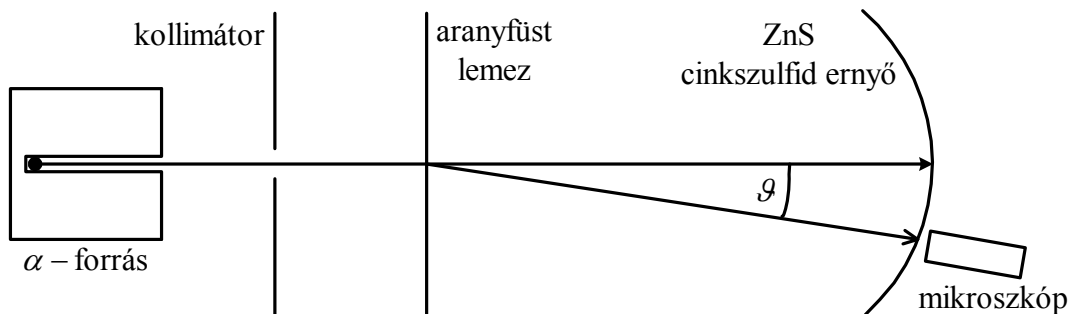


**13. Az atommag felfedezése. Rutherford-féle kísérlet. A rendszám jelentése. Az atommag sugara. A neutron felfedezése. Az atommag összetétele. Izotópok. Gázok, gőzök abszorpciós és emissziós színe, Bohr-posztulátumok, Franck-Hertz-kísérlet. A H-atom Bohr-modellje.**

**Az atommag felfedezése Rutherford-kísérlet:**

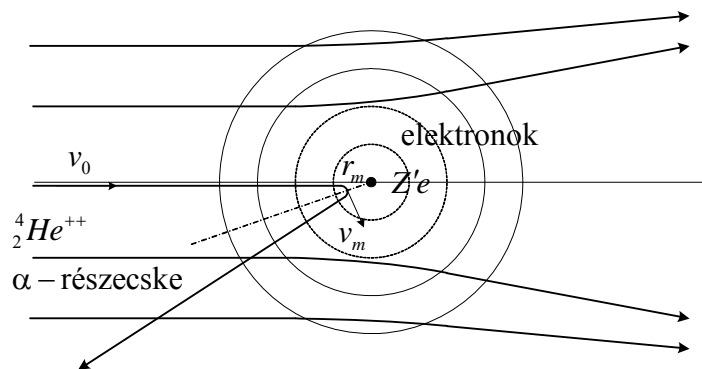
A Thomson-féle atommodell szerint az atom olyan, mint egy "mazsolás puding", az egészet kitölti a pozitív atomanyag és benne találhatóak az elektronok (1890). Rutherford a kísérletében radioaktív preparátumból származó  $\alpha$ -sugárzást bocsátott vékony aranyfóliára (1  $\mu\text{m}$ ), melyek a szóródást követően a cinkszulfid ernyőn felvillanást okoztak.



Tapasztalat szerint a legtöbb  $\alpha$ -részecske irányváltozás nélkül haladt tovább, néhány pedig igen nagy szögben szóródott vissza. Ebből Rutherford arra a következtetésre jutott, hogy az atom pozitív töltését hordozó anyag egy nagyon kicsi helyre összpontosul, ez az atommag (nucleus).

$$\begin{aligned} \text{atomsugár} &\sim 10^{-10} \text{ m} \\ \text{atommagsugár} &\sim 10^{-14} \text{ m} \end{aligned}$$

Rutherford az alábbi modell alapján vezette le a szórási-formulát. Az  $\alpha$ -részecske (ha nem hatna rá erő)  $p$  távolságban (ütközési paraméter) haladna el a  $Z'e$  töltésű atommag mellett. Az  $\alpha$ -részecske a Coulomb erő miatt kúpszelet pályára kényszerül. A két megmaradási tétel, amit alkalmazhatunk:



Energiamegmaradás:

$$\frac{1}{2} m_{\alpha} v_0^2 = \frac{1}{2} m_{\alpha} v_m^2 + k \frac{2e Z' e}{r_m}.$$

Impulzusmomentum megmaradás:

$$m_{\alpha} v_0 p = m_{\alpha} v_m r_m.$$

Ezekből az egyenletekből és további megfontolásokból a szórási formula levezethető. A számolás során kiderült, hogy az atommag töltése megegyezik a rendszámmal,  $Z'=Z$ . Így a rendszám hármass jelentése a következő:

