

ATOMFIZIKA

óravázlatok

A fizika felosztása

1. Klasszikus fizika

Olyan jelenségekkel és törvényekkel foglalkozik, amelyekről a mindennapi életben is szerezhethetünk tapasztalatokat.

2. Modern fizika

A fizikának azon területeivel foglalkozik, ahol az embernek nincs lehetősége érzékszervi tapasztalatszerzésre.

A fénysebesség közelében jelentkező természettörvények kutatása a **relativitáselmélet**, az atomokon belüli mikrovilág kutatása pedig a **kvantumelmélet** megszületéséhez vezetett.

Klasszikus fizika

- ▶ Mechanika
- ▶ Hőtan
- ▶ Elektromosság
- ▶ Mágnesesség
- ▶ Fénytan (Optika)

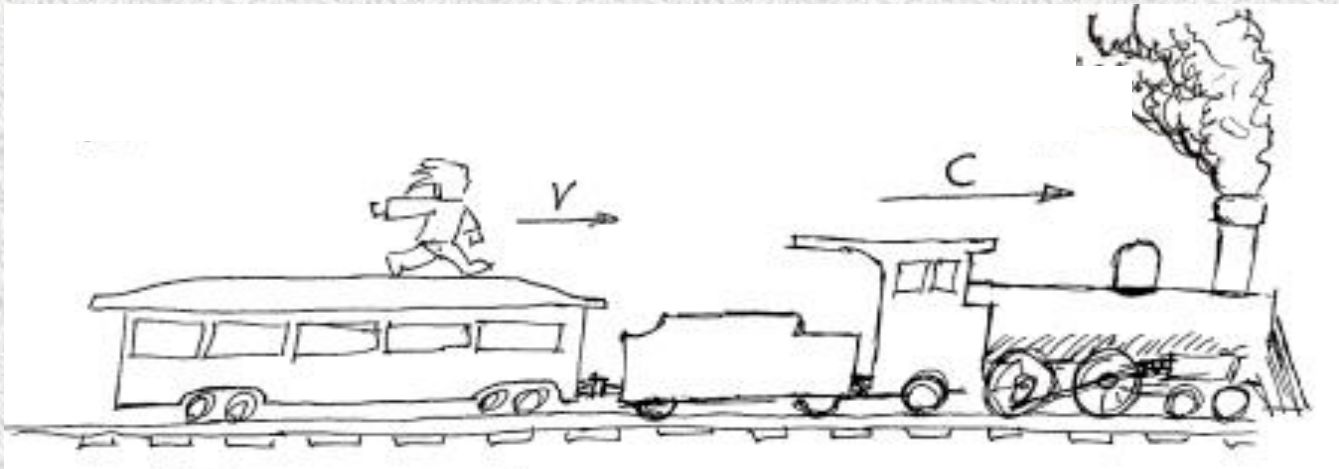
A 19. század végéig
hatalmas fejlődés

**A klasszikus fizika világgépe fénysebesség
közelében nem alkalmazható!**

Modern fizika 1.

A relativitás elmélet születése

1. Megoldatlan kérdés: mihez viszonyítva terjed a fény $c = 300.000 \text{ km/s}$ sebességgel.

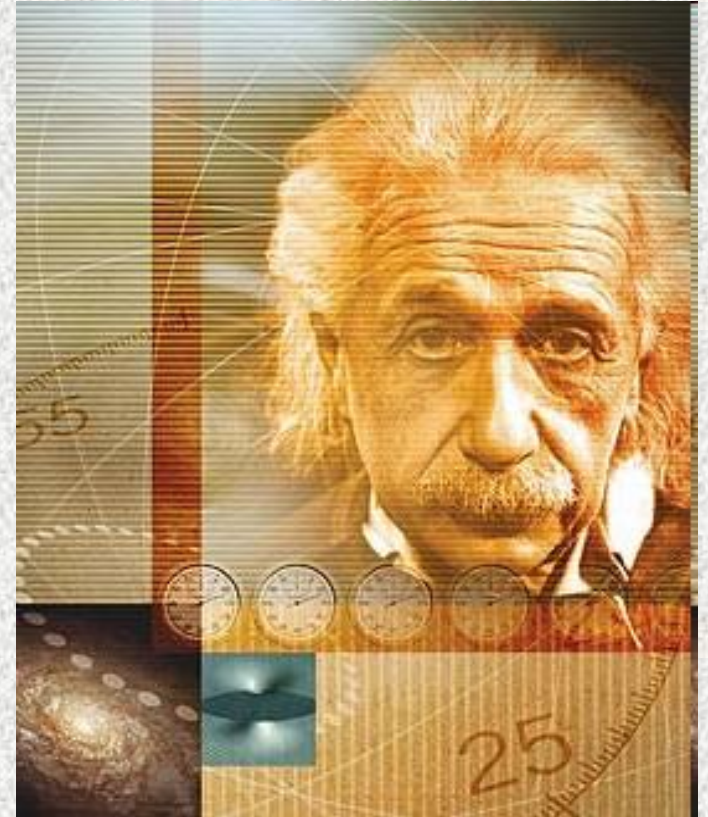


A vonat fénysebességgel halad. A tetején menetiránnyal megegyezően szaladunk **v** sebességgel

A sebességünk a - Földhöz képest- fénysebességnél nagyobb??

1. kérdés feloldása: Speciális relativitáselmélet

**Einstein szerint:
A fény bármilyen
inerciarendszerhez
képest $c = 300\,000$ km/s
sebességgel terjed.**

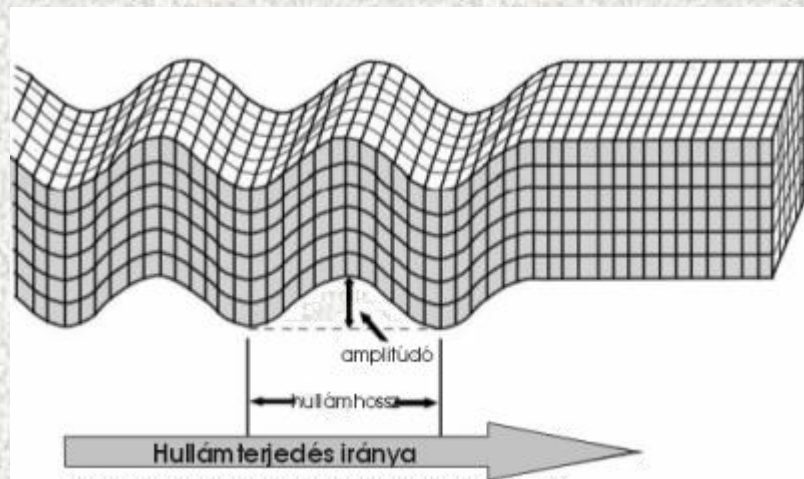


Albert Einstein(1879-1955)
német fizikus

2. kérdés

A transzverzális, mechanikai hullámok közvetítéséhez szükséges egy rugalmas közeg.

