

# **A fizika története**

**(GEFIT555-B, 2+0, 2 kredit)**

**2023/2024. tanév, 1. félév**

***Dr. Paripás Béla***

***8. Előadás (2023.11.16.)***

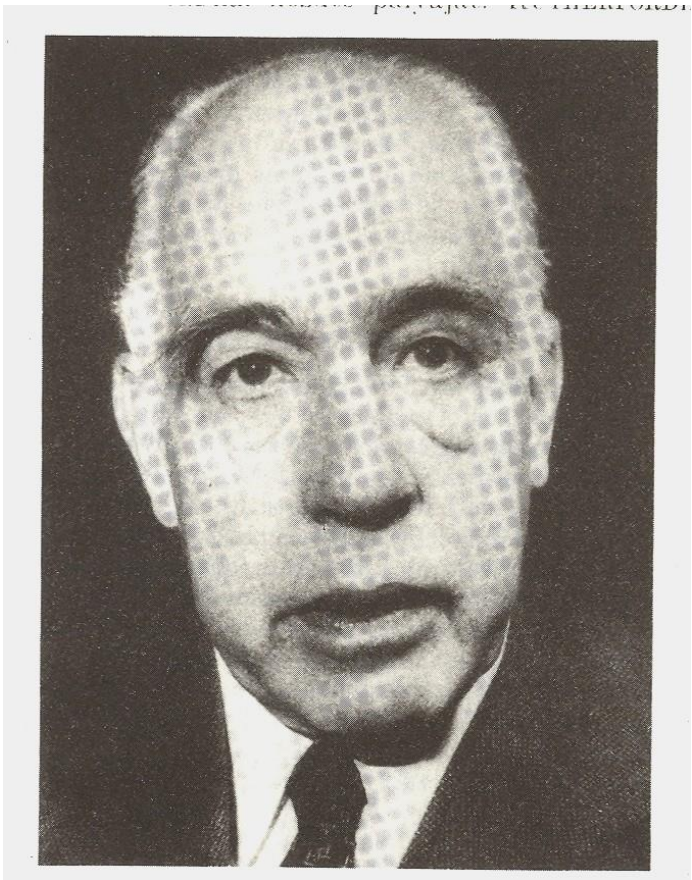
Ahová eddig eljutottunk:

- Planck (1900), a hőmérsékleti sugárzás magyarázata során:  
...az oszcillátorok egy véges nagyságú energiaadag ( $\varepsilon$ ) egész számú többszörösével rendelkezhetnek. **Az energiaadag arányos a frekvenciával ( $f$ ):**

$$\varepsilon = h \cdot f, \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

- Einstein (1905), a fényelektromos jelenség magyarázata során:  
**...a fény is kvantált, elemi részecskéje a foton, amelynek energiája ( $h \cdot f$ ) és lendülete ( $h/\lambda$ ) is van.**

**A fénykvantum fogalmának kialakulásával kezdetét veszi a kvantumelmélet kiépítése. Az elmélet első sikereit az atom szerkezetének megértésében érte el.**



**B**  **HR**

**NIELS BOHR** (1885 – 1962) apja a fiziológia professzora, testvére, *Harald Bohr* neves matematikus. 1911-ben doktorált a fémelektromokról. Ezután először *J. J. Thomson*nál dolgozott rövid ideig, majd *Rutherford*hoz utazott Manchesterbe 1912-ben. Még ugyanebben az évben visszatért Koppenhágába, ahol assisztenssé nevezték ki. 1913-ban ugyanitt magántanár. 1914–16 között ismét Manchester, majd mint professzor tér vissza Koppenhágába, ahol 1920-ban egy elméleti fizikai intézetet létesítettek számára. 1943-ban az 1940-ben megszállt Dániából vitorlánhajón menekült Svédországba, ahonnan az angol titkosszolgálat Angliába vitte. Később az Egyesült Államokban részt vett az atombombatervben. 1945-ben visszatért hazájába. Halála után intézetének vezetését fia, *Aage Bohr* vette át.

A Bohr-féle kvantumelmélet alapgondolata az 1913-ban, a *Philosophical Magazine*-ban megjelent *On the Constitution of Atomes and Molecules* című cikke tartalmazza. 1915–1922 közötti időszak a Bohr–Sommerfeld-modell kidolgozása; 1916: a Bohr-féle korrespondenciaelv. A kvantummechanika fizikai hátterének és filozófiai értelmezésének tisztázásában *Bohr*nak oroszlánrésze volt (Bohr-féle komplementaritás elve; a koppenhágai értelmezés). 1936–1943: magfizikai kutatások [cseppmodell, magreakciók elmélete összetett (compound) magmodell, a hasadás elmélete].

*Bohr* egyénisége egyedülálló szerepet biztosított számára: Koppenhága a húszas évektől kezdve az elméleti fizika Mekkája lett; minden elméleti fizikus vágya, hogy legalább életében egyszer – ha rövid időre is – vendége és tagja lehessen a *Bohr* családnak.

**A fénykvantum fogalmának kialakulásával kezdetét veszi a kvantumelmélet kiépítése. Az elmélet első sikereit az atom szerkezetének megértésében érte el.**

1. Posztulátum:

Az atomban az elektronok csak meghatározott energiájú állapotokban tartózkodhatnak stacionáriusan (időben nem változó módon). Ekkor nem sugároznak.

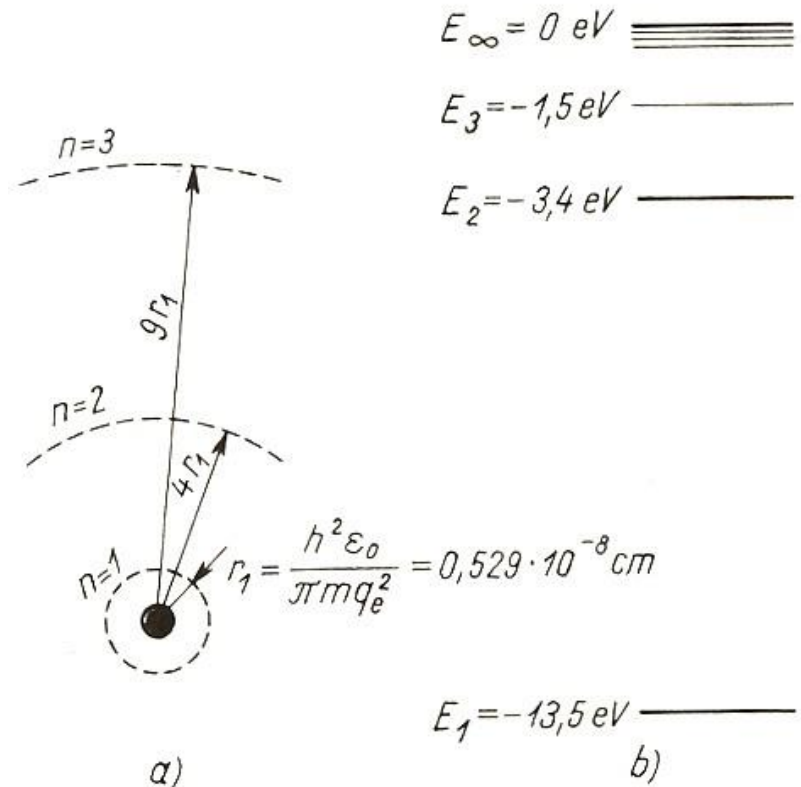
2. Posztulátum:

Az elektronok akkor sugároznak, amikor az egyik stacionárius állapotból átugranak a másikra.

A sugárzás  $f$  frekvenciája kiszámítható:  $\Delta E = h \cdot f$ , ahol  $h$  a Planck-állandó. Ez a *frekvencia-feltétel*.

3. Bohr-féle kvantumfeltétel

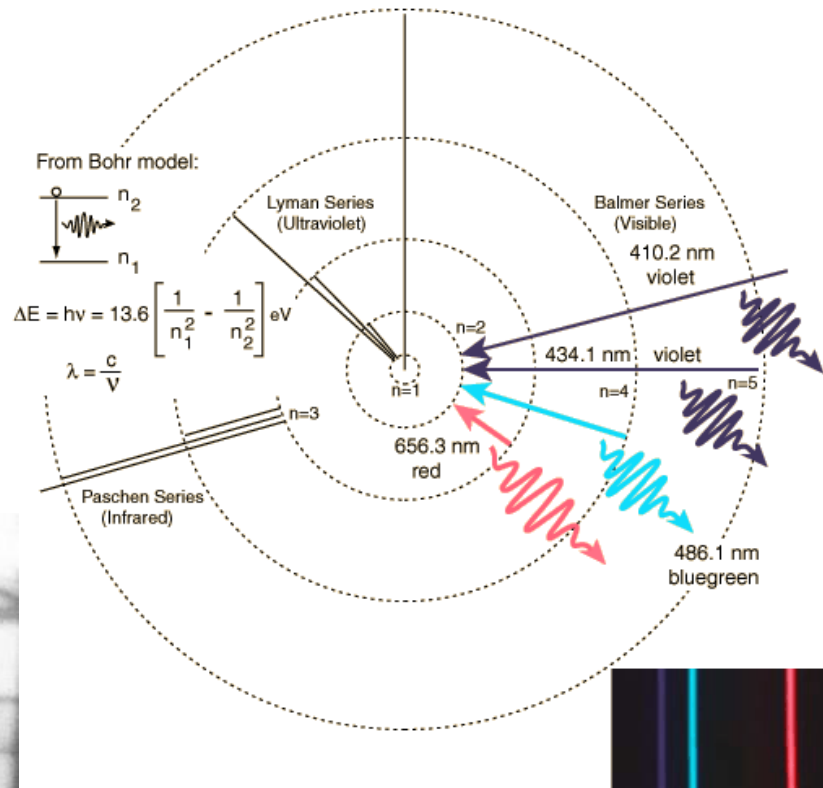
$$L_{e^-} = n\hbar, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}, \quad n = 1, 2, \dots$$