- a periódusos rendszerben az elem sorszáma,
- az atommag töltése  $e$  egységekben, és
- az elektronok száma a semleges atomban

Az atommag sugarát Rutherford  $10^{-14}$ m-re becsülte, Hofstadter később sok atommag sugarát megmérte:

$$R = R_0 \cdot A^{\frac{1}{3}}, \text{ ahol } R_0 = 1,4 - 1,5 \cdot 10^{-15} \text{ m}.$$

A tömegszám  $A$  megmutatja, hogy az illető atommag tömege kb. hányszorosa a proton tömegének:

$$M = A m_p$$

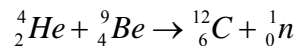
$$V = \frac{4R^3 \pi}{3} = \frac{4R_0^3 A \pi}{3} = \frac{4R_0^3 \pi}{3} A.$$

Tehát  $V \sim A$ , a magsűrűség, illetve a nukleonok számsűrűsége állandó:

$$\frac{V}{A} = \frac{3}{4R_0^3 \pi} = \text{állandó}$$

A tapasztalat szerint:  $A \geq Z$ , és egyenlőség csak a hidrogén magnál van itt  $A = 1$  és  $Z = 1$ . Rutherford 1913-ban még úgy gondolta, hogy az atommagban  $A$  számú proton van és  $A - Z$  számú elektron, így kifelé a magtöltés  $Z$ .

1920 körül megállapították, hogy az atommagban nem lehet tartósan elektron. Chadwick 1932 kimutatta, hogy  $10^{-12}$ J energia befektetésével az atommagból a protonéhoz hasonló tömegű, de elektromosan semleges részecskét lehet kiszabadítani. Ezt nevezték neutronnak.



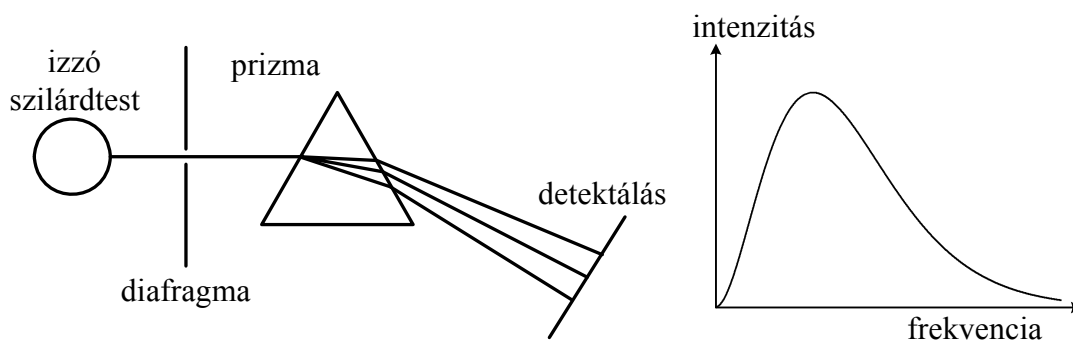
Az atommag összetétele tehát:  $Z$  számú proton és  $N = A - Z$  számú neutron.



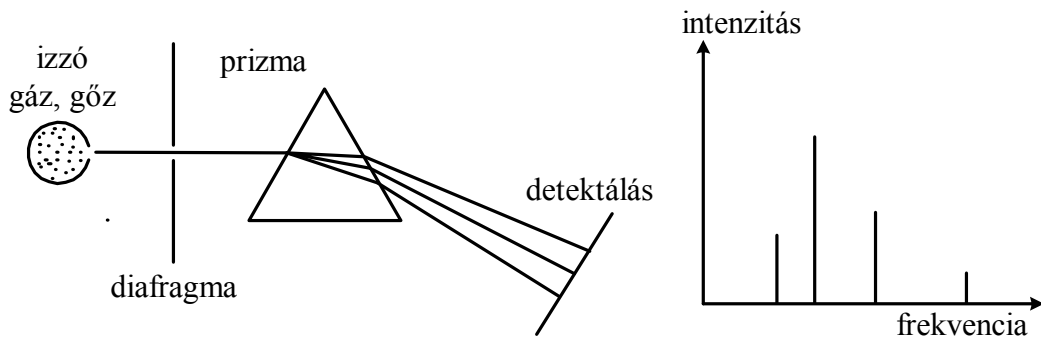
Adott  $Z$  esetén  $N$  változhat, az ilyen atommagokat izotópatommagoknak nevezzük. Például a hidrogén izotópjai:  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$  (deutérium),  ${}^3_1\text{H}$  (trícium), vagy az uráné:  ${}^{235}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{238}_{92}\text{U}$ . Az izotópok szétválasztása mágneses mezőkkel, vagy porózus falak segítségével történhet.

