

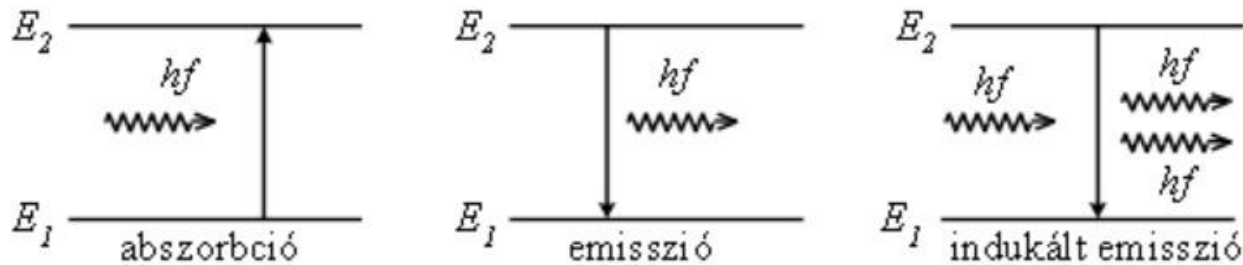
Atomok gerjesztett állapota - Indukált emisszió

A megfelelő energiájú foton elnyelésével az atom gerjesztett állapotba kerül, az adott elektron magasabb energiájú pályára ugrik át. Ez az **abszorpció** folyamata.

A gerjesztett állapot élettartama kb. 10^{-8} s, de vannak metastabil állapotok is, ahol kb. 10^{-3} s.

Ezután **spontán emisszió** révén az elektron alacsonyabb energiájú állapotba ugrik át egy megfelelő energiájú foton kibocsátása mellett: $E_2 - E_1 = hf$

Einstein 1916-ban megjósolt egy harmadik típusú folyamatot, az **indukált emissziót**.



Indukált emisszió:

Az indukált emisszió esetében a legerjesztődés és az emisszió nem spontán történik, hanem azt a gerjesztett atom mellett elhaladó ugyanolyan energiájú foton váltja ki (**indukálja**).

Az emittált foton ugyanabban az irányban halad, mint az indukáló foton, frekvenciája, fázisa és polarizációs síkja is ugyanaz, tehát a két foton **koherens**.

Lézer működése

LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
(fényerősítés indukált emisszióval)

Az indukált emisszió segítségével lehetővé válik a fény erősítése.

Működés: Energia bepumpálással eléri, hogy több elektron legyen a gerjesztett, mint az alacsony energiaszinten (**populáció inverzió**). Ekkor több indukált emisszió lesz, mint abszorpció, tehát a fény erősödik.

Tulajdonságok: monokromatikusság (azonos frekvencia), kismértékű divergencia, nagyfokú koherencia, nagy felületi teljesítménysűrűség (lencsével fokozható), nagy spektrális teljesítménysűrűség (mivel csak egy frekvencia van).

Lézerek alkalmazásai:

- megmunkálás, fúrás, ponthegesztés,
- műtéti beavatkozás, szemsebészet
- gén sebészet,
- vonalkód leolvasás,
- Cd lemezjátszó lézer olvasófej,
- interferencián alapuló hosszúság, és sebességmérés,
- iránykitűzés,
- holográfia