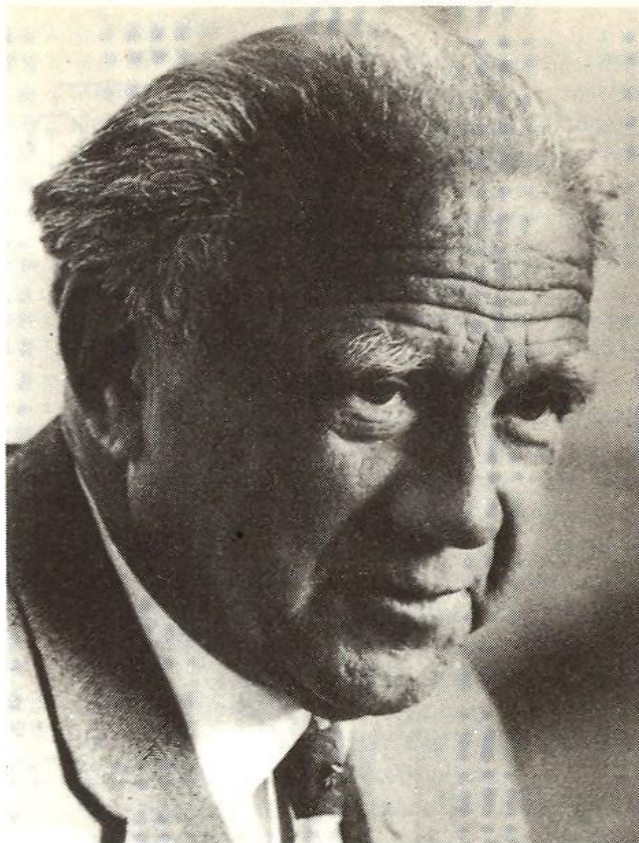


5.3–9 ábra

A diszkrét energiaszintek és a megengedett pályák közötti kapcsolat a Bohr-modellben a lehető legegyszerűbb esetben, a H-atom esetében

Einstein és Bohr jóindulatú vitában álltak egymással egész életükön át





WERNER HEISENBERG (1901 – 1976) fia a neves bizantológusnak, *August Heisenberg*nek. *Sommerfeld*nél tanul Münchenben, 1923-ban doktorál a turbulens áramlásokról. 1924-ben magántanár, *Born* asszisztenseként Göttingenben dolgozik. 1927-ben Lipcsében tanár, majd 1937-ben Münchenben *Sommerfeld* utódja. A háború alatt a láncreakció megvalósításán dolgozik, majd rövid ideig tartó internálás után mint a Max Planck intézet igazgatója előbb Göttingenben, majd 1956-tól Münchenben kutatott és tanított. Munkásságának kronológiája: 1925: *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*; 1927: Heisenberg-féle határozatlansági reláció; 1927: a ferromágnesség elmélete; 1932: az atommag neutronelmélete; 1940: a magreaktorok elmélete; 1956-tól az elemi részek egységes elmélete; bár ezen a téren sem volt munkássága eredménytelen, a kitűzött célt nem sikerült megvalósítania.

Heisenber?

Heisenberg: a nem mérhető dolgokat (pl. az atomi pályák alakja) ki kell szedni az elméletből.

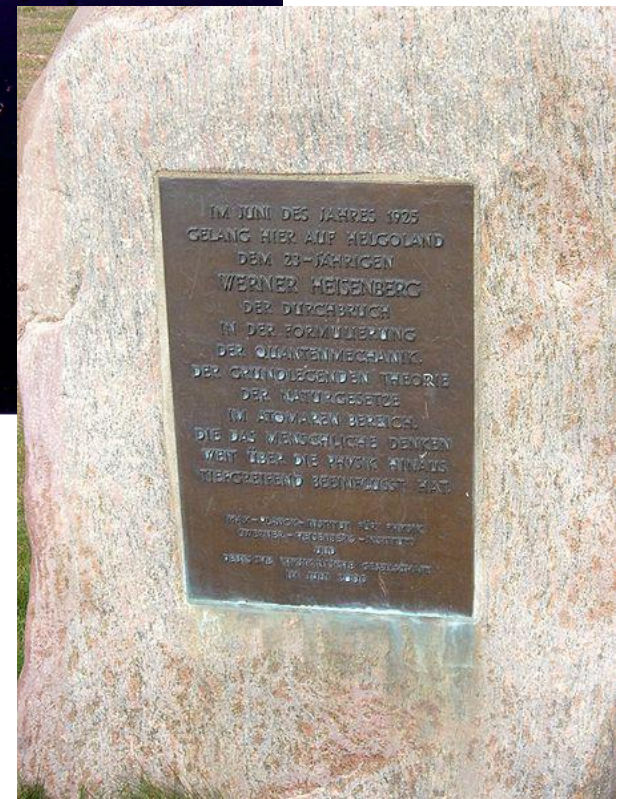
Az elméletben csak a mérhető mennyiségek (az ezekből alkotott mátrixok) szerepelhetnek (mátrixmechanika).

Határozatlansági reláció: az összetartozó (konjugált) mennyiségek egyszerre nem mérhetők tetszőleges pontossággal.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

ahol  $\Delta$  a kérdéses mennyiség mérési bizonytalansága.

Helgoland (Heligoland) szigete: ahol Heisenberg a mátrixmechanikát kidolgozta





## 5.3—19 ábra

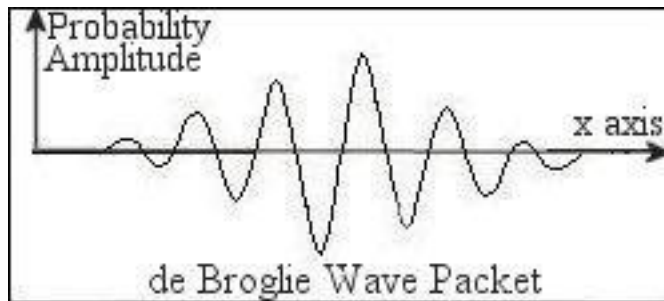
LOUIS VICTOR PRINCE DE BROGLIE (1892—) a Sorbonne-on tanult, és eredetileg, a családi hagyományoknak megfelelően, közéleti pályára készülve történelemmel foglalkozott. Először bábja, *Maurice de Broglie* hatására — aki a családi kastélyban magánlaboratóriumot rendezett be — fordult érdeklődése a fizika felé (l. az alább következő idézetet). Az első világháború alatt a híradástechnika hadi alkalmazásával foglalkozott. 1924-ben nyújtotta be doktori disszertációját *Recherches sur la Théorie des Quanta* címmel, amelyben az anyaghullámok elméletét adja. Egyes híradások szerint *Schrödinger* először — átfutva a dolgozatot — „zöltség” megjegyzéssel félretette, és csak *Langevin* unszolására vette elő és fejlesztette tovább. *De Broglie* a későbbiekben a kvantummechanika értelmezésében a konzervatív szárnyhoz csatlakozott. — Tudománytörténeti munkái is jelentősek. Alapvető dolgozatának bevezető részében is részletesen foglalkozik a történelmi előzményekkel. Az anyaghullámok kísérleti igazolására ő maga tett már javaslatot bátyja egyik munkatársának, de az mással volt elfoglalva. *Clinton Joseph Davison* amerikai fizikus a vákuumcsövek elektródáinak szekunderemissziójával foglalkozott: közönséges polikristályos nikkelelektrodán szórt elektronok szögeloszlását mérte, amidőn egy véletlen esemény (összetört a kísérleti cső, az elektróda eloxidálódott, és csak hosszas hőkezelés után tudták eltüntetni az oxidréteget) követ-



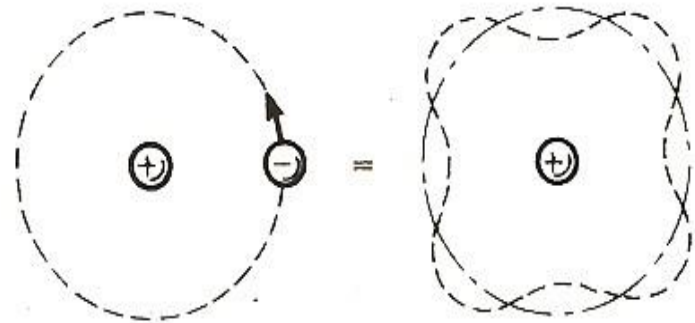
Minden részecskéhez rendelhető egy hullámcsomag (véges hosszúságú hullámvonulat), amely a részecskével együtt halad, annak eloszlását írja le.

A de Broglie-hullámhossz

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



$$r_n m v_n = n \frac{h}{2\pi} \rightarrow 2\pi r_n = n\lambda = n \frac{h}{m v_n}$$

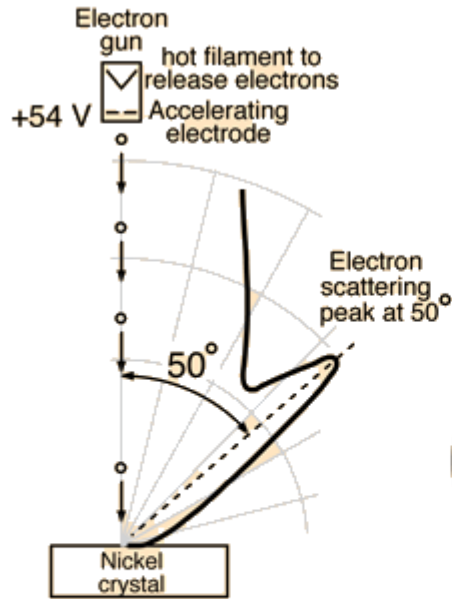


5.3—18 ábra  
A megengedett elektronpályák kiválasztási szabálya Bohr és de Broglie szerint

# Az elektron hullámtermészetének első kísérleti igazolása



Clinton Davisson  
(1881-1958)



Theory

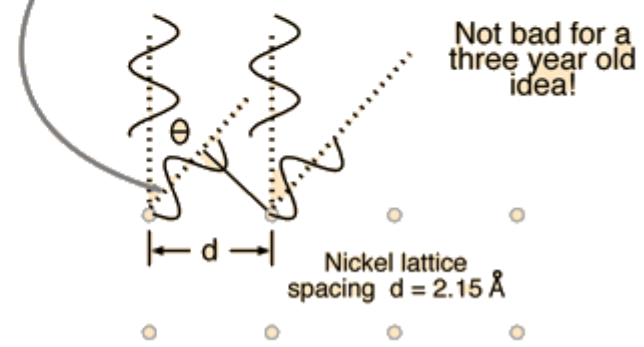
$$\lambda = \frac{h}{mv} = 1.67 \text{ \AA} \text{ for } 54 \text{ V}$$