### Gázok emissziós és abszorpciós színe:

Az izzó szilárd test folytonos spektrumú sugárzást bocsát ki, azaz az egyes színek között az átmenet folytonos. Az elrendezés, amivel a spektrum felvehető:



Ezzel szemben az izzó gázok vagy gőzök által emittált sugárzást felbontva a spektrum vonalas szerkezetű lesz, például látható tartományban színes csíkok jelennek meg az ernyőn (emisszió = kibocsátás). A vonalas emissziós színek (spektrum) a gáz anyagi minőségétől függ.



Az izzó szilárd test folytonos spektrumú sugárzását hideg gázon át bocsátva és prizmával felbontva nyerhetjük az abszorpciós spektrumot, ez nem teljesen folytonos, benne fekete vonalak maradnak, az anyagi minőségtől függően. **A tapasztalat szerint egy gáz hideg állapotában éppen azokat a vonalakat nyeli el, amelyeket izzó állapotában emittálni tud.** A gázok emissziós és abszorpciós szinképének magyarázatához fel kellett tételni azt, hogy a magányos atomok, molekulák energiája csak bizonyos meghatározott diszkrét értékeket vehet fel, nem lehet folytonos, s ezek a diszkrét energiák, az anyagi minőségtől függenek. A két állapot közötti átmenet során csak olyan foton emissziójára vagy abszorpciójára van lehetőség, melynek energiájára teljesül az ún. frekvencia feltétel:

$$E_i - E_k = h f_{i,k}$$

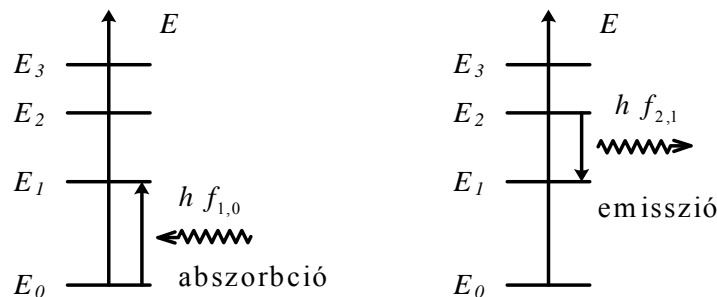
### Bohr posztulátumok (1913):

1. az atomban az elektronok csak diszkrét  $E_1, E_2, \dots$  energiaszinteken tartózkodhatnak, és ezekben az úgynevezett stacionárius állapotokban tartózkodva nem sugároznak
2. az atomok akkor sugároznak, ha az elektronok egy magasabb energiájú állapotból

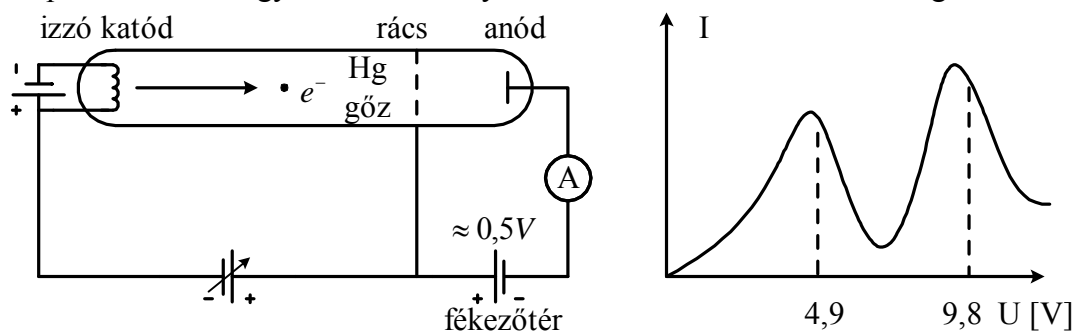
alacsonyabb energiájú állapotba kerülnek, ilyenkor a kisugárzott frekvencia,  $f = \frac{\Delta E}{h}$ ,

ahol  $\Delta E$  a két energiaszint különbsége, a Bohr-féle frekvencia feltétel

tehát:  $E_i - E_k = h f_{ik}$



A Bohr-posztulátumok egyik fontos bizonyítékát a Franck-Hertz kísérlet szolgáltatta.