A fény transzverzális hullám.
Mi közvetíti?



Létezik egy a fény terjedését biztosító, világmindenséget kitöltő rugalmas anyag: az éter??

Minden kísérlet, ami az éter kimutatására irányult eredménytelennek bizonyult.

► **Einstein szerint: nincs éter**

Speciális relativitáselmélet további eredményei

Tömeg-energia ekvivalencia egyenlet:

$$E = m \cdot c^2$$

Ahol :

E - egy tetszőleges test összenergiája,

m - a test tömege,

c - a vákuumbeli fénysebesség

Eszerint, ha egy testnek nő az energiája, a tömege is nő.

A tömegből származó energia nagy része már nyugalmi állapotban is a testekben van.

A v sebességgel mozgó m_0 tömegű test energiája

$$m \cdot c^2 = m_0 \cdot c^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

↓
összenergia
 $E_{\text{ö}}$

↓
Nyugalmi
energia
 E_0

↓
Mozgási
(kinetikus)
energia $E_m (E_k)$

Relativisztikus tömeg

A klasszikus fizikában a tömeget állandónak tekintettük. A fénysebesség közelében már ki is mutatható, hogy a sebesség növekedésével **megnő** a testek **tömege**.

A sebességtől függő **relativisztikus tömeget** a következő képlet alapján számíthatjuk ki.

Ahol m_0 a nyugalmi tömeget jelenti.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

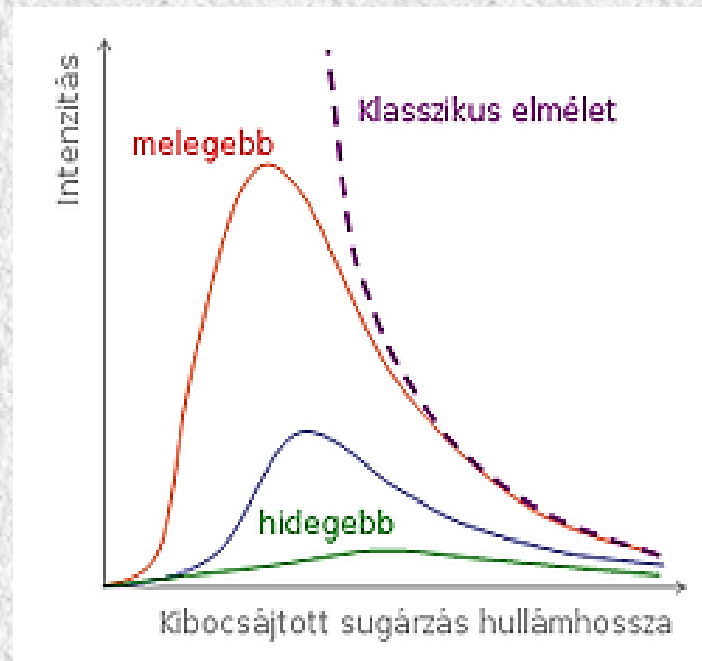
A képlet $v = c$ esetén nem értelmezhető (zérus osztó), tehát a vákuumbeli fénysebesség határsebesség.

A kvantumelmélet születése

A Nap sugárzása látható, ultraibolya, infravörös (elektromágneses) hullámok formájában érkezik a Földre.

De kevésbé forró testeknek is van **hősugárzása**.

Az erősebben felmelegedő testek pedig látható fényt is kibocsátanak: először vörös, majd egyre fehérebb izzással.



Az **abszolút fekete test** energia kibocsátása a hullámhossz függvényében (**Planck-görbe**)

Hőmérsékleti sugárzás

- A testek hőmérsékletétől függő erősségű és összetételű elektromágneses sugárzást **hőmérsékleti sugárzás**nak nevezzük.

A hőmérsékleti sugárzás tapasztalati törvényeit a klasszikus fizika törvényeivel nem tudták megmagyarázni.

Max Planck

1900-ban olyan matematikai összefüggést vezetett le, amely pontosan összhangba volt a tapasztalatokkal.

Feltételezte, hogy a testek hőmérsékleti sugárzásának energiája kis adagokból, úgynevezett kvantumokból tevődik össze.

Egy kvantum energiája: $E = h \cdot f$

f - a rezgés frekvenciája,

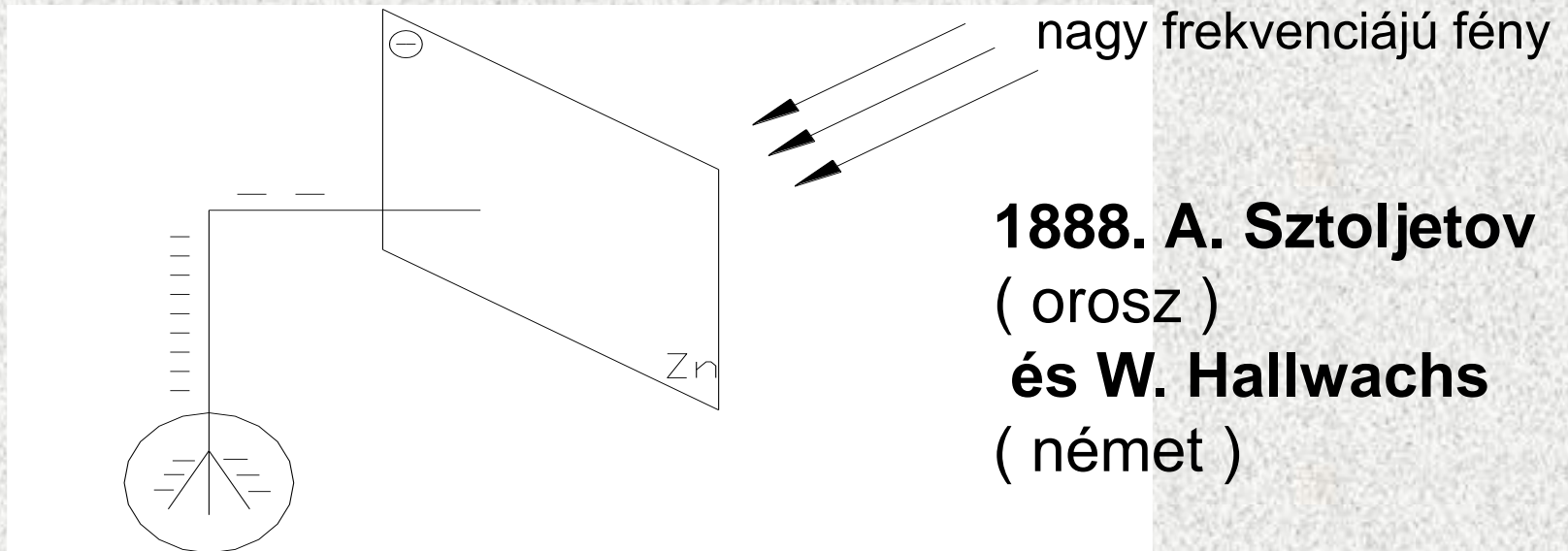
h - Planck állandónak nevezünk.