Experiment

Pathlength difference

$$d \sin \theta = 2.15 \sin 50^\circ = \lambda = 1.65 \text{ \AA}$$

for constructive interference



1924  
de Broglie's hypothesis

1927  
Davisson-Germer experiment

1929  
Nobel Prize for de Broglie

Davisson és Germer

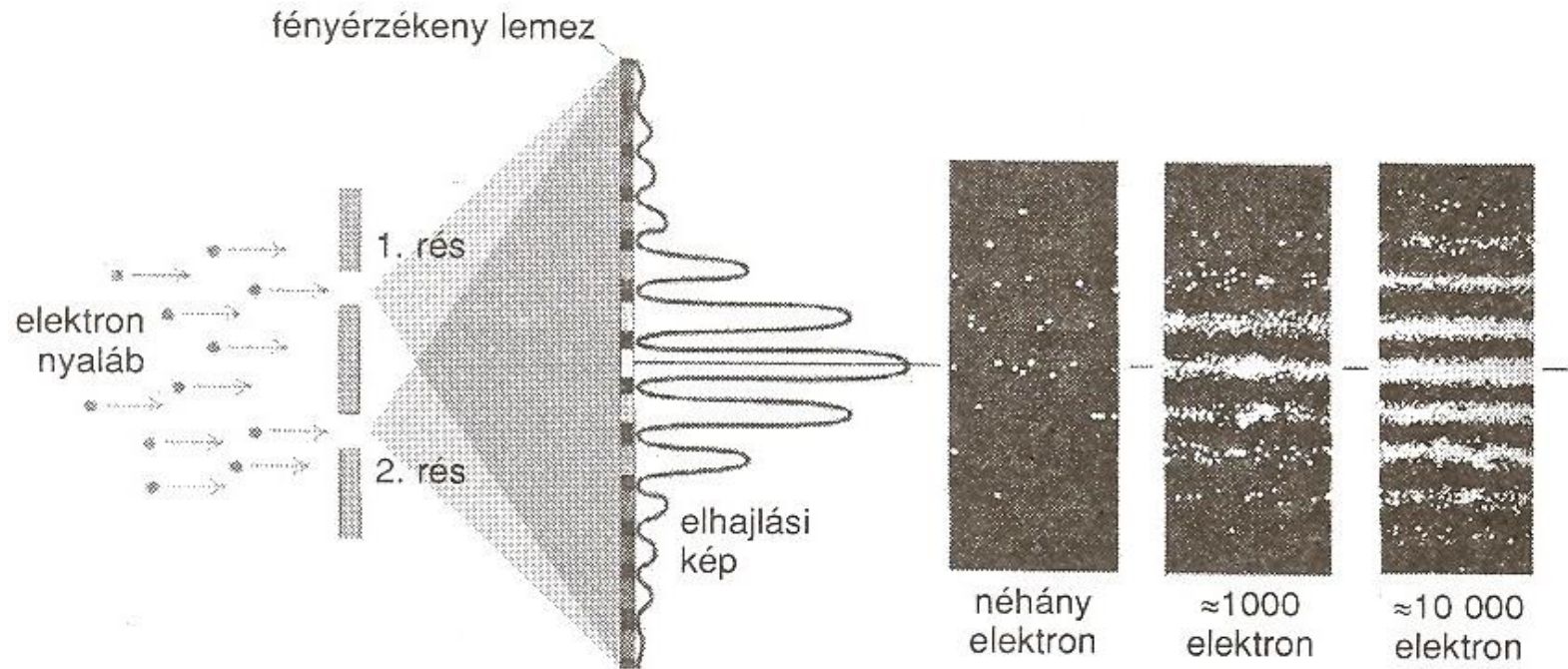
Nobel-díj Davissonnak és G.P. Thomsonnak 1937-ben

George Paget Thomson  
(1892-1975)



## Kétréses interferencia elektronokkal

(a kísérletben mindkét természet megmutatkozik: a réseken átjutáskor hullám, detektáláskor részecske)

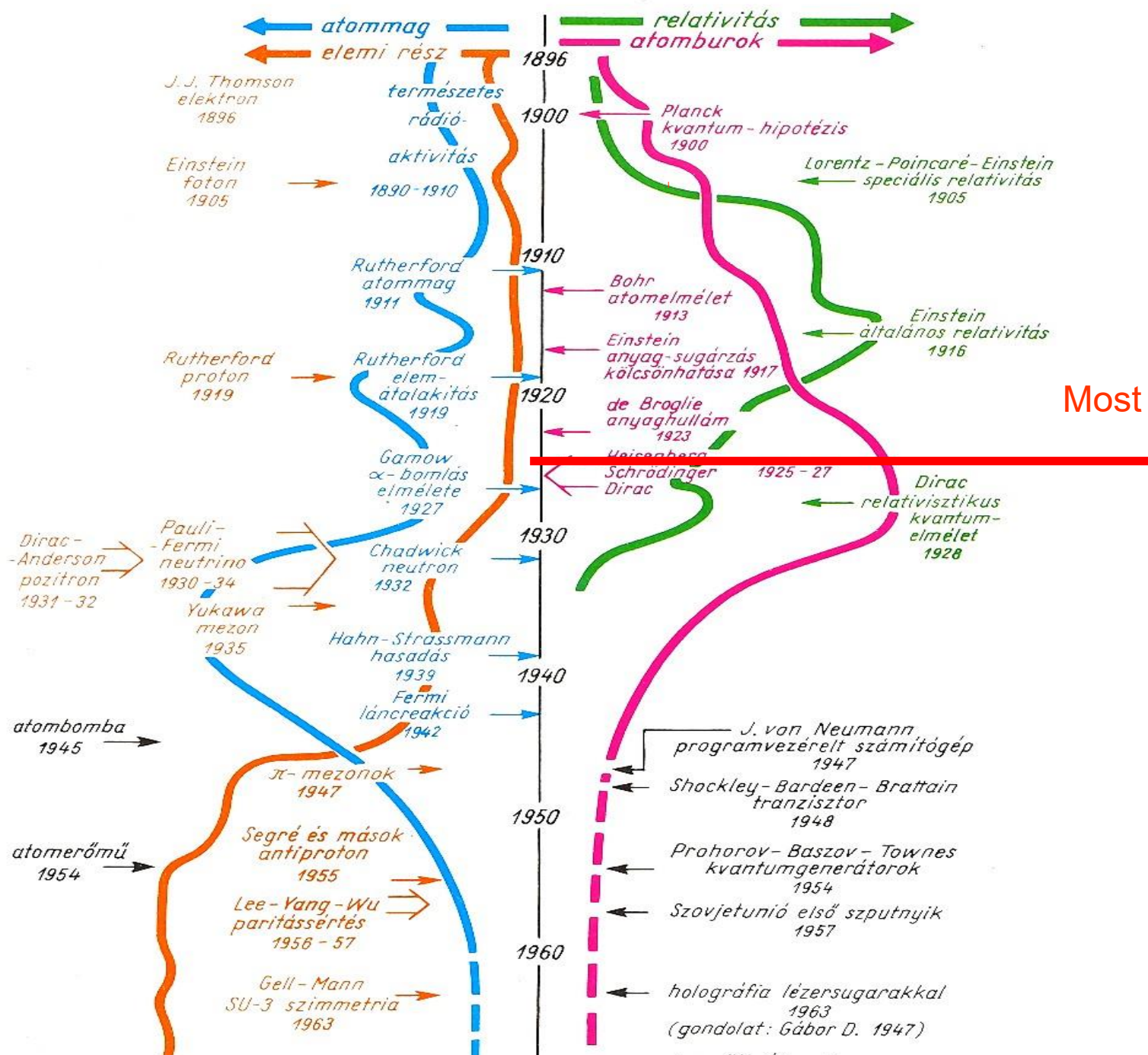


Az alábbiak közül melyik állítás nem igaz a Bohr-elméletre?

- a) Az atomban az elektronok csak meghatározott állapotokban tartózkodhatnak
- b) Az elektronok perdülete az atomban kvantált
- c) Sugárzás kibocsájtásakor az elektron magasabb energiaszintre jut
- d) Csak a H-atomra alkalmazható

Melyik állítás nem igaz Heisenbergre?

- a) Elméletében csak mérhető mennyiségek szerepelnek
- b) Kidolgozza a hullámmechanikát
- c) Felírja a határozatlansági relációt
- d) A német atombomba programban dolgozik



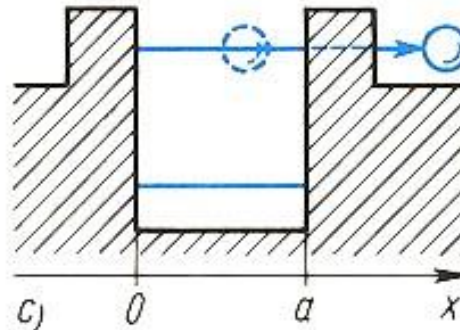
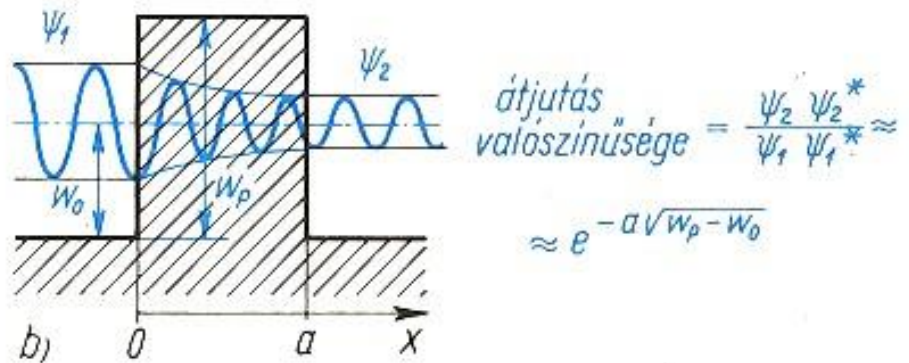
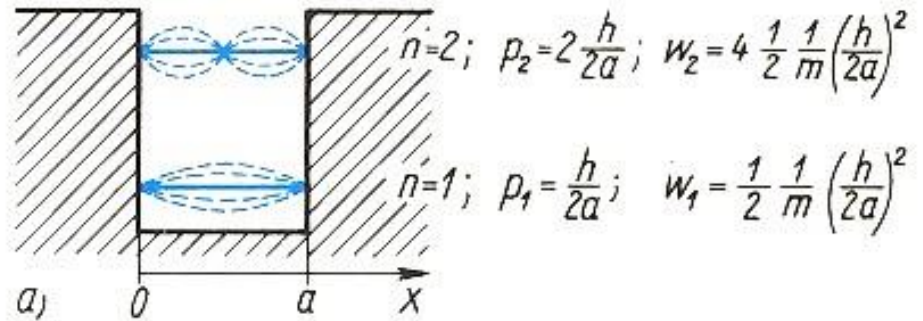