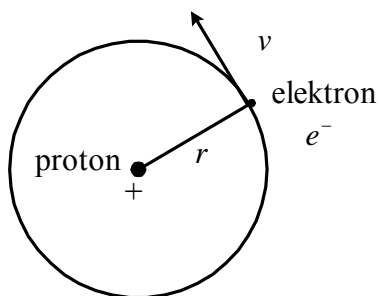
- az izzókatódból kilépő elektronok gyorsulnak az anód felé, a Hg-atomokkal rugalmasan ütköznek, ezzel szemben a 4,9 eV energiájú elektronok már rugalmatlanul ütköznek a Hg atomokkal
- 9,8 V gyorsító feszültség esetén az elektronok mozgásuk során kétszer képesek rugalmatlanul ütközni és gerjeszteni a Hg-atomokat
- a Hg atomokban a gerjesztett elektronok spontán módon visszatérnek az alacsonyabb energiájú állapotba, és  $f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{4,9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,623 \cdot 10^{-34}} = 1,183 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  frekvenciájú sugárzást bocsátanak ki, ez jól egyezik a kísérleti tapasztalattal.

### A H-atom Bohr modellje:

A mechanikailag lehetséges körpályák közül az úgynevezett kvantumfeltétel választja ki a megengedetteket, ez azt mondja ki, hogy az elektron pályaimpulzus nyomatéka kvantált, és értéke csak a  $h/2\pi$  egészszámú többszöröse lehet:

$$L_{e^-} = n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}.$$

Például körpálya esetén:  $mvr = n\hbar$ .



A nyugvónak tekintett proton körül mozgó egyetlen elektronra vonatkozó mozgás egyenlet:

$$k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}, \quad \text{így } k e^2 = mvr \cdot v, \quad \text{tehát } k e^2 = \hbar n v.$$

A sebesség tehát:  $v = \frac{k e^2}{\hbar n}$ .

Az elektron energiája a mozgási- és a elektrosztatikus potenciális energia összege:

$$E = T + V = \frac{1}{2}mv^2 - k \frac{e^2}{r} = \frac{1}{2}mv^2 - mv^2 = -\frac{1}{2}mv^2.$$

Itt felhasználtuk, hogy  $k \frac{e^2}{r} = mv^2$ . Ekkor

$$E_n = -\frac{1}{2}m \cdot \frac{k^2 e^4}{\hbar^2 n^2} = -\frac{m k^2 e^4}{2 \hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2}.$$

A diszkrét energiaértékek tehát:

$$E_n = -E^* \cdot \frac{1}{n^2}, \quad \text{ahol } E^* = \frac{m k^2 e^4}{2 \hbar^2} = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 2,18 \text{ eV}$$

Két energiaszint közötti átmenet során kisugárzott vagy elnyelt frekvenciára kapott összefüggés:

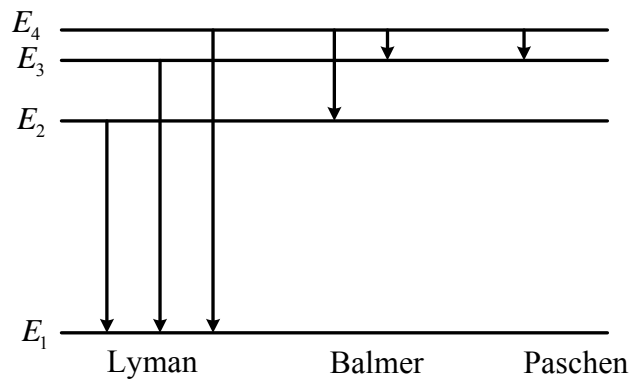
$$f_{nm} = \frac{E_n - E_m}{h} = -\frac{E^*}{h} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) = \frac{E^*}{h} \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R^* \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

A Bohr modell jól szolgáltatta a kibocsátott fotonok frekvenciáját, és a Rydberg állandót, jó H-ra, He<sup>+</sup>, Li<sup>++</sup>....(H-szerű ionok)

Lyman-sorozat:  $m = 1, n > 1, f_{n1} = R^* \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right)$ , ultraibolya tartományba esik

Balmer-sorozat:  $m = 2, n > 2, f_{n2} = R^* \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$ , látható tartományba esik

Paschen-sorozat:  $m = 3, n > 3, f_{n3} = R^* \left( \frac{1}{9} - \frac{1}{n^2} \right)$ , infravörös tartományba esik



#### A Bohr-modell hiányosságai:

A H-atom nem korong, hanem gömb alakú, a modell szerint alapállapotban is van az elektronnak pályaimpulzus-nyomatéka, a valóságban nincs, és végezetül csak H-atomra és H-szerű ionokra jó.