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

A fényelektromos jelenség

Fotoeffektus

- Nagy frekvenciájú fény hatására a negatív töltésű cinklemez elektronok hagyják el
 - A lemez pillanatszerűen elveszíti negatív töltését.
- A jelenség független a fény intenzitásától.



1905. Albert Einstein A fotoeffektus magyarázata.

- Albert Einstein 1905.
- Planck kvantumhipotéziséből kiindulva: ezek az energiakvantumok fénysebességgel repülnek és önálló részecskéknek tekinthetők.
- A fény kvantumjai a **fotonok**
- **Egy foton energiája egyenesen arányos a fény frekvenciájával.**

Azt a legkisebb energiát, amely az elektronnak a fémből való kiléptetéséhez szükséges, kilépési munkának nevezzük.

$$E_f = W_{ki} + \frac{1}{2} m_e v^2$$

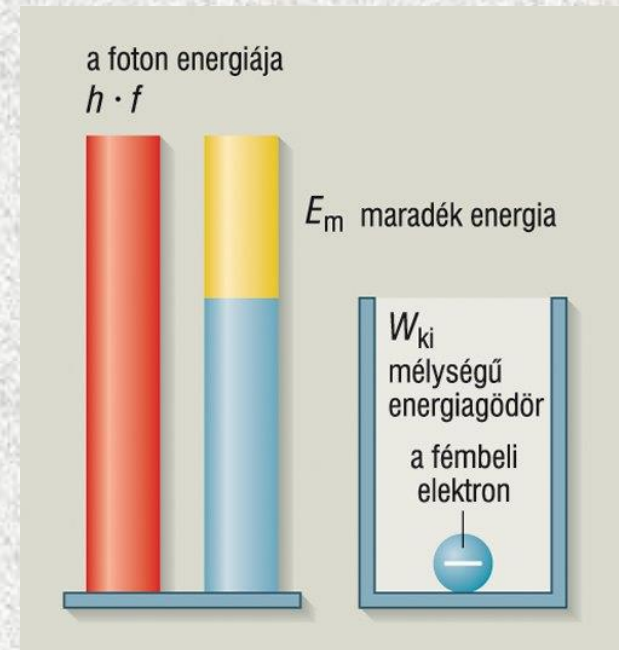
Ez az ún. fényelektromos egyenlet

Ahol:

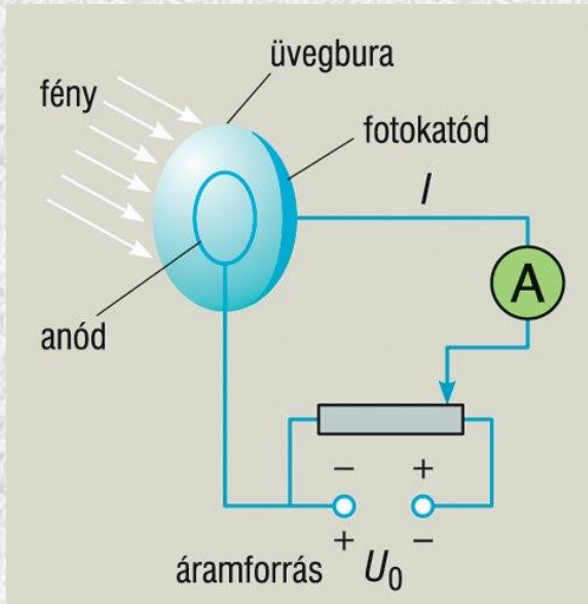
$$E_f = h \cdot f \quad \text{a foton energiája}$$

$$W_{ki} \quad \text{kilépési munka}$$

$$\frac{1}{2} m_e v^2 \quad \text{az elektron mozgási energiája}$$



A fotoeffektus gyakorlati alkalmazásai



Fotocella

Felhasználási terület:
ajtók automatizálására
éjszakai közvilágítás
bekapcsolására
fényképezés: fénymérő

A fotoeffektus alapján működnek a tévé- és videokamerák.



A földi alternatív energiatermelésre használt fényelemet **napelemnek** hívják.

A fény kettős természete

A kettős természetet úgy értelmezhetjük, hogy egyes fényjelenségek csak a hullámmodell alapján (pl. fényinterferencia), mások viszont csak a részecskemodell segítségével írhatók le (pl. fotoeffektus). Vannak olyan jelenségek is, melyekről mindkét modell számot tud adni, ilyen például a [fénynyomás](#).

A fotonokhoz az $E = m \cdot c^2$ tömeg - energia összefüggés alapján rendelhetünk impulzust.

A foton energiája: $E_f = h \cdot f$, így $h \cdot f = m \cdot c^2$.