ERWIN SCHRÖDINGER (1887—1961) fizikát tanult Bécsben *Hasenöhrlnél*, 1910-ben asszisztens ugyanitt. Több német egyetemen tanított egy-egy szemeszteren át, majd 1921-től a zürichi egyetemen professzor hat évig. 1927-ben Berlinbe kapott meghívást. 1933-ban emigrált, először Oxfordba, majd visszatért Grazba (1936), ahol az „Anschluss” után elbocsátották állásából. 1939-től Dublinben (Írország) dolgozhatott nyugodt légkörben. 1956-ban tért vissza Ausztriába. *Schrödinger* tevékenységi köre igen át-fogó. Kezdetben statisztikus termodinamikával, a fajhő elméletével, a színes látással foglalkozott, és ez utóbbi területen is maradandót alkotott. A hullámmechanika alapegyenletét először relativisztikusan invariáns alakban írta fel (ma ezt Klein—Gordon-egyenletnek hívják), de rossz eredményt kapott a spektrum finom szerkezetére. Alapvető munkája: 1926: *Quantisierung als Eigenwertproblem*. 1927-től, amikor *Max Born* a hullámfüggvénynek statisztikus értelmezést adott, *Schrödinger* eltávolodott a kvantummechanika általánosan elfogadott Bohr—Heisenberg-féle felfogástól. Élete utolsó éveiben filozófiai-világnézeti témákról írt, de megjelent egy verseskötete is

Schrödinger: a részecskéhez rendelt hullám kielégíti a hullámegyenletet. Optikai analógiákkal levezette a megfelelő hullámegyenleteket.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \varphi + V \varphi = E \varphi$$

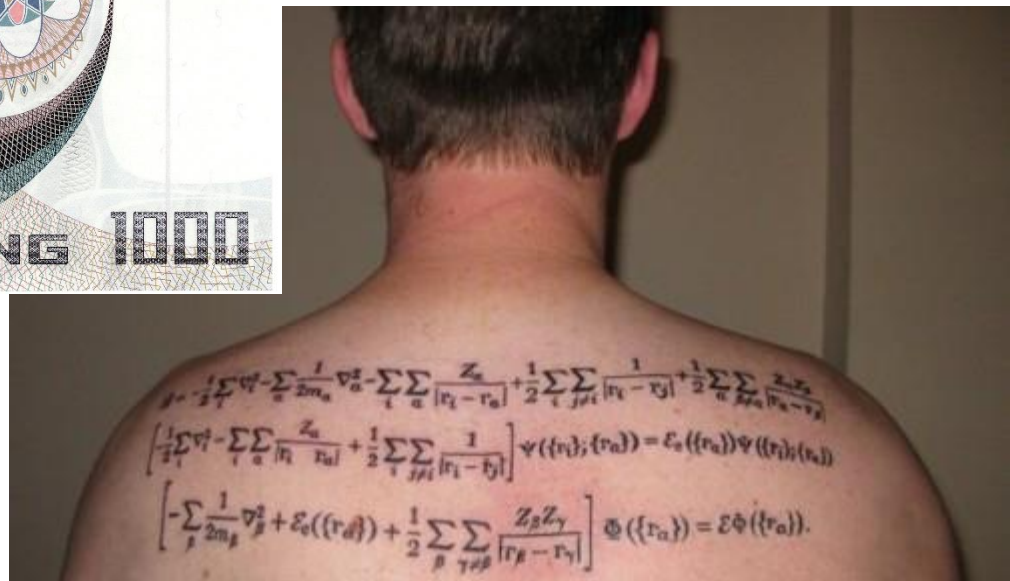
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + V \psi = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \psi}{\partial t}$$







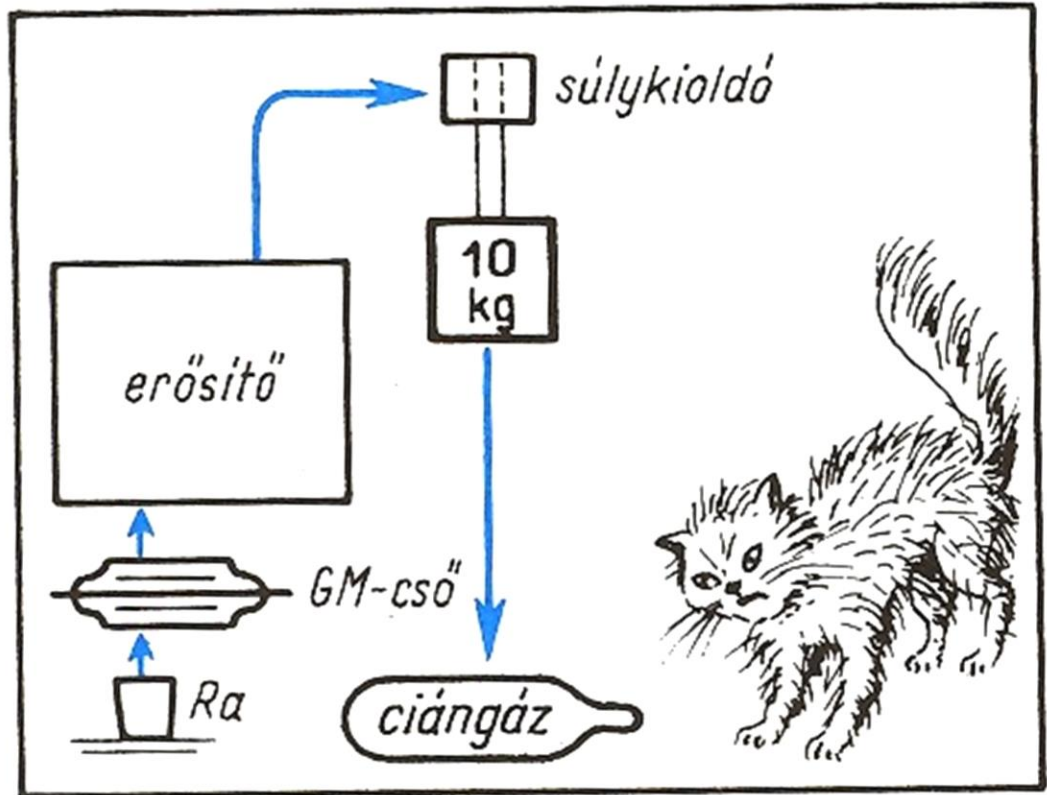
Schrödinger képe és egyenlete – másféle hordozókon.



A kevert állapotú kvantummechanikai rendszer valamelyik saját állapotába a mérés folyamán kerül. A „**Schrödinger macskája**” (elképzelt) kísérletben a radioaktív atom egy óra alatt 50 % eséllyel bomlik el. Az elbomlás hatása a macska pusztulása.

Egy óra múlva a macska az élő és holt állapot 50-50 %-os kevert állapotában lesz. Az élő vagy a holt állapotba a macska nem a bepillantás (a mérés) pillanatában kerül.

Itt valójában a „mérés” a bomlás (ez ad hírt a mag állapotáról), a többi értelmetlen „hókuszpókusz”.





## **A koppenhágai értelmezés**

Paradoxon: a kísérleteket a klasszikus fizika fogalmaival kell leírnunk, de ezek nem illenek pontosan a természetre (a mikrovilágra).

„A természet előbb van, mint az ember, de az ember előbb van, mint a természettudomány.”

A „mérőberendezés” az ahol a „megfigyelő” (a makroszkópikus világ) és a „részecske” (a mikrovilág) találkozik. A részecske a megfigyelt állapotába a mérőberendezéssel történő kölcsönhatása során kerül.

A részecske két mérés közötti viselkedésére csak valószínűségi megállapításokat tehetünk. Ennél többre elvileg sincs lehetőségünk.

Nagy számú részecske megfigyelésekor a mért relatív gyakoriság és a számított valószínűség igen nagy pontossággal egyezik.

Összefoglalva: a kvantummechanikai rendszerek jövőbeli viselkedésére csak valószínűségi megállapításokat tehetünk, azt viszont igen nagy pontossággal.



WOLFGANG PAULI (1900—1958) Sommerfeldnél tanult Münchenben, majd rövid ideig Born mellett Göttingenben, ill. Bohr mellett Koppenhágában dolgozott. 1923—28: Hamburg, 1928-tól haláláig a zürichi egyetem tagja volt. A második világháború alatt (1940—46) az Egyesült Államokban találjuk. Azon kevesek közé tartozott, akik nem vettek részt az atombomba előállításában.

Pauli Sommerfeld megbízásából már egyetemi hallgató korában megírta az *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften* számára a relativitáselméletről szóló összefoglaló cikkét, amely még ma is ezen témakör egyik legjobb összefoglalójának számít.

Pauli eredményei:

- A 4. kvantumszám (spinkvantumszám) bevezetése.
- A kizárási elv: egy atomban nem lehet két olyan elektron, amelyeknek mind a 4 kvantumszáma megegyezne.
- A kizárási elv minden „feles spinű” részecskére igaz, és a szimmetria elvekből levezethető.

