Kvantummechanika III.

Foto-, Compton-effektus

1.) Foto-effektus:

→ Klasszikus jóslat és gyakorlati tapasztalat

(1.) Az elektronoknak folyamatosan kellene energiát elnyelniük az elektromágneses hullámoktól. A fény intenzitását növelve a kilépő elektronok mozgási energiájának növekednie kellene.

→ A maximális mozgási energia független a fény intenzitásától.

(2.) Alacsony intenzitáson el kellene telnie egy bizonyos időnek, mire az első elektronok kilépnek a fémből (akár napok), hiszen időszükséges ahhoz, hogy a megfelelő mennyiségű mozgási energiát abszorbeálják

→ Az elektronok azonnal elkezdenek kilépni ($t < 10^{-9}$ s), még a legkisebb intenzitáson is.

(3.) Az elektronnak ki kellene lépniük a fémből a beérkező fény frekvenciájától függetlenül, mindaddig, míg az intenzitás nagy.

→ Amennyiben a frekvencia egy bizonyos érték alá esik, nem tapasztalunk kilépő elektronokat. /függetlenül az intenzitástól/

(4.) Nem lenne szabad kapcsolatnak lennie az elektron kinetikus energiája és a fény frekvenciája között

→ A max. mozgási energia a fény energiájával együtt nő.

1905 Einstein: A fény bármely forrásból egy részecskenyalábként értelmezhető. Ezeket a részecskéket nevezzük fotonoknak. Minden foton $E = h\nu$ energiával rendelkezik. Modelljében a beérkező fény minden energiáját egyetlen elektronnak adja. Ha ez nagyobb, mint a kilépéshez szükséges munka, az elektron kiszabadul.

$$\boxed{K_{max} = h\nu - \Phi}$$, ahol Φ: kilépési munka

→ A foton modellt alkalmazva a magyarázatok:

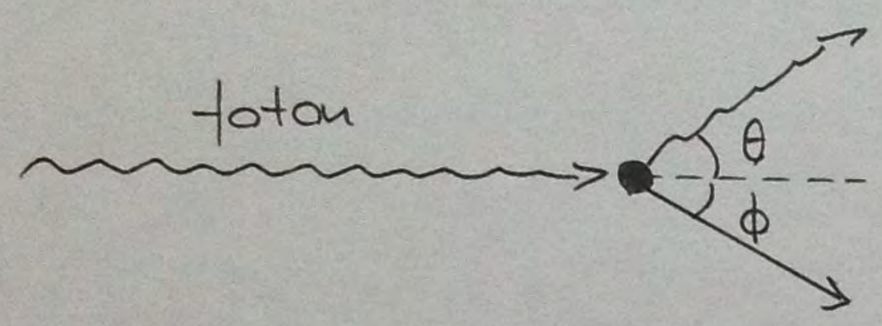
(1.) A maximális mozgási energia ($h\nu - \Phi$) csak a fény frekvenciájától függ, vagyis a kilépéshez szükséges munkától. Az intenzitás növelve növekszik a beérkező fotonok száma, így a kilépő elektronoké is, de K_{max} változatlan.

(2.) Az energia kis csomagokban érkezik, alacsony intenzitáson csekély számú fotontól, így kevés elektron lép ki, de történik kilépés!

(3.) Amennyiben $hf < \phi$ úgy az elektron nem ten szert elegendő energiára, nincs kilépés. /még nagy intenzitáson sem/

(4.) Magas frekvenciájú foton nagy energiával rendelkezik, így nagyobb mozgási energiára ten szert az elektron.

2. Compton-effektus: 1923



Foton szóródása elektronon. ~~Az foton~~ elektron úgy lökődik meg, mintha egy részecskével ütközne. → Cáfolhatatlan bizonyíték a foton részecske természetére.

Compton eltolódás: $\lambda' - \lambda_0 = \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta)$ / $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg /

↳ $\frac{\lambda}{m_e c} \cong 0.00243$ nm → Compton hullámhossz.

Levezetése: Legyen az incidens foton momentuma $p_1 = \frac{h}{\lambda_1}$, a szórt: $p_2 = \frac{h}{\lambda_2}$

→ Impulzusmegmaradás: $\vec{p}_1 = \vec{p}_2 + \vec{p}_e$, vagy $p_e^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2p_1p_2\cos\theta$

→ Energiamegmaradás: elektron kezdeti energiája: $E_0 = mc^2$

ütközés utáni energiája: $E = \sqrt{p_e^2c^2 + E_0^2}$

$$p_1c + E_0 = p_2c + \sqrt{p_e^2c^2 + E_0^2} \rightarrow p_1c - p_2c + E_0 = \sqrt{p_e^2c^2 + E_0^2}$$

→ négyzetre emelünk: $\underbrace{p_1^2c^2 + p_2^2c^2 - 2p_1p_2c^2}_{c^2(p_1-p_2)^2} + 2cE_0(p_1-p_2) + \cancel{E_0^2} = p_e^2c^2 + \cancel{E_0^2}$

→ átrendezve: $p_e^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2p_1p_2 + \frac{2E_0(p_1-p_2)}{c}$

→ A két aláhúzott egyenletet egymásnak megfeleltetjük:

$$p_1^2 + p_2^2 - 2p_1p_2\cos\theta = p_1^2 + p_2^2 - 2p_1p_2 + \frac{2E_0(p_1-p_2)}{c} \Rightarrow p_1p_2(1-\cos\theta) = \frac{E_0(p_1-p_2)}{c}$$

→ ~~osztun~~ osszunk $hc/p_1p_2E_0$-lal:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{hc}{E_0}(1-\cos\theta) = \frac{h}{mc}(1-\cos\theta)$$