$\boxed{h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{m_0c^2}(1-\cos\vartheta)}}$$