-1984

PAUL ADRIEN MAURICE DIRAC (1902— ) szülővárosában, Bristolban, majd Cambridge-ben tanult; villamosmérnöknek készült, de a doktorátusát már elméleti fizikából szerezte; 1932-től professzor Cambridge-ben, ugyanazon tanszéken, amelyen *Newton* is tanított. 1926: kapcsolat a hullámfüggvény szimmetriatulajdonsága és a statisztika között; 1926–27: a kvantummechanika Dirac-formalizmusa; 1927: térkvantálás – második kvantálás; 1928: relativisztikus hullámegyenlet; 1948: mágneses monopólus.



A mátrixmechanika és a hullámmechanika egyesítése

Az elektron relativisztikus egyenlete

A pozitron létének elméleti levezetése

(Wigner Jenő sógora)



Sokak szerint ő a valaha élt legokosabb magyar!

**NEUMANN JÁNOS (1903—1957)** Budapesten született. Egyetemi tanulmányait Berlinben, majd Zürichben végezte, itt szerzett kémikusi (mérnöki) diplomát 1926-ban. Még ugyanezen évben Budapesten doktorált matematikából 1926—30: magántanár Berlinben és Hamburgban. 1930-tól haláláig Princetonban professzor. Részt vett az atombombaprogramban a háború alatt és a hidrogénbomba megvalósításában a háború után.

A kvantummechanikával kapcsolatos munkáit a *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik* (1932) című könyvében foglalja össze. A fizikával, általánosabban az alkalmazott matematikával foglalkozó cikkei igen széles területet ölelnek át: statisztikus fizika, az ergodhipotézis pontos fogalmazása és bizonyítása, aero- és hidrodinamikai problémák, lökéshullámok elmélete, meteorológiai problémák, számítógépek elmélete.

A tiszta matematikához tartozó vizsgálatai a halmazelmélet, logika, topológiai csoportok, mértékelmélet körébe esnek. Külön megemlítjük az „operátorgyűrűk” vizsgálatát, amely a jelenlegi kvantumfizika egyik nagy hatótávolságú eszköze. Ehhez csatlakozik a „folytonos geometria” fogalma és vizsgálata: az operátorgyűrűkkel kapcsolatos rotációs csoport lehetővé teszi a folytonosan változó dimenziójú terek leírását.

Melyik állítás nem igaz Diracra?

- a) Egyesíti a mátrixmechanikát és a hullámmechanikát
- b) Felírja a relativisztikus hullámegyenletet.
- c) Megjósolja a pozitron létezését.
- d) Bevezeti a hatáskvantumot

Melyik állítás nem igaz Neumann Jánosra?

- a) Kidolgozza a kvantummechanika matematikai alapjait.
- b) Részt vesz az amerikai atombomba programban.
- c) Foglalkozik a számítógépek elméletével.
- d) Kidolgozza a kizárási elvet.



Párosítsuk össze a fizikusokat és a felfedezésüket!

1. Határozatlansági reláció
2. Az anyag hullámtermészete
3. Hullámmechanika
4. A kvantummechanika matematikai alapjai

- a) Neumann János
- b) Heisenberg
- c) Schrödinger
- d) de Broglie

	a	b	c	d
1		X		
2				X
3			X	
4	X			

## **A kauzalitás problémája**

Kauzalitás: azonos okok azonos tárgyakon azonos hatást hoznak létre.

A kauzalításban sok filozófia hisz, például a Newton-i is. Tömegpontra ez teljesül is, de a tömegpont egy absztrakció.

### ***A valóságos tárgyakra a kauzalitás nem teljesül:***

***A makroszkopikus világban*** nincsenek azonos tárgyak (a testeket alkotó igen-igen sok atom ( $\approx 6 \cdot 10^{23}$ ) valamelyike csak különbözik). A nagy számok törvénye miatt azonban látszólag mégis van kauzalitás.

**A makroszkopikusan azonosnak tűnő tárgyak azonos okok hatására azonosnak tűnő módon viselkednek.**

***A mikrovilágban*** vannak pontosan egyforma tárgyak, de ezek azonos okok hatására nem azonos módon viselkednek.

**A kvantummechanikát rejtett paraméterek bevezetésével sem lehet kauzálissá tenni! (Neumann)**

## **Akik megalkották a kvantummechanikát (összefoglalás)**

1900: Planck –a hatáskvantum bevezetése

1905: Einstein –a foton fogalmának megalkotása

1913: Bohr –a H-atom leírása; koppenhágai értelmezés (1926)

    Franck és Hertz –a Bohr-elmélet kísérleti igazolása

**1926 ( $\pm 1$ év):** Heisenberg –mátrixmechanika; határozatlansági reláció

    de Broglie – az anyag hullámtermészete

    Davisson és G.P. Thomson – 1927: kísérleti igazolás

    Schrödinger – hullámmechanika

    Pauli –kizárási elv

    Dirac – mátrixmechanika és hullámmechanika egyesítése,  
    relativisztikus hullámegyenlet; a pozitron elméleti levezetése

    Born - koppenhágai értelmezés

    Neumann – a kvantummechanika matematikai alapjai, kauzalitás

Ki nem fogadta el a kvantummechanika koppenhágai értelmezését?

- a) Einstein
- b) Bohr
- c) Heisenberg
- d) Born

Ki dolgozta ki az anyag hullámtermészetének az elméletét?

- a) Einstein
- b) Bohr
- c) de Broglie
- d) Heisenberg

# Az atommagfizika története

A radioaktivitás felfedezése, 1896

A Becquerel-sztori:

- A röntgen sugárzás az anód egy fluoreszkáló pontjáról indul ki.
- Van-e ilyen kapcsolat az uránsók esetén is?
- Az uránsók valóban megfeketítik a fényképezőlemezt, de nem a fluoreszcencia miatt.
- Minden urántartalmú anyagból nagy áthatolóképességű sugárzás indul ki, minden külső behatástól függetlenül.
- Becquerel még nem tudhatta, hogy ez a sugárzás az atommagból jön.



Antoine Henri Becquerel  
1852- 1908  
Nobel-díj: 1903 (megosztva a  
Curie-házaspárral)

## A Curie-család

5.4–5 ábra

A CURIE család legismertebb tagja, *Marie Skłodowska-Curie* (1867–1934) Varsóban született, 1891-ben ment Párizsba. A Sorbonne-on fizikát és matematikát tanult. 1895-ben ment feleségül *Pierre Curie*-hez. Először *Becquerel*, majd férje asszisztenseként dolgozott. 1906-ban – férje halála után – professzorrá nevezték ki. 1898-ban férjével együtt felfedezték a polóniumot, majd a rádiumot; 1910-ben előállította a fémrádiumot. 1903-ban férjével és *Becquerellel* közösen fizikai, 1911-ben pedig őt egyedül kémiai Nobel-díjjal tüntették ki. *Pierre Curie* (1859–1906) nevéhez a radioaktivitás területén végzett vizsgálataival mellett jelentős eredmények fűződnek a piezoelektromosság (1880) és a mágneses permeabilitás hőmérsékletfüggésével kapcsolatban (*Curie-törvény*, *Curie-pont*). A *Curie* házaspár tudósi és emberi magatartása méltán állítható mintaképül minden idők fiatal tudósgenerációi számára. Lányuk, *Irène Joliot-Curie* (1897–1956) a Sorbonne-on tanult, majd a Rádium Intézetben dolgozott; 1926-ban házasodtak össze *F. Joliot*-val; munkájukat ettől kezdve általában együtt végezték. 1937-től professzor a Sorbonne-on, 1948-tól haláláig a Rádium Intézetet vezette. Férje, *Frédéric Joliot-Curie* (1900–1958) fizikát és kémiát tanult, mérnöki oklevelet szerzett. 1925-től a Rádium Intézetben dolgozott. 1935-ben a Sorbonne, majd a Collège de France professzora lett. 1932-ben feleségével együtt közel járt a neutron felfedezéséhez. 1933-ban a párteltést és az annihilációs sugárzást vizsgálták. 1934-ben felfedezték a mesterséges radioaktivitást. 1939-ben intenzíven részt vettek a hasadással kapcsolatos vizsgálatokban, és megállapították az atomenergia nagybani felszabadításának lehetőségét. Élénk közéleti tevékenységet fejtett ki: részt vett az ellenállási mozgalomban; a Béke-világtanács elnöke volt





Marie Skłodowska-Curie 1867-1934

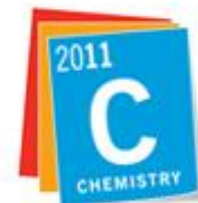
Nobel-díj: 1903, 1911 (kémiai)



Pierre Curie 1859-1906

1903

*P Curie*



International Year of  
**CHEMISTRY**  
2011

**Marie Curie valószínűleg a legismertebb tudós nő a világon:**

- képük lengyel és francia pénzeken
- A kémia világéve M. Curie kémiai Nobel-díjának 100. évf.