Ebből a fotonhoz rendelt tömeg:

$$m_f = \frac{h \cdot f}{c^2}.$$

A c fénysebességgel mozgó foton impulzusa pedig

$$I = m_f \cdot c = \frac{h \cdot f}{c^2} \cdot c = \frac{h \cdot f}{c},$$

azaz a foton impulzusa

$$I = \frac{h}{\lambda}.$$

Mivel: $\lambda = \frac{c}{f}$

Anyaghullámok

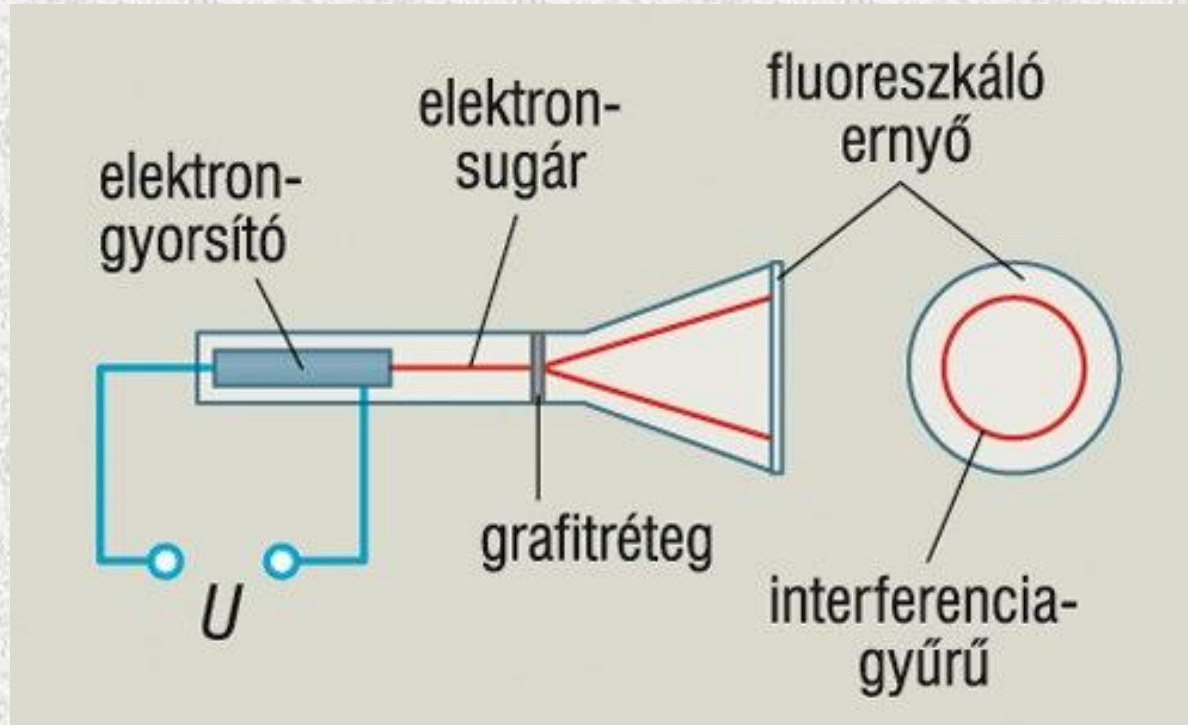
1880. H. Hertz bebizonyítja a katódsugárzás hullámtermészetét

1887. J. J. Thomson az elektront golyótulajdonságokkal írja le

Akkor most mi az elektron? Hullám vagy részecske?

Az elektron hullámtulajdonságának megállapításához az elektronnyaláb interferenciáját kellett kimutatni.

Ehhez a katódsugárcsőbe az elektron útjába vékony grafitkristály metszetet helyeztek, mint optikai rácst, ekkor interferenciagyűrűket tapasztaltak.

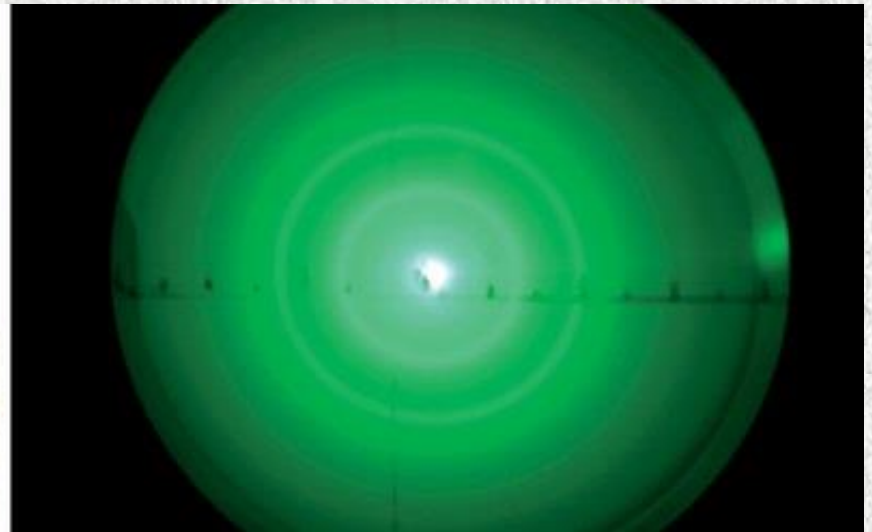


Ez az ún. elektroninterferencia.

1927. G. B. Thomson (angol)

Az elektron tehát egyszer részecskéként, egyszer hullámként viselkedik.

Elektrondiffrakciós készülék és az annak fluoreszkáló ernyőjén látható elektroninterferencia-gyűrűk



Később ezeket a kísérleteket
más részecskékre is
(pl.: proton; hidrogén atom;
He atommag = α részecske;
...stb.) elvégezték, s
bebizonyosodott, hogy a
részecske hullám kettősség a
mikrovilágban minden
anyagdarabka velejáró
tulajdonsága.

Ez az ún. anyaghullám
hipotézis



Louis de Broglie
1929.

A mikrorészek de **Broglie-hullámhosszát** a

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

de Broglie-összefüggéssel számíthatjuk ki,
ahol a számlálóban h a Planck-állandó, a
nevezőben pedig a részecske impulzusa
szerepel.

A mikrovilág megismerése nem történhet közvetlen észlelés révén.

A megismerés munkamódszere: **atommodellek** megalkotása, amelyekkel a jelenségeket magyarázzuk.

