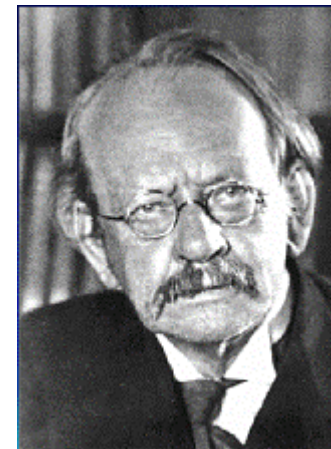


Az elektron felfedezése

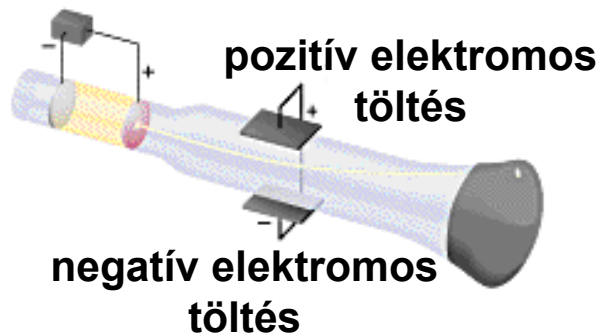
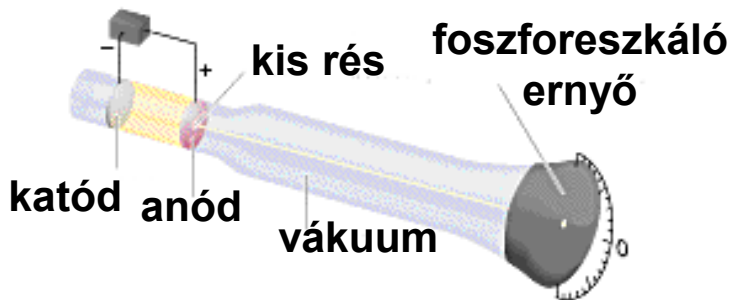
A katódsugárcső végét foszforeszkáló anyaggal vonják be. Ha ezt eltalálja a katódsugár, akkor ezen a helyen zöldesen világít.



Joseph J. Thomson
(1856 – 1940)
fizikai Nobel-díj: 1906

feszültségforrás

Elektromos térben a katódsugár **eltérül**
⇒ **töltéssel rendelkező részecskék**



Mágneses térben is eltérül ⇒

Newton II: $F=ma$
Lorentz: $F=qv \times B$

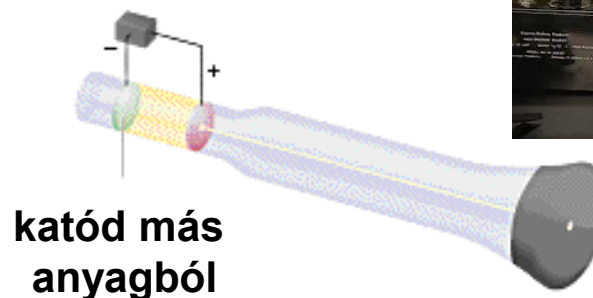
$$a = (q/m)v \times B$$

a: oldalirányú gyorsulás

mágnes

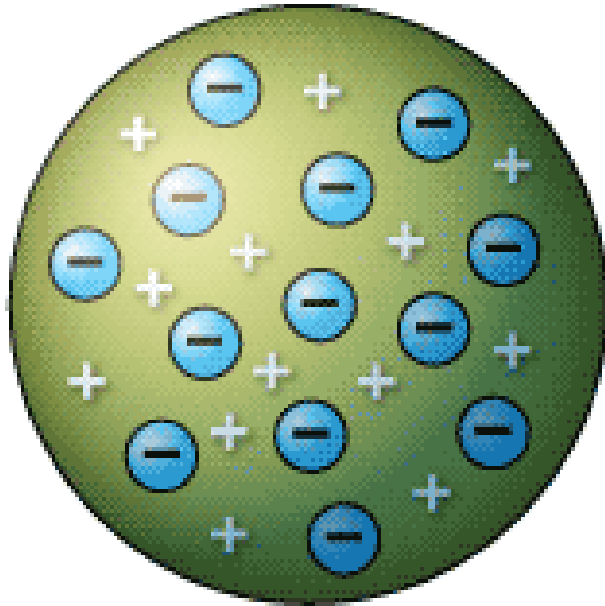
(ezzel arányos az eltérülés mértéke, amit meg lehet mérni)

$$m/q = 5,686 \cdot 10^{-12} \text{ kg/C}$$



Az útvonal **elektród anyagától független**
⇒ **mindig ugyanaz a részecske lép ki**