- Sírjuk 1995-ben a Pantheonba került





A „gyerekek”:

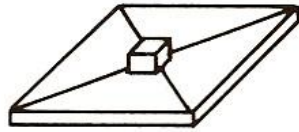
Irene Joliot-Curie

1897-1956

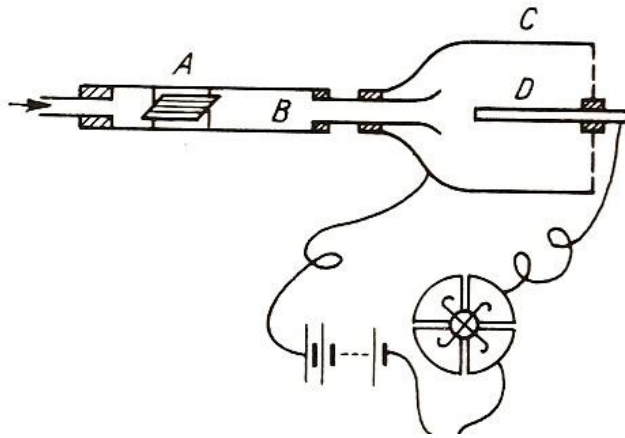
Frederic Joliot-Curie

1900-1958

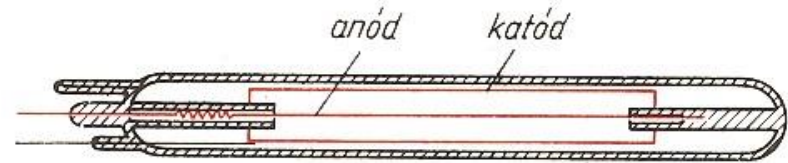
Nobel díj: 1935  
(kémiai)



a)

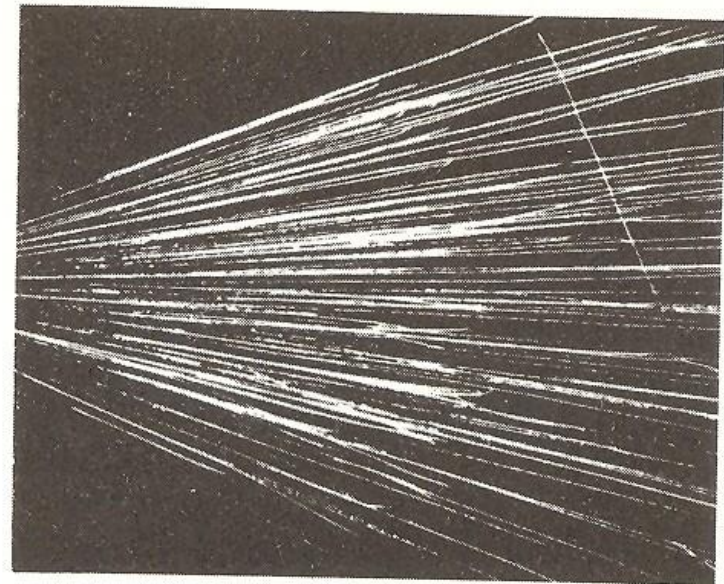


A radioaktivitás kutatásának eszközei a hőskorban: fényképezőlemez, ionizációs kamra, GM-cső, ködkamra



5.4–13 ábra

A Geiger – Müller-számlálóső. Az anód és katód közé ezer ezer volt nagyságrendű feszültséget kapcsolva egy részecske áthaladásakor fellépő ionizáció már elég ahhoz, hogy átütés jöjjön létre, és ezzel jelezze a részecskét



5.4–14 ábra

Wilson-kamra-felvétel az első mesterséges elemátalakításról



A Fizikai Intézet nagyfelületű diffúziós ködkamrája

A vastag egyenes vonalak alfa részecskék nyomai, a vékony cikkcakkos vonalak elektronok nyomai

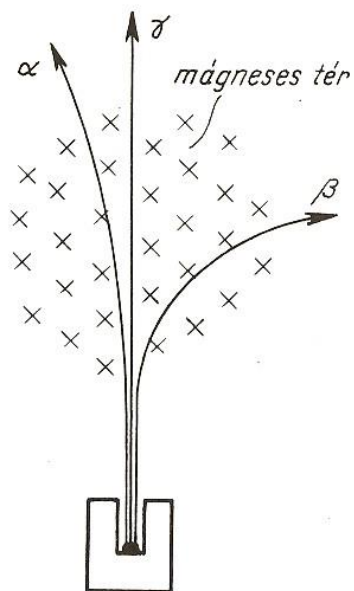


Az alábbiak közül ki kapott fizikai és kémiai Nobel-díjat is?

- a) Marie Curie
- b) Pierre Curie
- c) Frederic Joliot-Curie
- d) Irene Joliot-Curie

Melyik felfedezés nem a Curie család tagjaitól származik?

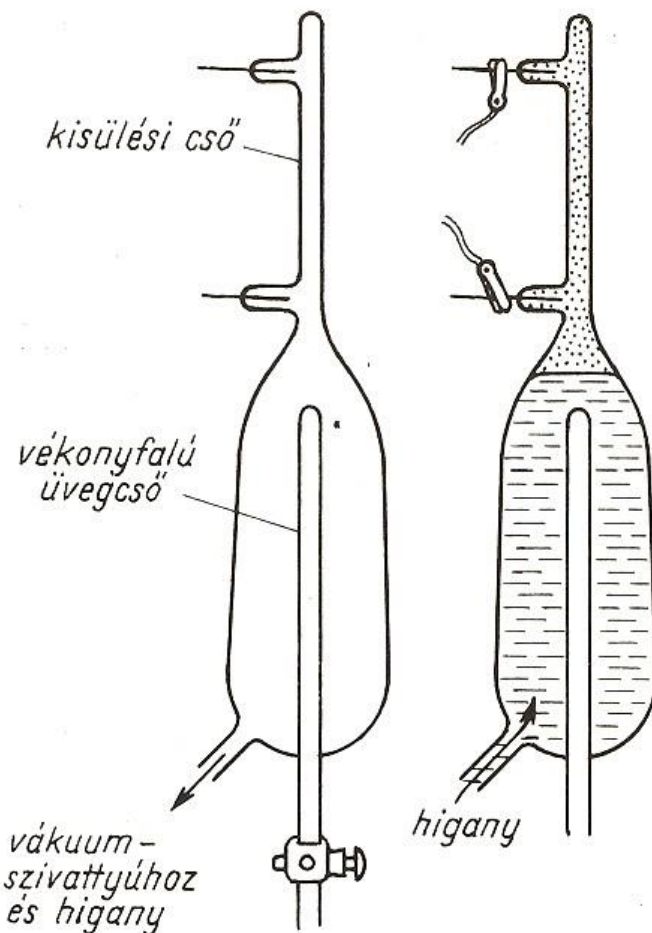
- a) a polónium felfedezése
- b) a rádium felfedezése
- c) az alfa sugárzás felfedezése
- d) a mesterséges radioaktivitás felfedezése



5.4–7 ábra  
Rutherford és Villard megállapította, hogy a radioaktív anyagok három különböző áthatoló-képességű sugárzást bocsátanak ki

- $\beta$ -sugár =  $\ominus$  (elektron)
- $\alpha$ -sugár =  $\oplus\oplus$  (héliumatom magja)
- $\gamma$ -sugár =  $\sim$  (foton)

5.4–8 ábra  
A XX. század első évtizedében tisztázták a radioaktív anyagokból kijövő sugárzás természetét



5.4–9 ábra  
Rutherford legmeggyőzőbb kísérlete, hogy az  $\alpha$ -részecskék valóban a héliumatom magjai. A vékonyfalú üvegcsőben elhelyezett radioaktív anyag által kibocsátott  $\alpha$ -részecskék, átjutva a falon, a külső edényben összegyűjthetők, majd a kisülési csőbe sűrítethetők. A kisülés színképét vizsgálva megállapítható a He jelenléte

**1902-ben Soddy és Rutherford igazolták, hogy a sugárzás atomátalakulással jár együtt.**

Megfogalmazták a radioaktív bomlás exponenciális törvényét, bevezették a felezési idő fogalmát.

1903-ban Soddy igazolta spektrumanalízis segítségével, hogy a radon bomlásának végterméke hélium (de még nem hozta összefüggésbe az alfa-részecskével).

Rutherforddal közösen kimondták, hogy a radioaktivitás nem más, mint az elem atomjainak önmaguktól való átalakulása, (ami csak és kizárólag statisztikusan értelmezhető, de nagyszámú atomok megfigyelése estén már egyértelmű törvénybe rögzíthető).