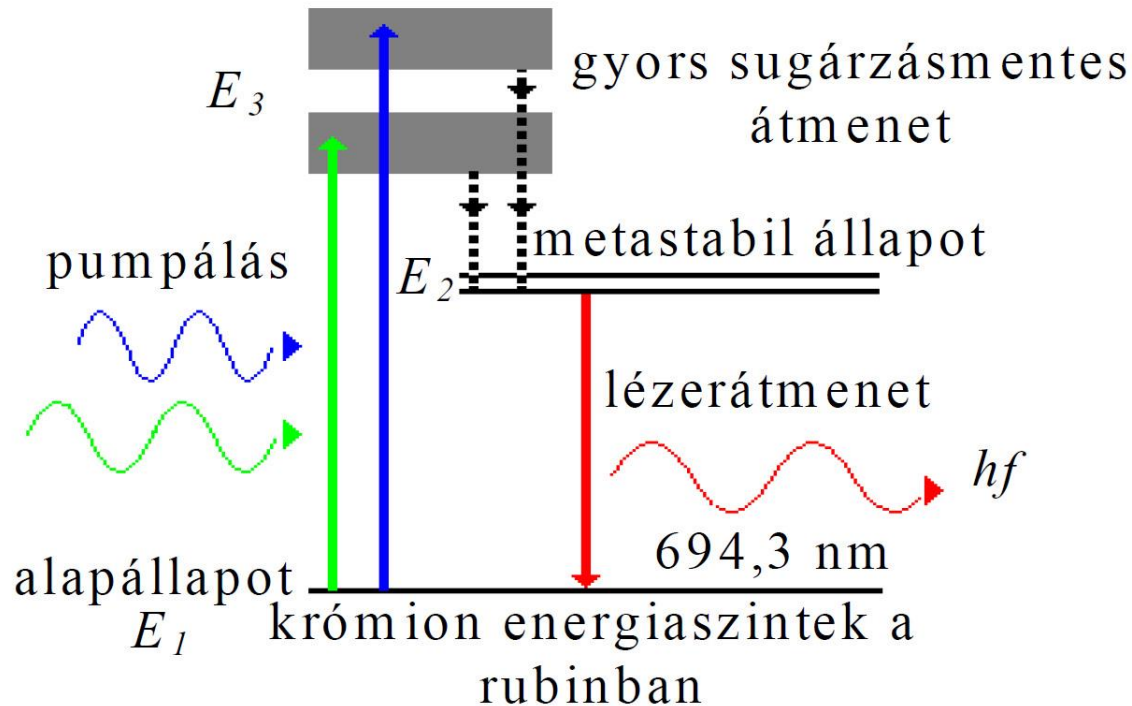


Rubinlézer (szilárdtest lézer)

Lézeranyag: 0,05 % Cr_2O_3 -dal szennyezett Al_2O_3 -ból mesterségesen növesztett egykristályból csiszolt henger.

Működés: az E_3 nívót nagyintenzitású fényimpulzussal gerjesztik.

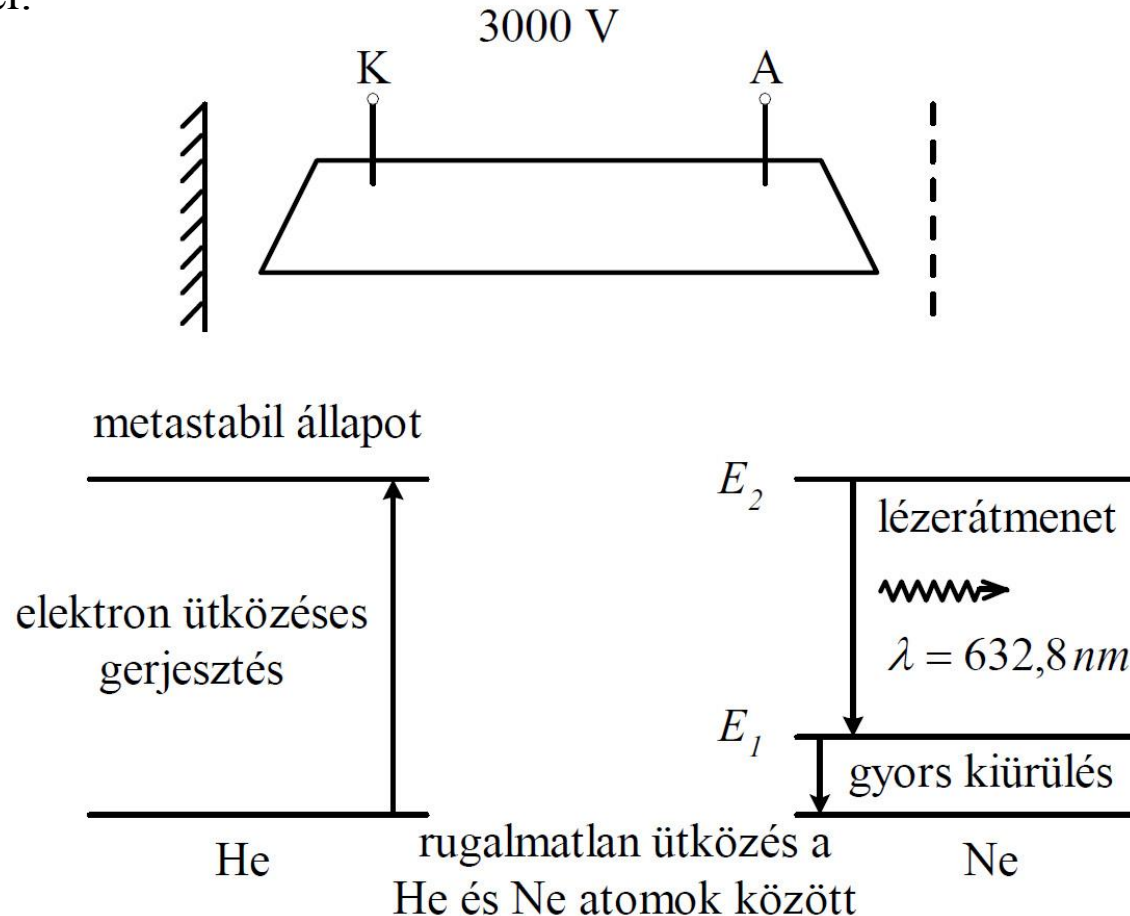
Innen ún. sugárzásmentes átmenet vezet az E_2 nívóra 10^{-7} s alatt. Mivel az E_2 egy metastabil nívó és élettartama $\sim 10^{-3}$ s, így létrejön a populáció inverzió. Az E_2 és E_1 közötti lézerátmenet során $\lambda = 694,3$ nm-es sugárzás jelenik meg. A rubinlézer impulzusüzemű lézer.



