

14. A mikrorészecskék kettős természete, de Broglie-hipotézis. A kétréses elektron-interferencia kísérlet és értelmezése. Röntgensugárzás előállítása. Fékezési és karakterisztikus sugárzás keletkezése, spektrumuk, és magyarázatuk. Moseley-törvény. Röntgenfluoreszcenciás analízis. A röntgensugárzás alkalmazásai.

A mikrorészecskék kettős természete, de Broglie-hipotézis:

Az elektromágneses sugárzásnál számos esetben jelentkezett a kísérletek értelmezésénél, a részecske hullám kettősség. De Broglie 1924-ben vetette fel azt, hogy a közönséges anyagi részecskéknek is ilyen kettős természetet kellene tulajdonítani. De Broglie szerint a nyugalmi tömeggel rendelkező, p lendületű részecskékhez rendelhető hullám hullámhossza legyen:

$$\lambda = \frac{h}{p},$$

$h = 6,626 \cdot 10^{-34} Js$, úgynevezett Planck állandó. Ha egy elektront U potenciálkülönbségen felgyorsítunk, akkor v sebességre tesz szert:

$$eU = \frac{1}{2}mv^2, \text{ így } v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

Ennek megfelelően a lendülete:

$$p = mv = m\sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{2eUm},$$

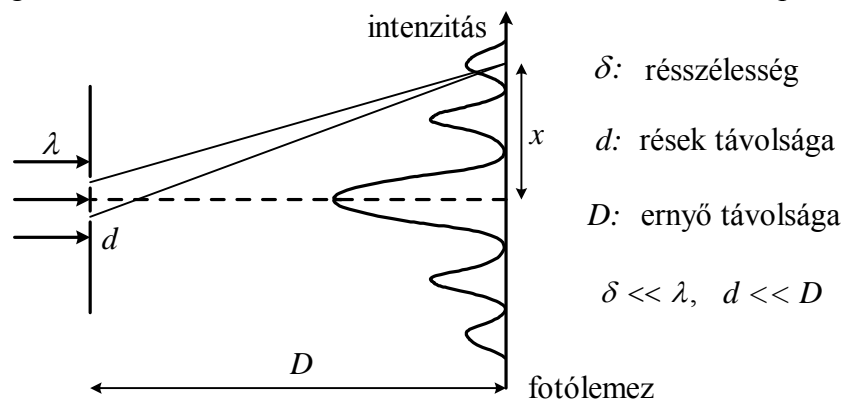
de Broglie hullámhossza pedig:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2eUm}}.$$

Az univerzális állandókat felhasználva, ha például az elektront gyorsító feszültség $U = 150 V$, akkor a hozzá rendelhető hullámhossz:

$$\lambda = 10^{-10} m.$$

Ha a feltételezés igaz, az elektronsugarakkal elhajlás és interferencia jelenségek hozhatók létre. Az elektron hullámtermészetének első kísérleti bizonyítékai 1927-ből származnak, 1961-ben pedig kétréses interferométerrel sikerült elektroninterferencia képet létrehozni.



A fotólemezt előhívva szabályos interferenciaképet kaptak, amelyből a hullám hullámhossza meghatározható volt. A maximumhelyek közép-vonaltól mért távolságára ugyanis igaz, hogy

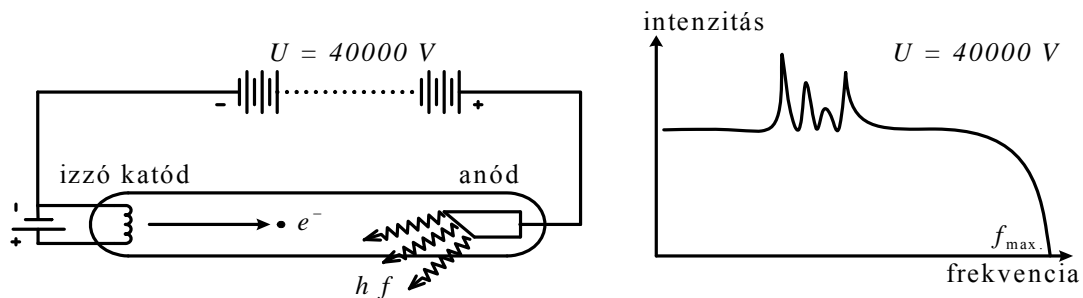
$$x_k = k \frac{D}{d} \lambda.$$

Az interferenciaképből számított hullámhossz jó egyezésben volt a de Broglie által megjósolt hullámhosszal.