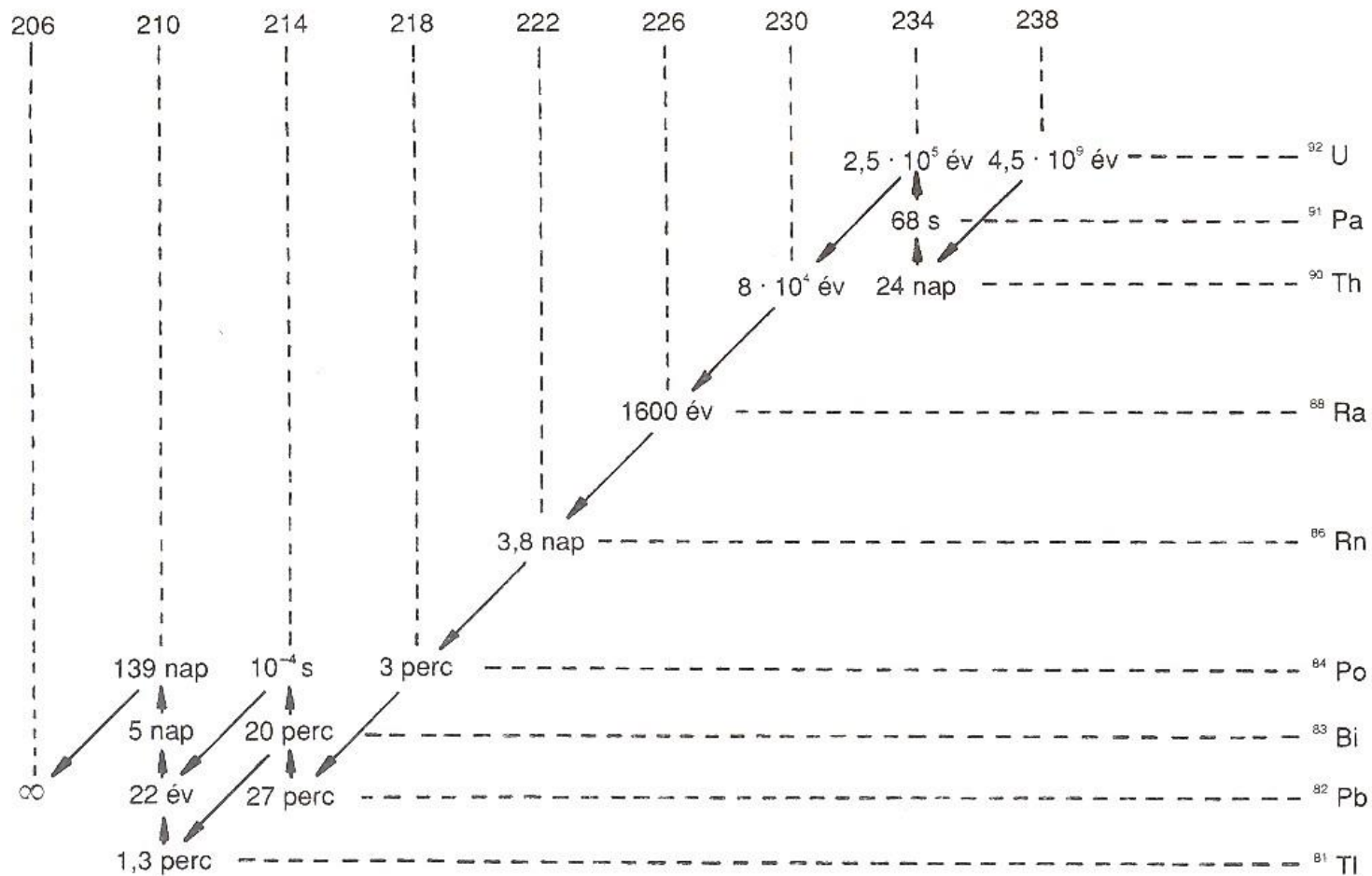


Frederic Soddy

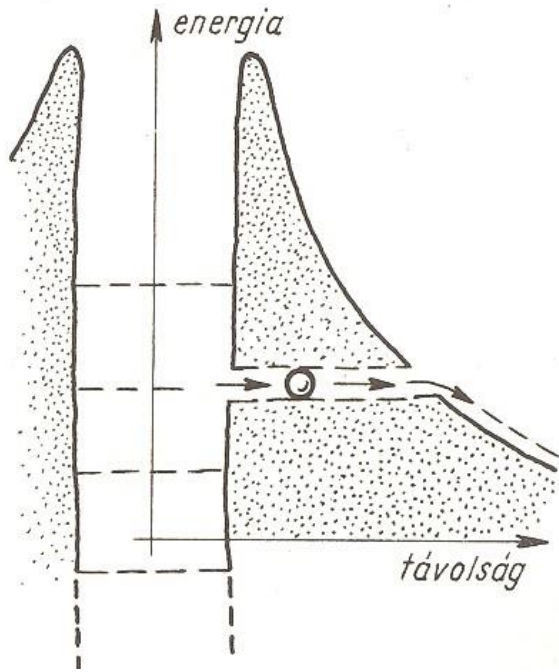
1877-1956

Nobel-díj: 1921  
(kémiai)

30.2 táblázat. A különböző radioaktív bomlási sorok

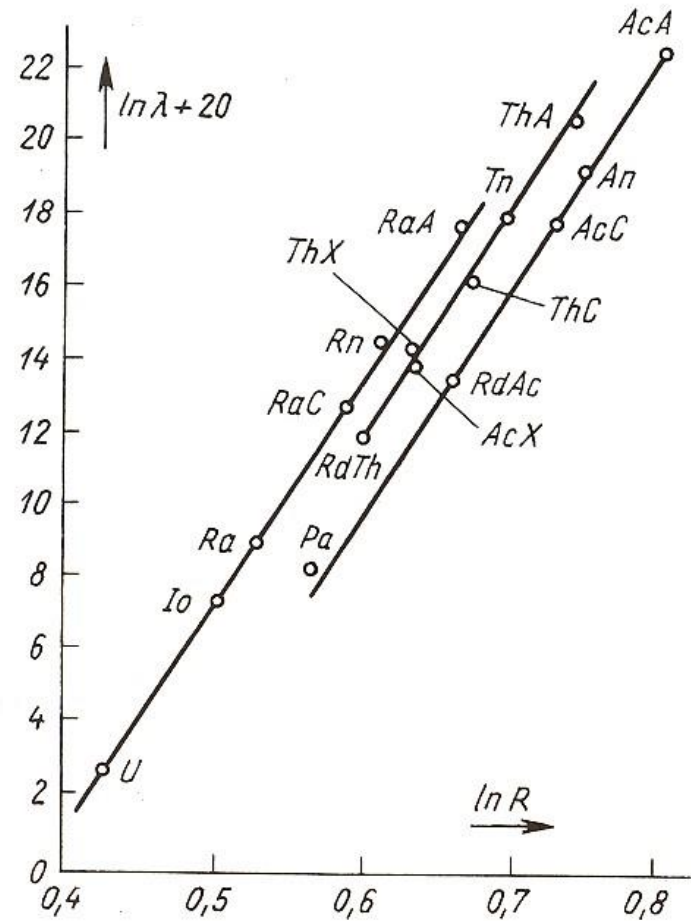


30.5 ábra. Az urán-rádium bomlási sorozat



A kvantummechanika a magjelenségekre is alkalmazható:

Az alfa-bomlás magyarázata alagúteffektussal (Gamow, 1928)



$\lambda$  a bomlási állandó (az átlagos élettartam reciproka)

$R$  a hatótávolság

5.4–16 ábra

A Geiger – Nuttal-szabály



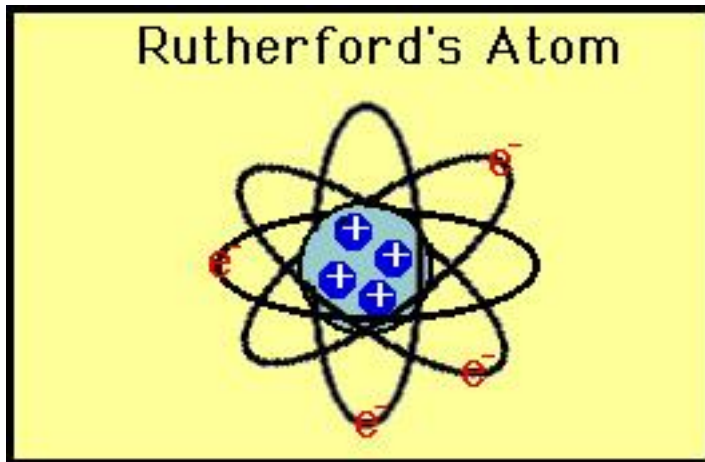
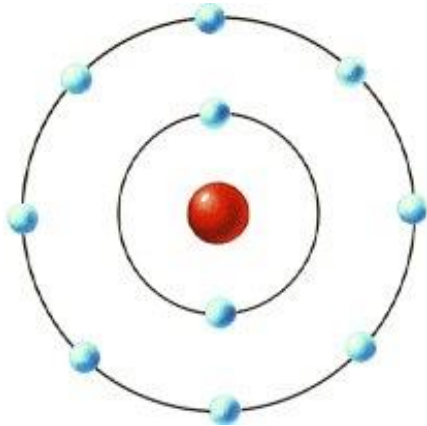
Válasszuk ki a hamis állítást!

- a) a polóniumot Lengyelországban fedezték fel
- b) a rádiumot a Curie házaspár fedezte fel
- c) az alfa és béta sugárzást Rutherford fedezte fel
- d) az alfa bomlás elméletét Gamow alkotta meg

Válasszuk ki az igaz állítást! Az alfa bomlás során...

- a) az atommagból elektron távozik
- b) a rendszám kettővel nő
- c) hélium keletkezik
- d) nincs elemátalakulás

# Ismétlés



## A Rutherford-féle atommodell (1911)

Az atom tömegének nagy része ( $> 99,9\%$ ) igen kis térfogatban van (az atom térfogatának kevesebb mint egymilliomod részében).

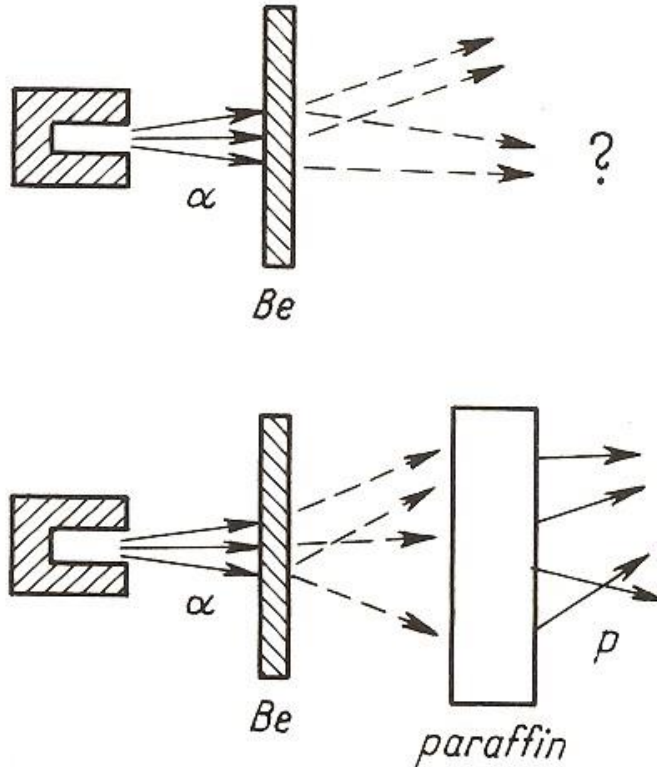
Ezt a pozitív töltésű kis részt nevezzük atommagnak.

Az elektronok az atommag körül „bolygók módjára” keringenek. A körpályán a Coulomb-erő tartja őket.

**Kezdetől fogva láthatók a hiányosságai:**

- Csak meghatározott körpályák vannak, miért?
- A keringő elektron miért nem sugároz?

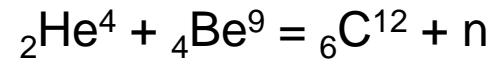
Az atommagra (és Rutherfordra) még visszatérünk!!!