Korai atomelméletek

Démokritosz és Dalton atomelmélete

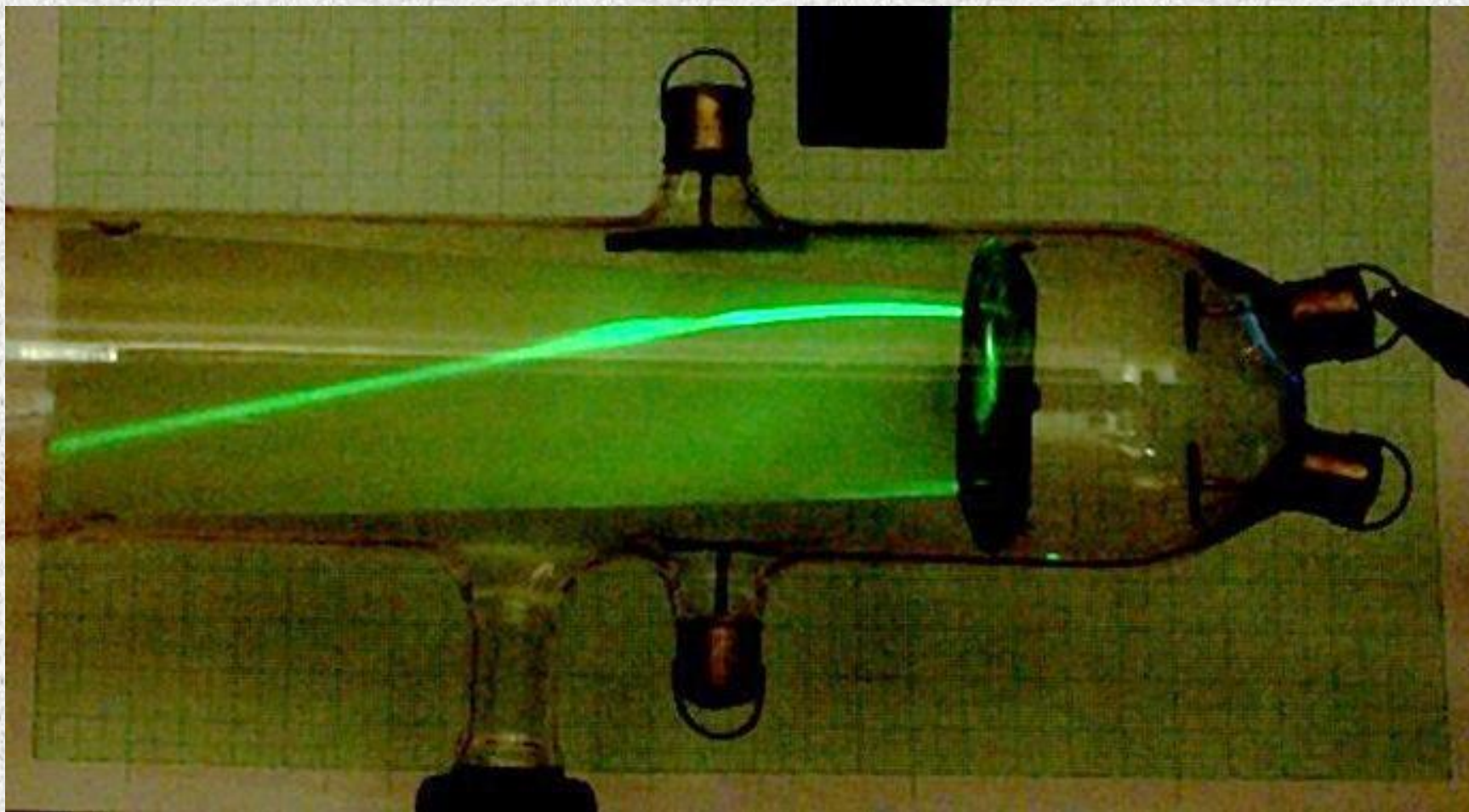
Démokritosz atomelmélete

- Elképzelése szerint az anyagok nagyon apró részecskékből atomokból épülnek fel.
- Az anyagok tulajdonságait az atomok alakja és elrendeződése határozza meg.
- Az atomok alakja a különböző anyagoknál eltérő (pl. folyadék-gömb; szilárd-kocka), de egy adott anyag atomjai megegyeznek.

Dalton atomelmélete

- Az atomokat kicsiny, rugalmatlan golyóknak képzelte.
- Az atomok oszthatatlanok és elpusztíthatatlanok.
- Egy adott elem atomjainak alakja, mérete, tömege megegyezik.
- A különböző anyagok atomjai viszont más méretű és tulajdonságú golyók.

A katódsugárzás



A katódsugárzás

- A vákuumcsövek katódjából kilépő sugárzás részecskéi (elektronnak nevezték el) negatív töltésűek, könnyűek és azonos minőségűek.
- Tömegük és töltésük független a katód anyagi minőségétől.
- Következtetés: Az elektronok minden atomnak alkotórészei, tehát az atom nem oszthatatlan.

Thomson-féle atommodell

- **Az atom elektromosan semleges.**
- **A negatív töltésű elektronok egy pozitív töltésű gömb anyagába ágyazódnak bele. („görögdinnye- modell” vagy „mazsolás puding-modell”)**
- **Elméletéért és munkásságáért Joseph John Thompson 1907-ben Nobel díjat kapott.**

A radioaktivitás felfedezése

- A radioaktivitás jelenségét a 19. század végén Becquerel fedezte fel.
- Radioaktív elemek kutatása: Marie és Pierre Curie (rádium, polónium)
- A radioaktivitás természetének kutatása: E. Rutherford és munkatársai.
- A radioaktív sugárzás alkotórészei az atomból spontán módon lépnek ki.

➤ A sugárzás intenzitása nem befolyásolható.