Hélium-neon gázlézer

Lézeranyag: 1 mbar nyomású He-Ne gázkeverék, amiben a gázok aránya: He : Ne = 9 : 1.

Működés: a He atomokat 3000 V feszültséggel felgyorsított elektronok gerjesztik. A He és Ne atomok közötti rugalmatlan ütközés ún. másodfajú gerjesztést okoz: $\text{He}^* + \text{Ne} \rightarrow \text{He} + \text{Ne}^*$
Az E_2 és E_1 energiaszintek között folyamatos populáció inverzió valósul meg, ezért ez egy folytonos üzemű lézer.



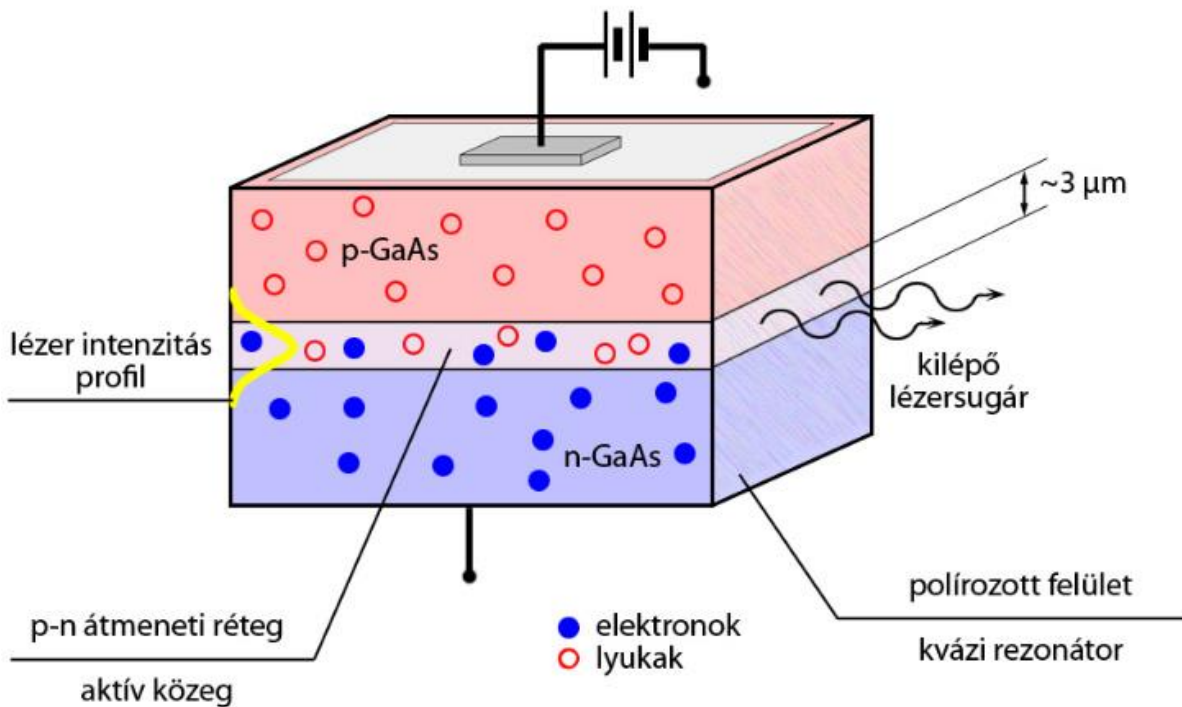
Félvezető lézer

Félvezető lézer:

Egy félvezető p - n átmenete is felhasználható lézersugárzás előállítására.