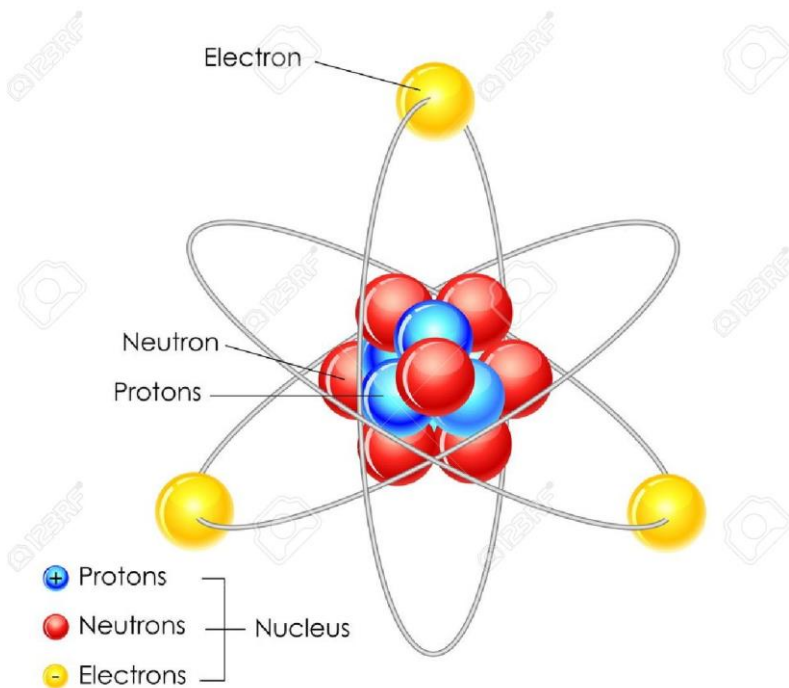
5.4–17 ábra  
Bothe, valamint a Joliot-Curie házaspár kísérletének sémája

Rutherford sejtése,  
Chadwick mérése:

**a neutron** (1932)



A laboratóriumi  
neutronforrások ma is  
ezzel a reakcióval  
működnek



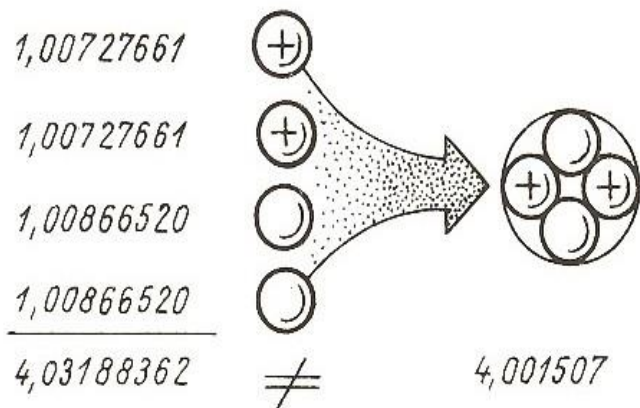
<i>proton</i>	<i>neutron</i>	<i>elektron</i>
$\oplus$	$\ominus$	$\ominus$
	<i>m : tömeg</i>	
	(u)	
1,00727661	1,00866520	$5,485930 \cdot 10^{-4}$
	(kg)	
$1,672614 \cdot 10^{-27}$	$1,674920 \cdot 10^{-27}$	$9,109558 \cdot 10^{-31}$
	<i>e : töltés</i>	
	(As)	
$+1,602191 \cdot 10^{-19}$	0	$-1,6021917 \cdot 10^{-19}$
	<i>s : spin</i>	
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	<i>mágneses nyomaték</i>	
2,79255	-1,91315	1
<i>magmagneton</i>	<i>magmagneton</i>	<i>Bohr-magneton</i>

## Az anyag építőkövei 1932-től:

**Protonok** (Z db) és **neutronok** (N=A-Z) az atommagban

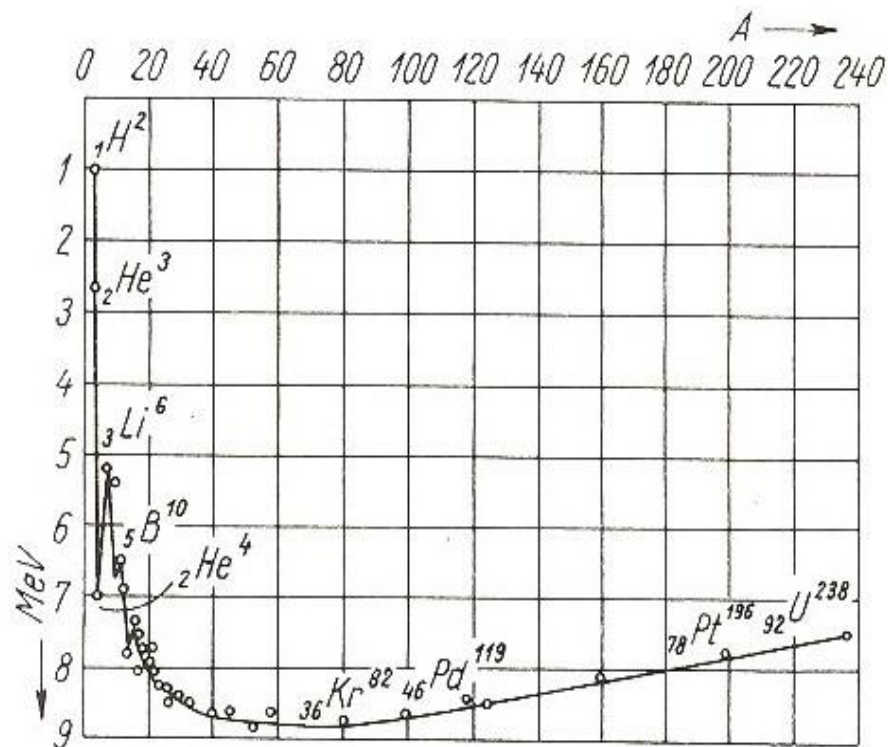
**Elektronok** (Z db) körülötte

*És persze ne feledkezzünk meg a fotonról sem, de az nem építőkö*



$$\Delta m = 0,0303766 = 28,298 \text{ MeV}$$

$$\frac{\Delta m}{A} = \frac{28,298}{4} = 7,074 \text{ MeV}$$



A tömegdefektus és a kötési energia között szoros kapcsolat van

$$\Delta E = |\Delta m|c^2$$

5.4–20 b ábra

Az egy nukleonra eső kötési energia menete

Válasszuk ki a hamis állítást!

- a) a proton és a neutron tömege csak 1-2 ezrelékkal tér el
- b) a proton és az elektron töltésének nagysága pontosan megegyezik
- c) az atommagok tömege kisebb, mint a benne lévő nukleonok össztömege
- d) az egy nukleonra jutó kötési energia arányos a rendszámmal

Párosítsuk össze a fizikusokat és a felfedezésüket!

- 1) Radioaktivitás felfedezése
- 2) Az atommag felfedezése
- 3) Az elektron felfedezése
- 4) A neutron felfedezése

- a) Rutherford
- b) J. J. Thomson
- c) Becquerel
- d) Chadwick

	a	b	c	d
1			X	
2	X			
3		X		
4				X

## Mi történt a neutron felfedezése után?

### **Szilárd Leó: a láncreakció gondolata.**

Ha létezik olyan atommag reakció, amelyben egy neutron hatására több mint egy neutron keletkezik, akkor láncreakció mehet végbe, mert a neutron akadálytalanul bejut az atommagba (ebben alapvetően különbözik a protontól).



### **Szilárd Leó 1898 – 1964**

1919-ben elhagyta Magyarországot.

1927 decemberében Einsteinnel közösen megtette mozgóalkatrész nélküli hűtőszekrényre szabadalmi bejelentését.

1934-ben kigondolta a nukleáris láncreakció elvét és bevezette a kritikus tömeg fogalmát.

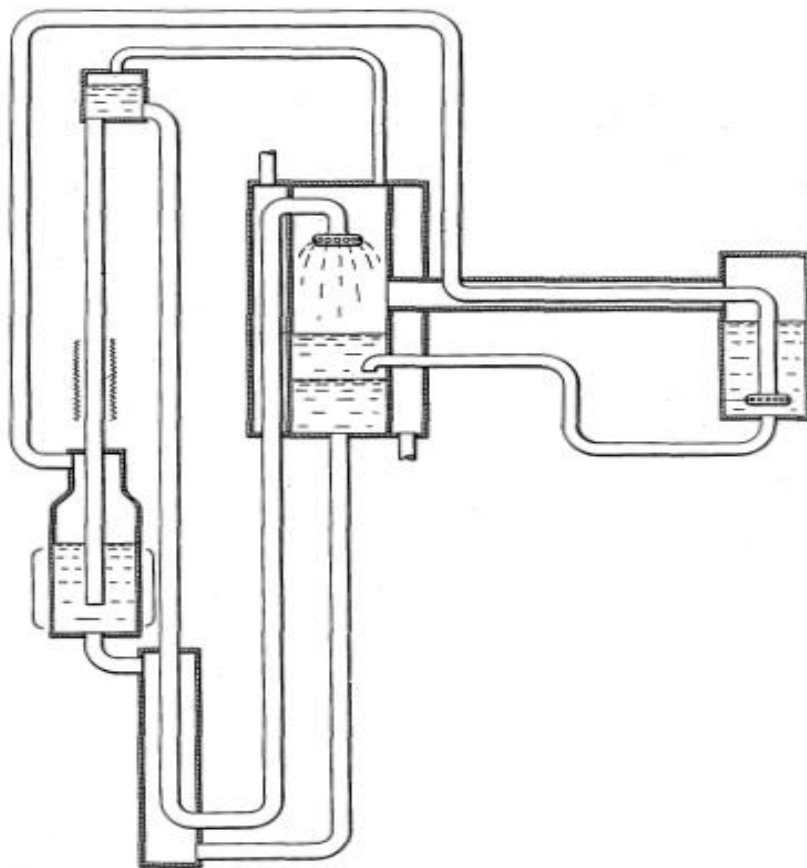
1938-ban Angliából az USA-ba költözött. Részt vett az amerikai atombomba-kutatásban.

1940-ben leírta az inhomogén elrendezésű urán-grafit rendszerű reaktort.

1943-ban amerikai állampolgárságot kapott.

1944-ben javasolja az atomenergia nemzetközi ellenőrzését.





## *Einstein Refrigerator*

*Patent number US1781541 -- November 11, 1930*

*Albert Einstein  
Leo Szilard*

Több típust is szabadalmaztattak, de egyik sem terjedt el.

Ma az tűnik a legígéretesebbnek, amelyik mozgó alkatrészt nem tartalmaz, elektromosságot nem feltétlenül igényel, energiaforrása a napsugárzás, vagy egy gázégő.

Itt járunk