Három fő alkotórészből áll:

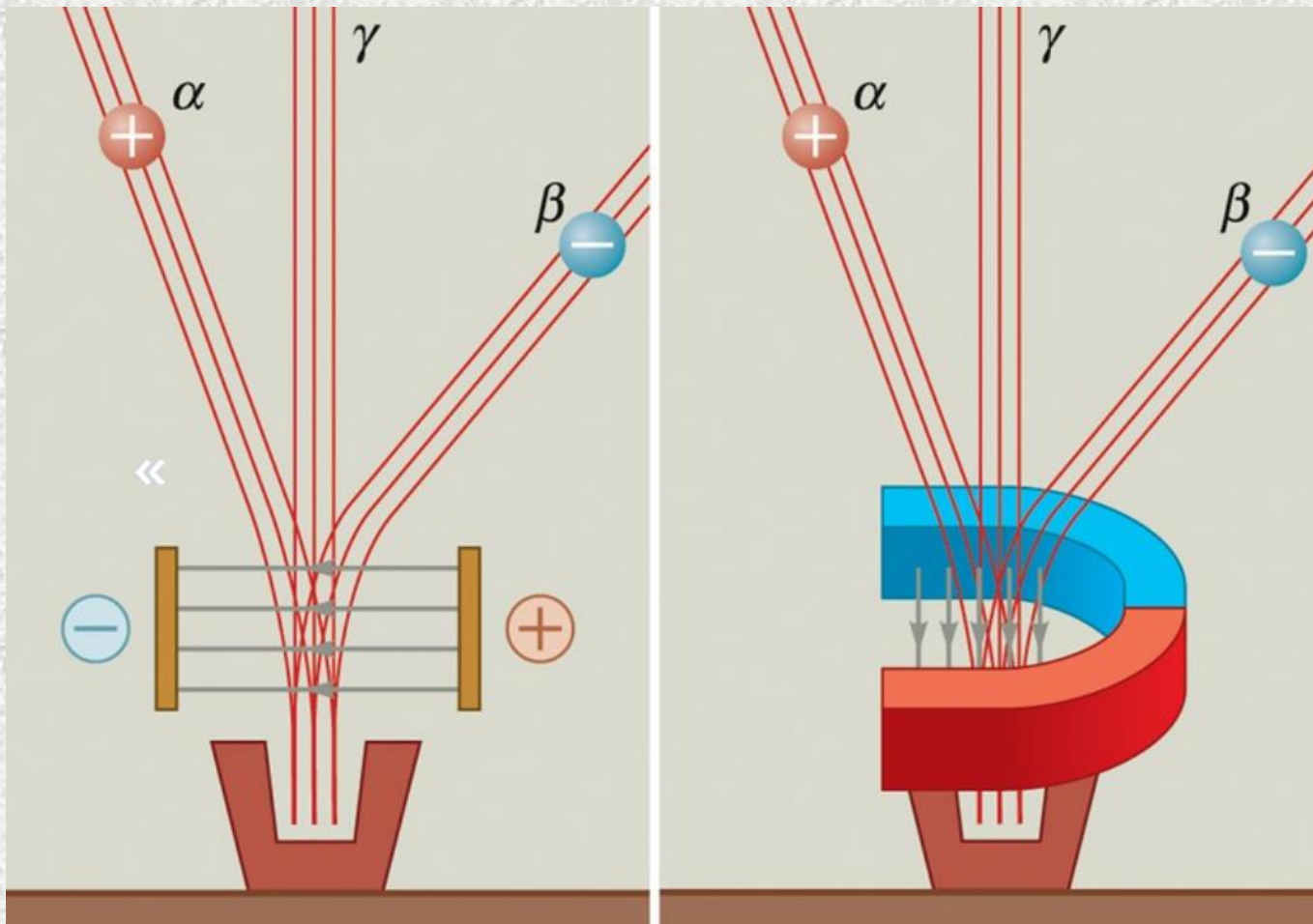
➤ Az α (alfa) sugárzás pozitív töltésű részecskékből (He atommagokból) áll.

➤ A β (béta) sugárzás negatív elektronok árama.

➤ A γ (gamma) sugárzás nagy energiájú elektromágneses hullám.

Következtetés: Az atom negatív és pozitív alkotórészeket egyaránt tartalmaz.

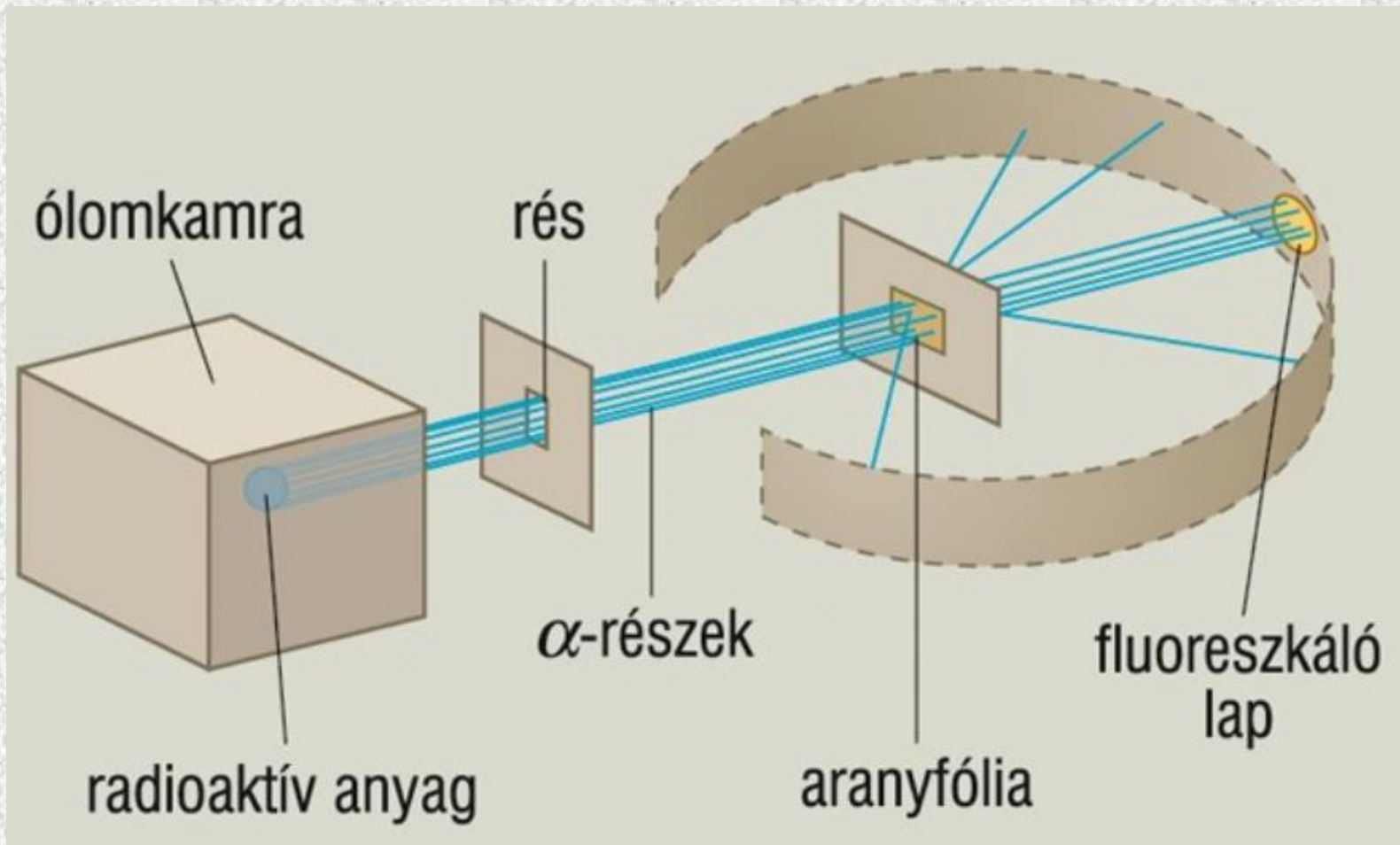
Az alfa-, béta- és gamma-sugárzás szétválasztása elektromos és mágneses terekkel.