Ez szintén folytonos üzemmódú lézer.

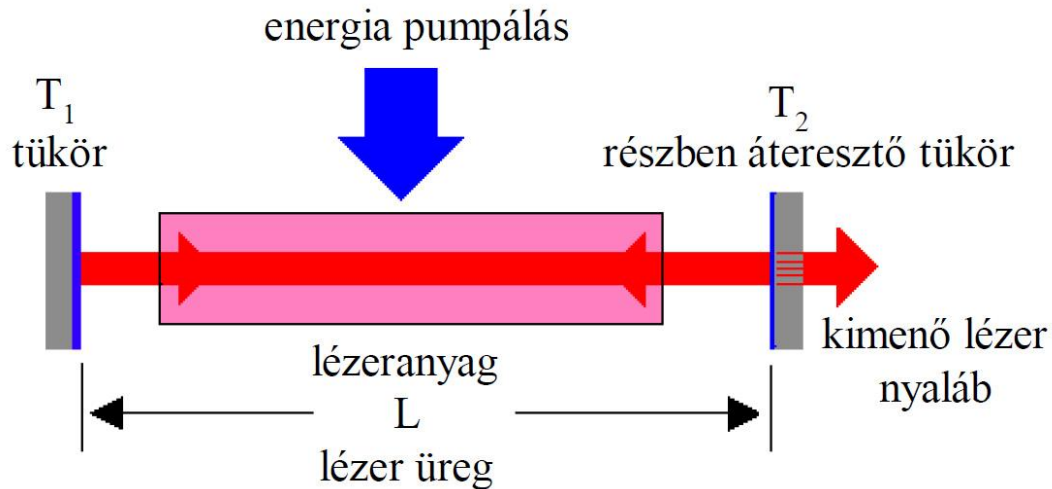
Előnye a kis méret, hátránya a nagy nyaláb divergencia.



Tükörrezonátor

A lézerekben az intenzitás növelésére és a nyalábminőség javítására ún. tükörrezonátort alkalmaznak. A T_1 és T_2 tükröket olyan távolságra helyezik el egymástól, hogy állóhullám alakuljon ki:

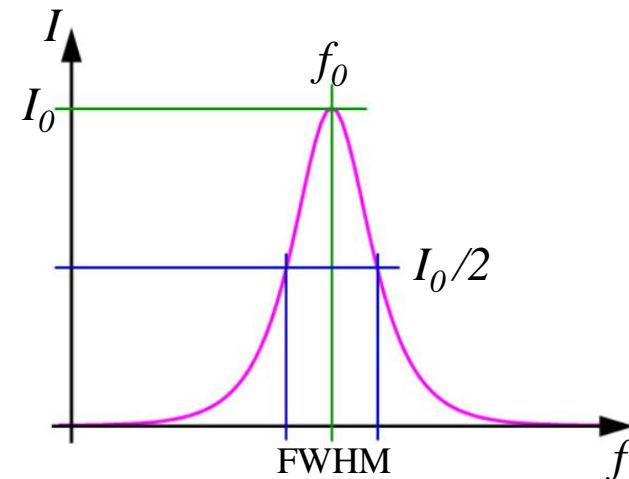
$$L = n \frac{\lambda}{2}$$



A lézerfény egy tengelyirányban kibocsátott, és spontán emisszióból származó fotonnal indul.

Ez sokszorozódik fel a tükörrezonátorban az indukált emisszió révén.