Thomson-féle atommodell



© 2006 Weisch & Partner, Tübingen
scientific multimedia

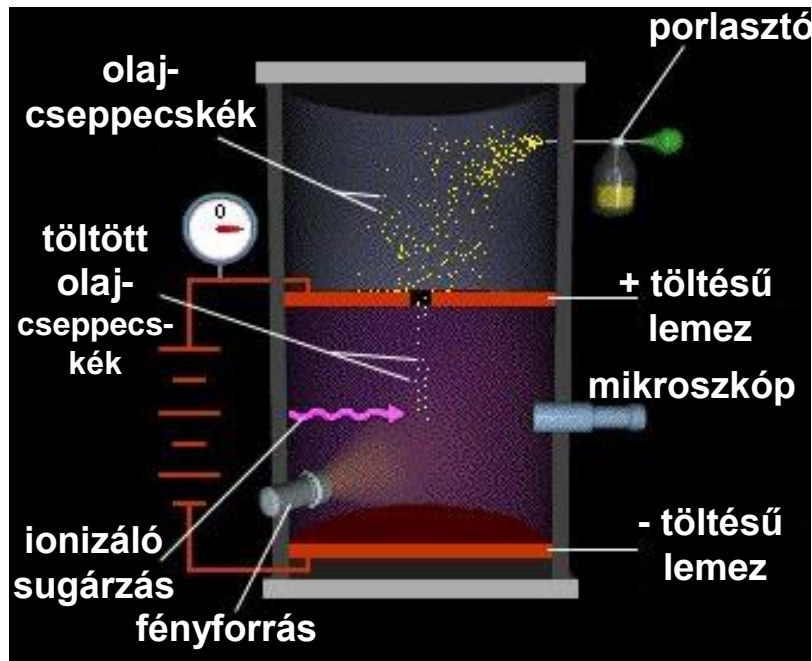
Az atom egy pozitív töltésű gömb, amelyben elszórva a pozitív töltéssel azonos mennyiségű negatív töltések találhatóak kis részecske, elektron formájában („mazsolás puding”-modell)



Az elektron töltése és tömege

1909. Millikan: $e=1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Robert Andrews Millikan (1868 – 1953) Nobel-díj: 1923



Ha a gravitációs erő megegyezik a Coulomb erővel, akkor a részecskék lebegnek. A Coulomb erő arányos a lemezek és a cseppecskék töltésével, így a cseppecskék tömegének és a lemezek töltésének ismeretében az elektron töltése=cseppecske töltése) meghatározható.

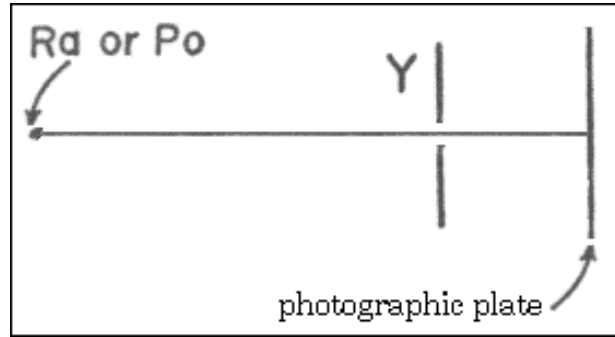
Az atommag

Röntgen felfedezése után...

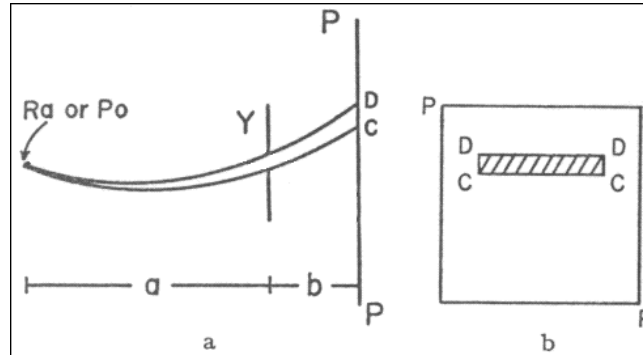


Antoine Henri Becquerel
(1852 – 1908)

Radioaktív sugárzás felfedezése,
Nobel-díj: 1903



külső tér nélkül



α -részecskék: pozitív töltés (He^{2+} , pl. ^{238}U)
 β -részecskék: negatív töltés (e^- , pl. ^{40}K)