Az elektron tehát nem mindig részecskeként viselkedik, néha hullámtermészetet mutat. Az interferométerben az elektron legalább d méretre kiterjedt hullámként viselkedik, a fotólemezbe történő becsapódáskor pedig részecskeként. Tehát kettős természetet mutat. Protonokkal, héliumionokkal és más mikrorészecskékkel is kimutatták az interferencia jelenséget. **A hullám-részecske kettősség nemcsak az elektromágneses sugárzás esetén, hanem egyes mikrorészecskéknél is kimutatható.**

Röntgensugárzás (1895):

Röntgensugárzásnak nevezzük azt a rövidhullámú elektromágneses sugárzást, amelynek hullámhossztartománya 10^{-8} m-től 10^{-12} m-ig terjed. A röntgensugárzás akkor keletkezik, amikor felgyorsított elektronok nagyrengszámú fémfelületbe csapódnak. A becsapódás során egy folytonos spektrumú ún. **fékezési sugárzás**, valamint egy vonalas szerkezetű ún. **karakterisztikus sugárzás** jön létre.



Fékezési sugárzás:

Az elektron behatol egy nehéz atommag Coulomb-terébe, ott eltérül és lefékeződik. A fellépő energiavesztés egy röntgen foton formájában kisugározza, melynek frekvenciája:

$$\frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_2^2 = h f$$

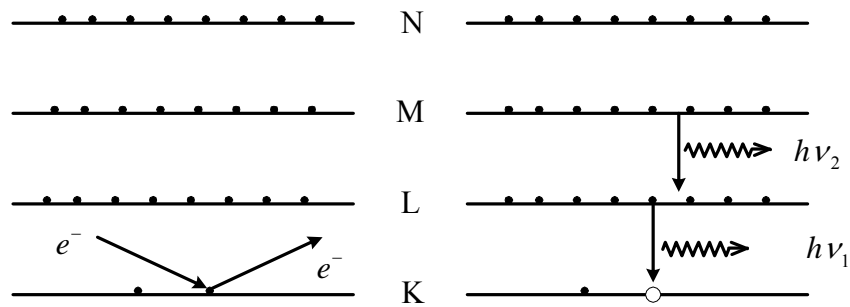
Az elektron teljes lefékeződése esetén:

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = h f_{\max}.$$

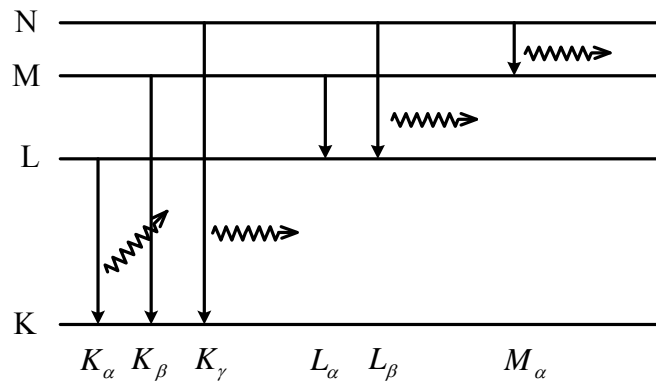
Ilyenkor sugárzódik ki a maximális frekvenciájú foton. A folytonos spektrumnak tehát van egy nagyfrekvenciás határa.

Karakterisztikus sugárzás:

A felgyorsított elektron ütközési folyamat révén egy másik elektront szabadít ki az atom egyik belső héjáról. Egy betöltetlen hely, vakancia keletkezik. Ez azonban számos elektronugrást idéz elő az atomban.



Az egyes héjak betöltődésekor felszabaduló energiától az atom, különböző energiájú röntgen fotonok emissziójával szabadul meg. Mivel az atomokban a lehetséges energiaértékek diszkréték, (csak bizonyos energiák megengedettek), így a létrejövő sugárzás vonalas szerkezetű lesz. A vonalak sorozatba rendezhetőek.



Moseley 1913-ban megállapította, hogy a vonalas emissziós szinkép, jellemző az illető elemre, mérve a frekvenciákat vagy a hullámhosszakat a rendszám kiszámolható. Ezért nevezik karakterisztikusnak a sugárzást. A Moseley formulákban Z az elem rendszáma, R pedig a Rydberg állandó:

$$\left(\frac{1}{\lambda}\right)_{K_{\alpha}} = R \cdot (Z - 1)^2 \cdot \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right)$$

$$\left(\frac{1}{\lambda}\right)_{K_{\beta}} = R \cdot (Z - 7,4)^2 \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right).$$

A röntgensugárzás egyik fontos gyakorlati alkalmazása a röntgen fluoreszcencia analízis (XRF X-Ray Fluorescence). Ez egy gyors, pontos, és roncsolás-mentes atomfizikai anyagvizsgáló módszer. A vizsgálat során az emittált frekvenciákat mérik, és ez alapján az elemek azonosíthatóak. Intenzitásméréssel a tömeghányadra is lehet következtetni. A röntgensugárzás előállítása izzókatódos röntgensővel történik. A gyorsító feszültség 10000 – 100000 V. Az elektronok becsapódása során az energia 99,9 %-a belső energiává alakul, és csak 0,1 %-a fordítódik a sugárzásra. Nagy gyorsító feszültség esetén kemény röntgensugárzás keletkezik, ezt például repedésvizsgálatra alkalmazzák, kis gyorsító feszültség alkalmazásakor lágy röntgensugárzás keletkezik, ezt az orvostudományban alkalmazzák.