A rossz irányban haladó fotonok kiszóródnak a lézernyalábból. A tükörrezonátor miatt $\text{FWHM} \approx 10^3$ Hz félértékszélesség. (Ez kisebb, mint a természetes vonalszélesség).



Röntgensugárzás

A röntgensugarak hullámhossza a 10^{-11} és 10^{-8} m közötti tartományba esik.

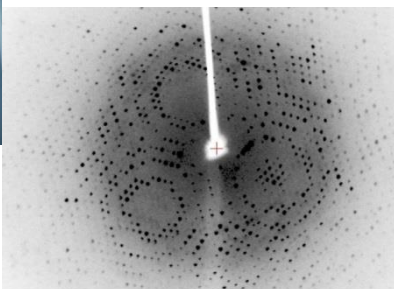
A látható sugarakkal ellentétben, ezek nagy áthatoló képességgel rendelkeznek.

Előállításuk:

- felmelegített katódból kilépő elektronokat nagyfeszültséggel gyorsítják
- az elektronok az anódba csapódnak, amely nagy rendszámú fém (pl. volfrám)

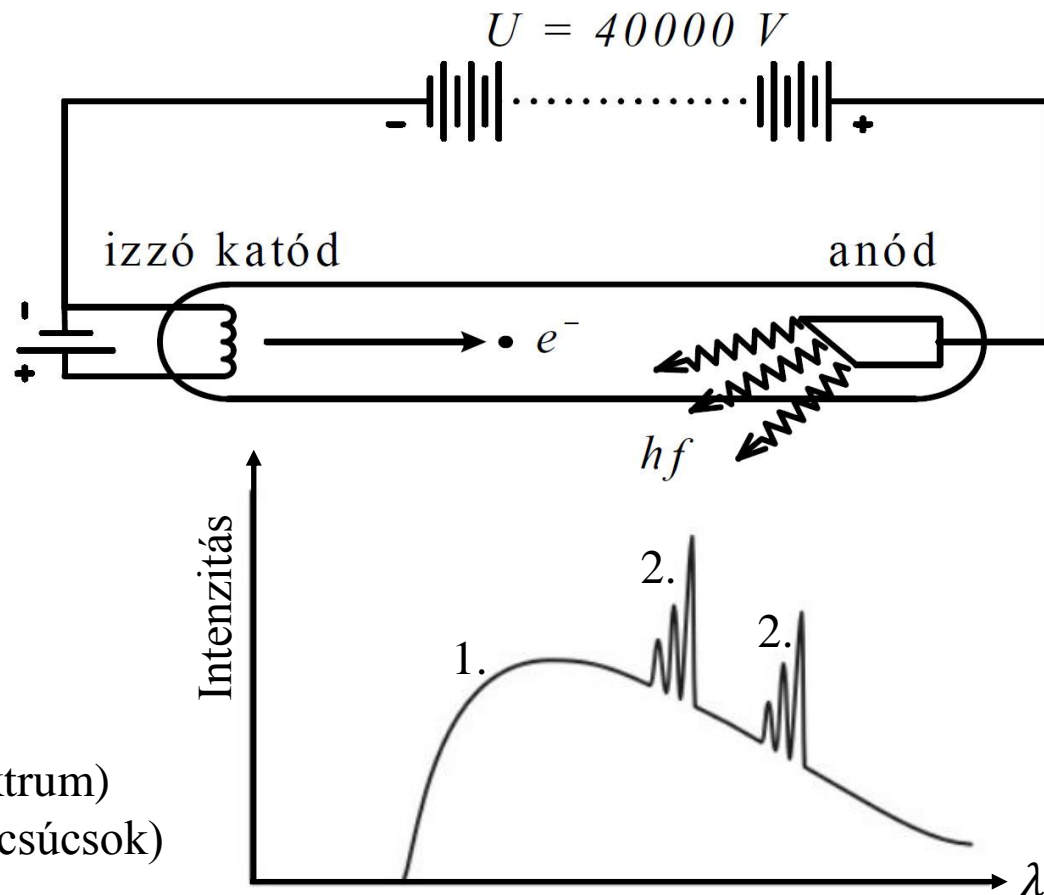
Fő felhasználási területek:

- orvosi képalkotás
- kristálytan
- röntgen spektroszkópia



Spektrum két komponense:

1. kontinuum (folytonos spektrum)
2. karakterisztikus sugárzás (csúcsok)



Kontinuum komponens - Fékezési sugárzás

A nehéz atommag Coulomb-terébe érkező elektron eltérül és lefékeződik.