Ernest Rutherford
(1871 – 1937)
Nobel-díj: 1908

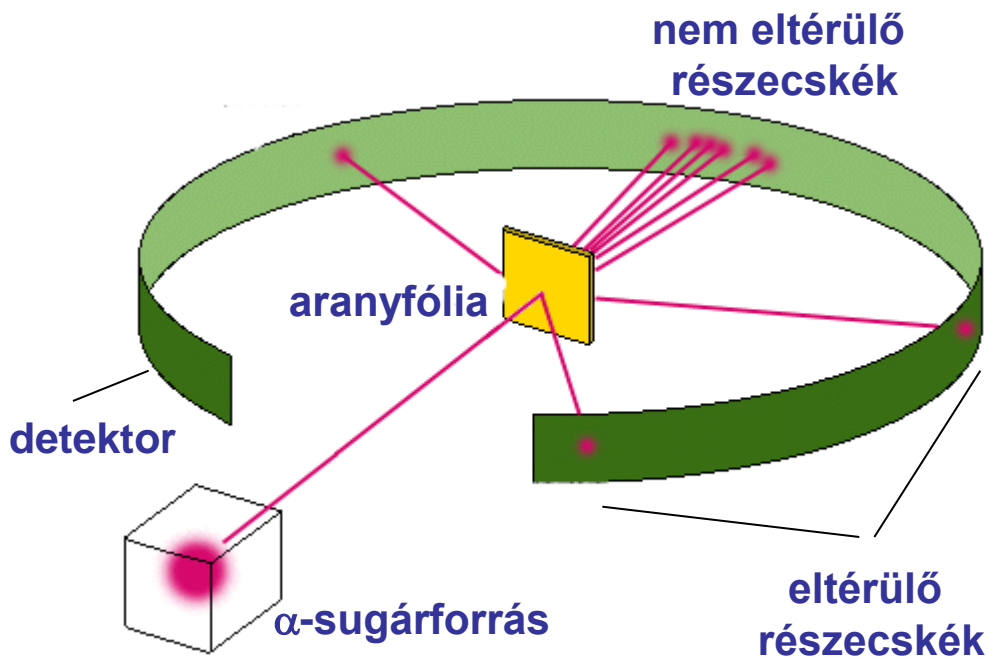
mágneses térben
eltérülnek



töltéssel rendelkeznek

Rutherford-féle atommodell

Rutherford, Geiger és Marsden kísérlete



pozitív töltésű
atommag



negatív töltésű
elektronok
pályákon

Ha egyenletesen oszlana el a pozitív töltés
(lásd Thompson-féle modell), akkor nem
lennének eltérülő α -részecskék



Pozitív töltés koncentrálódik

Nyitott kérdések:

- Mi tartja össze az atomokat?
- Miért változnak periodikusan az elemek tulajdonságai?

Az atommag

- 1919. Rutherford

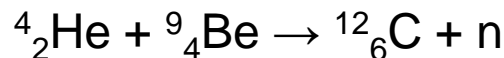


első megfigyelt atommag-reakció \Rightarrow

p^+ - univerzális építőelem

Hogy kapcsolódnak egymáshoz az azonos töltésű protonok?

- 1932. James Chadwick neutron (n) kimutatása, azonosítása



„Elemi részecske”

tömeg

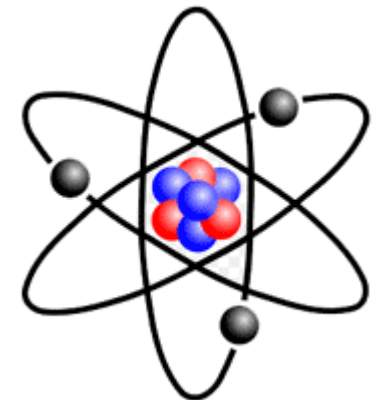
e^- :	$9,10953 \cdot 10^{-31}$ kg
p^+ :	$1,67265 \cdot 10^{-27}$ kg
n :	$1,67495 \cdot 10^{-27}$ kg

töltés

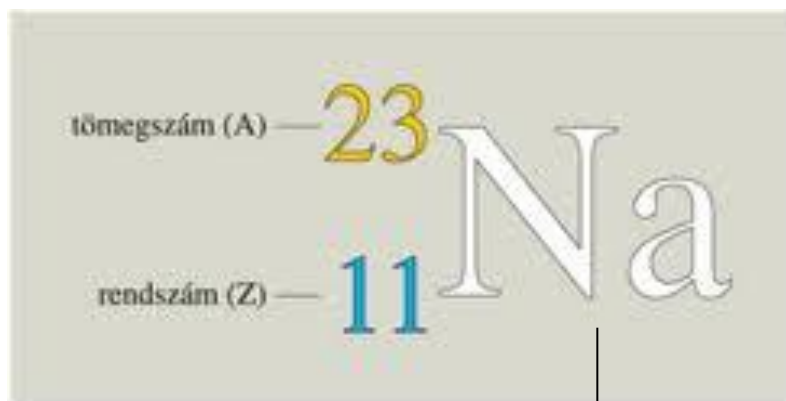
$-1,60219 \cdot 10^{-19}$ C
$+1,60219 \cdot 10^{-19}$ C
0