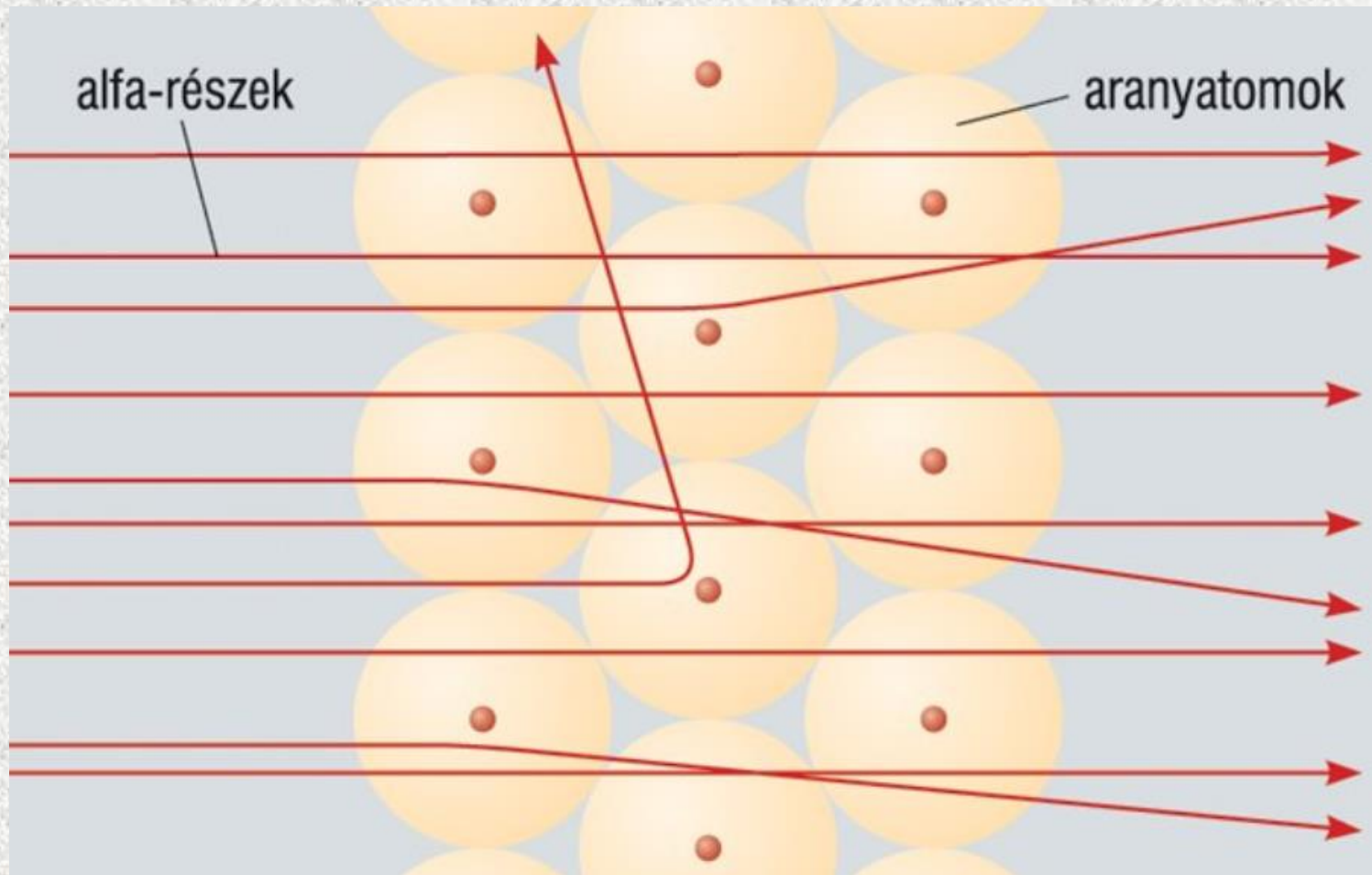
A Rutherford-féle szórási kísérlet

- A szórás-kísérlet eredményei nem értelmezhetőek a Thompson-féle atommodellel.
- Új atommodell megalkotására volt szükség, amely segítségével értelmezni lehetett a kísérletet.

Rutherford szórási kísérletének elvi vázlata.



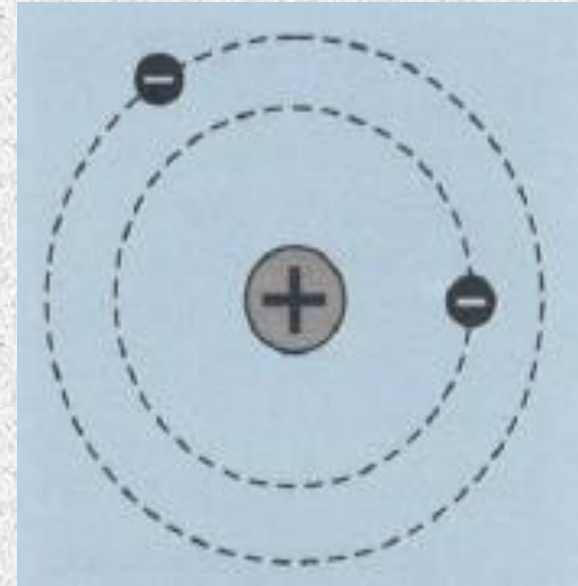
Az α -részecskék szóródása atomi rétegeken



A Rutherford-féle atommodell

- Az atom tömegének túlnyomó része egy pozitív töltésű, un. atommagban összpontosul, amely körül az elektronok keringenek. („bolygómodell”)
- Az atom átmérője 10^{-10} m nagyságrendű.
- Ennek százvezred része (10^{-15} m) az atommag átmérője.