Fékezési sugárzás:

A gyorsulást szenvedő töltött részecske (itt e^-) energiát veszít, és fotont sugároz ki.

$$E_{k1} - E_{k2} = E_f$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = hf$$

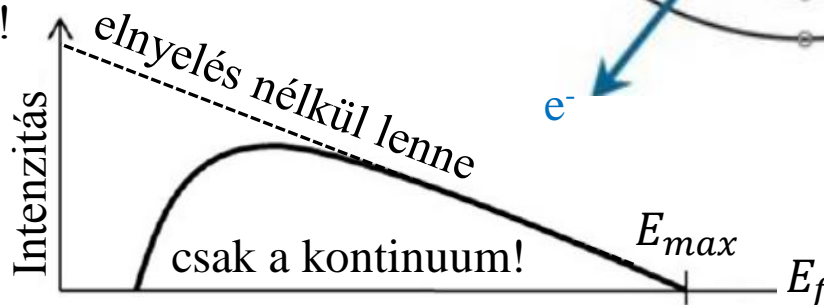
Ha az elektron teljesen lefékeződik:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = hf_{max}$$

Mivel a gyorsított elektron energiája:

$$E_k = eU$$

Így a foton maximális energiája eV egységben egyszerűen az elektron gyorsító feszültsége!



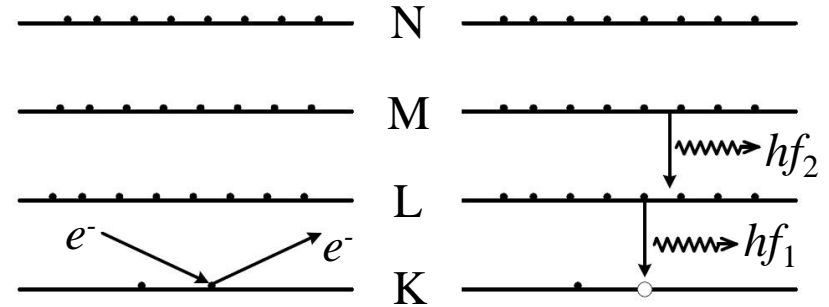
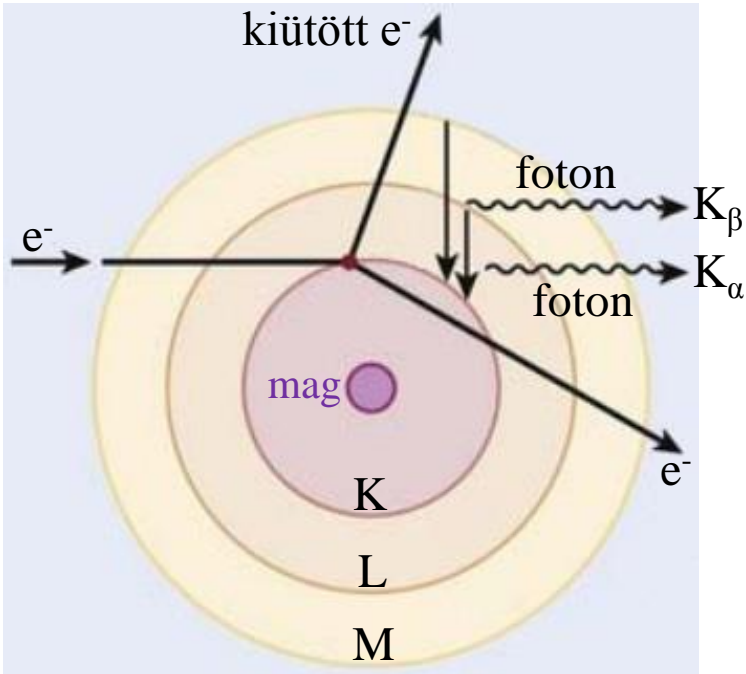
E_f
nagyenergiájú
röntgen foton

kisenergiájú
röntgen foton

Kisebb foton energiák valószínűbbek, mert úgy az elektron többször is eltérülhet az anyagban. (ábrán egyenes vonal)

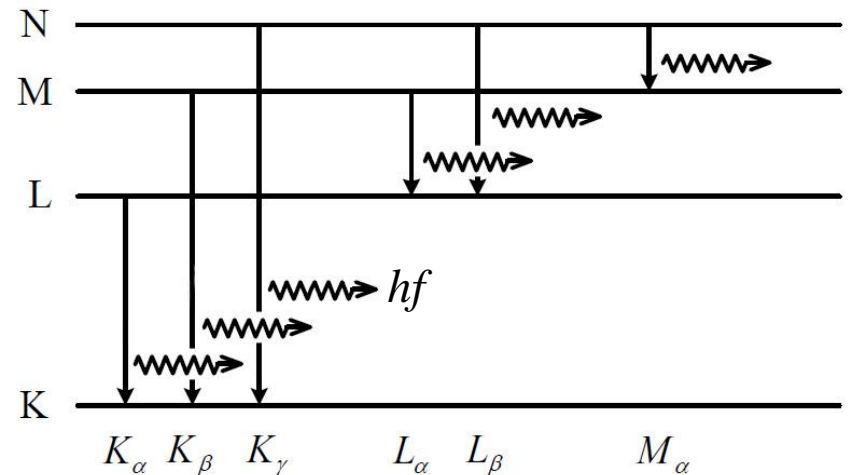
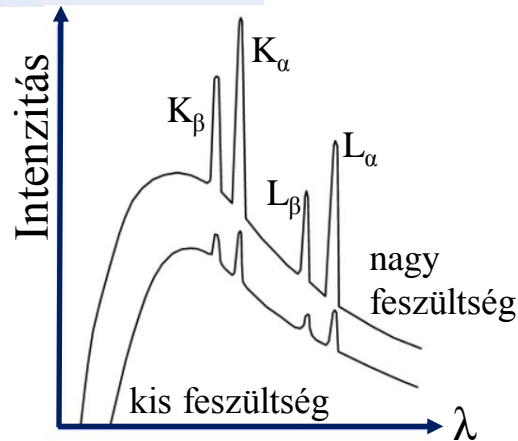
Karakterisztikus sugárzás - vonalas komponens

A felgyorsított elektron egy másik elektront üt ki az atom egyik belső héjáról. Ezzel egy betöltetlen hely (vakancia) keletkezik, ami további elektronugrásokat okoz.



Átmenetre jellemző diszkrét energiájú fotonok:
- sorozatokba rendezhető vonalak

$$E_2 - E_1 = hf$$



Moseley-törvény

Moseley 1913-ban megállapította, hogy a vonalas emissziós színekép jellemző az illető elemre, tehát megmérve a frekvenciákat vagy a hullámhosszakat a Z rendszám kiszámolható. Ezért nevezik ezt a komponenst karakterisztikus sugárzásnak.

Moseley törvénye:

$$E_f = hf = A(Z - b)^2$$

röntgen fluoreszcencia analízis (XRF)

- A : az adott $n \rightarrow m$ átmenetre jellemző konstans $A = E^* \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$

$$K_\alpha \text{ esetén: } A = E^* \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3}{4} E^*$$

$$E^* = \frac{mk^2 e^4}{2\hbar^2} = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 2,18 \text{ aJ}$$

$$L_\alpha \text{ esetén: } A = E^* \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{5}{36} E^*$$

$$\text{vagy eV egységekben: } E^* = 13,6 \text{ eV}$$

- b : korrekciós faktor, amely a Z effektív értékét (többi elektron árnyékolását) adja meg.

$$K_\alpha \text{ esetén: } b = 1$$

$$L_\alpha \text{ esetén: } b = 7,4$$

A törvényt úgy alkotta meg, hogy az egyes karakterisztikus vonalak esetében észlelt röntgenfrekvenciák gyökeit ábrázolta az elemek rendszáma szerint, majd a kapott adatokra egyenest illesztett.

A Bohr-modell alapján a törvény megmagyarázható, de a többi elektron hatását is figyelembe kell venni, így a Z helyett itt $Z_{\text{eff}} = Z - b$ szerepel. Az atom itt nem hidrogénszerű ion!