- A Rutherford által felállított ún. **bolygómodell** szerint az atomban a nagy tömegű, de kis méretű mag körül az **elektronok úgy keringenek, mint a bolygók a Nap körül.**



- A gravitációs erő helyett a töltések közti **elektromos vonzóerő** az, ami az atomot összetartja.

A Bohr féle modell

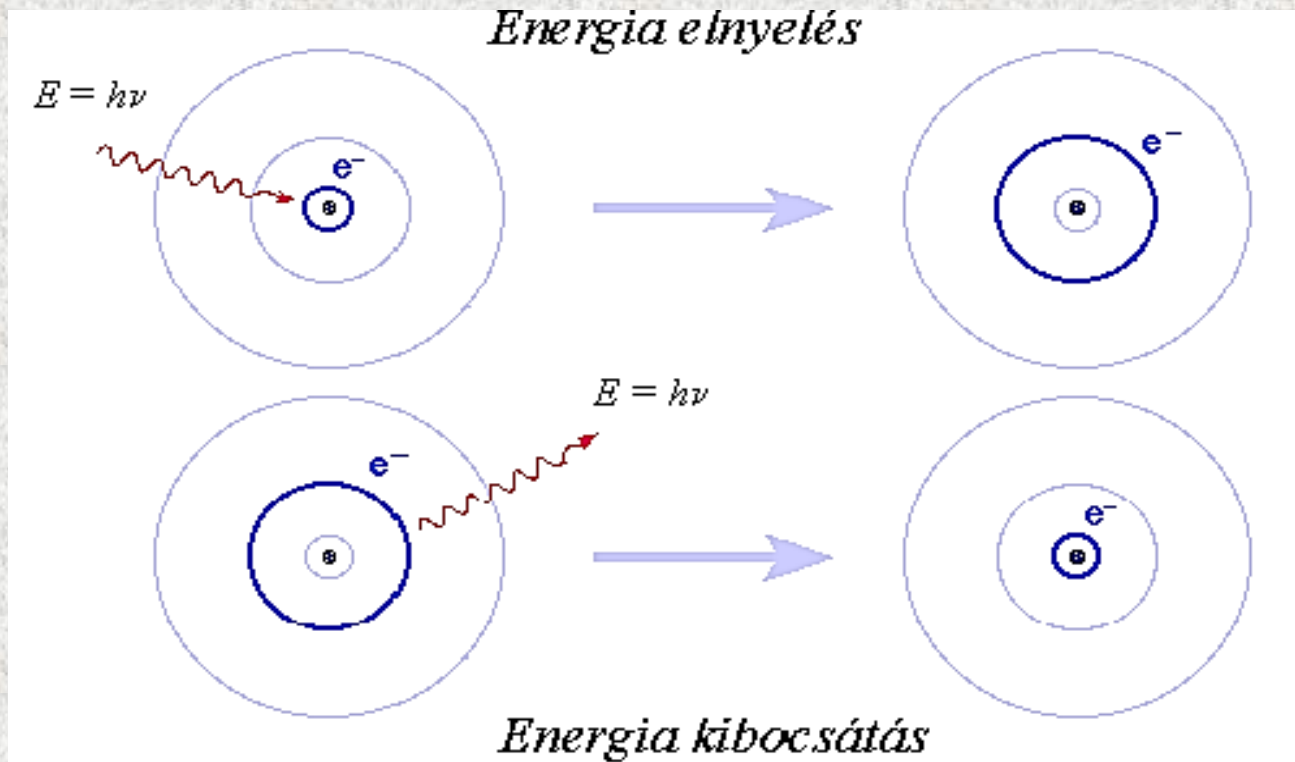
- A Rutherford-féle modell elektrodinamikai okokból **nem** lehet **stabil**, mert a keringő elektron **energiát veszít**, melynek következtében a másodperc töredéke alatt **belezuhanna** a **magba** és ilyen atom nem létezhetne stabilan.
- (1913 **Niels Bohr**) az **elektronok** csak **bizonyos pályákon keringhetnek (elektronhéjak)**, de azokon energiaveszteség nélkül.

- Az atom elektronjai csak meghatározott pályákon keringhetnek a mag körül. Ezeken a pályákon - ellentétben a klasszikus elektrodinamika törvényeivel - az elektron nem sugároz.
- Az atom csak akkor sugároz, ha az elektron az egyik pályáról a másikra ugrik.
- Energiáját egy foton (fényrészecske) formájában bocsátja ki.

Frekvenciája: $h \cdot f = E_m - E_n$

egyenlet határozza meg.

$E_m ; E_n$ az egyes un. stacionárius pályákhoz tartozó energiák. Az atom csak olyan **foton** befogására képes, amelynek energiája éppen **egyenlő** két **pályaenergia** különbségével.



A stacionárius pályák sugarai az alábbi összefüggés szerint választódnak ki:

$$r_n = r_1 \cdot n^2$$

ahol $n \in \mathbb{Z}$ és r_1 a hidrogénatom legbelső Bohr-pályájának sugara, melynek értéke közelítőleg 0,05 nm.

Az n egész számot főkvantumszámnak nevezzük.

A hidrogénatomban keringő elektron lehetséges energiaértékeire pedig az

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

összefüggést kapjuk, ahol $E_1 = -2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} = -2,18 \text{ aJ}$ a legbelső pályán keringő elektron energiája.

Ha az elektron a legbelső pályán kering, akkor a rendszer **alapállapotban** van.

Ha külső pályára kerül az elektron, akkor **gerjesztett** atomról beszélünk.

A kvantummechanikai atommodell

A mikrorészek mozgásának egzakt leírását adó kvantummechanika segítségével új atommodellt, a **kvantummechanikai modellt** vagy a **hullámmodellt** alkották meg.

Az új atommodell abban különbözik lényegesen valamennyi korábban tárgyalt modelltől, hogy az elektront nem tekinti az atommag körül keringő pontszerű részecskének. Az elektront **állóhullámmal modellezi**, amelyet a pontszerűnek tekintett atommag elektromos tere tart fogva.