James Chadwick
(1891 – 1974)
Nobel-díj: 1935



Az atommal kapcsolatos egyszerű fogalmak



vegyjel

$$A = Z + N$$

(ahol N a neutronok száma)
azaz mindig egész!

izotóp	szén-12	szén-13	szén-14
	$^{12}_6\text{C}$	$^{13}_6\text{C}$	$^{14}_6\text{C}$
p ⁺ -ok száma	6	6	6
e ⁻ -ok száma	6	6	6
neutronok száma	6	7	8

izotóp: egy adott elem adott tömegszámú atomfajtája

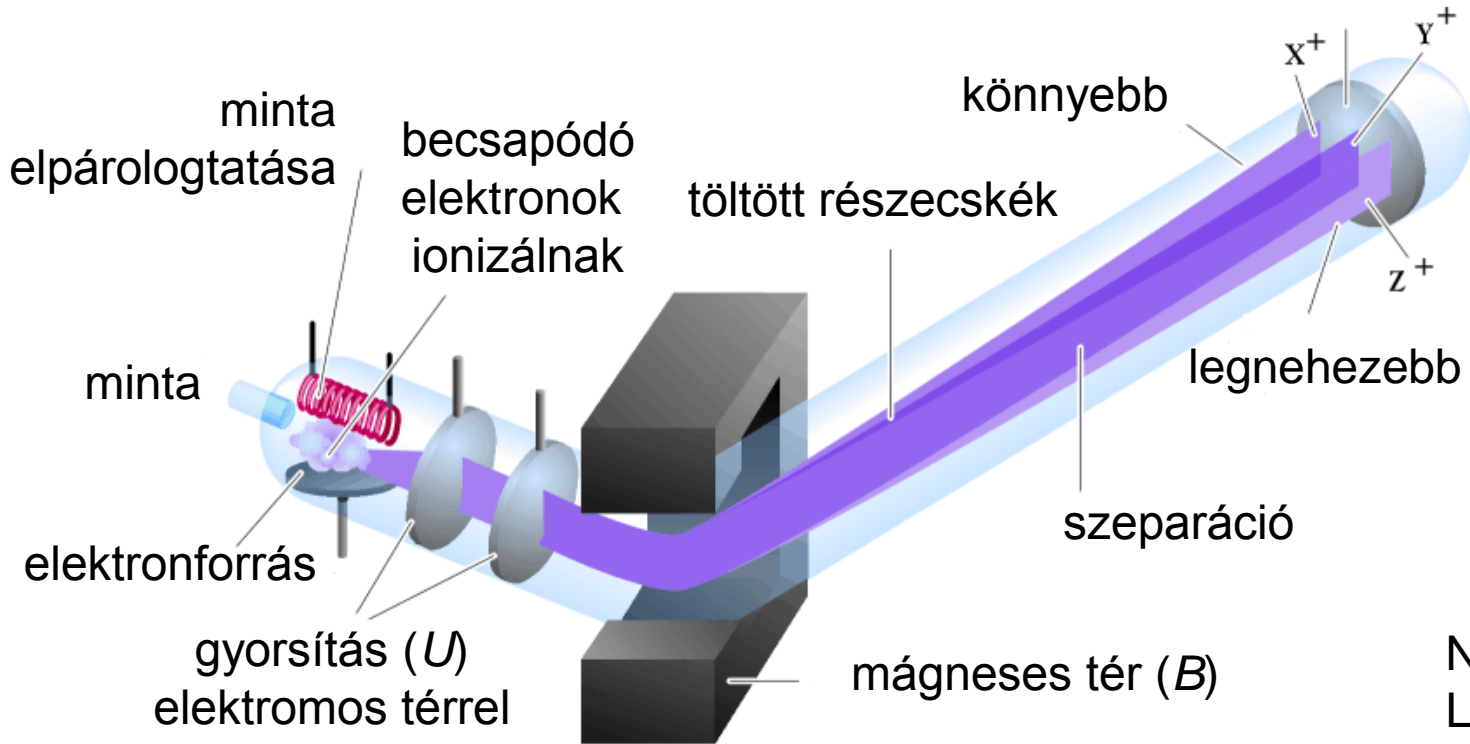
atom: p⁺-ok száma = e⁻-ok száma

(egyszerű) ion, ha a protonok és elektronok száma nem egyezik meg (kationok(pozitív) és anionok(negatív))

(Emlékeztető: relatív atomtömeg, moláris tömeg, átlagos moláris tömeg)

Atomok tömegének mérése

TÖMEGSPEKTROMETRIA



Newton: $\mathbf{F}=m\mathbf{a}$
Lorentz: $\mathbf{F}=q\mathbf{v}\times\mathbf{B}$

$q=ze$

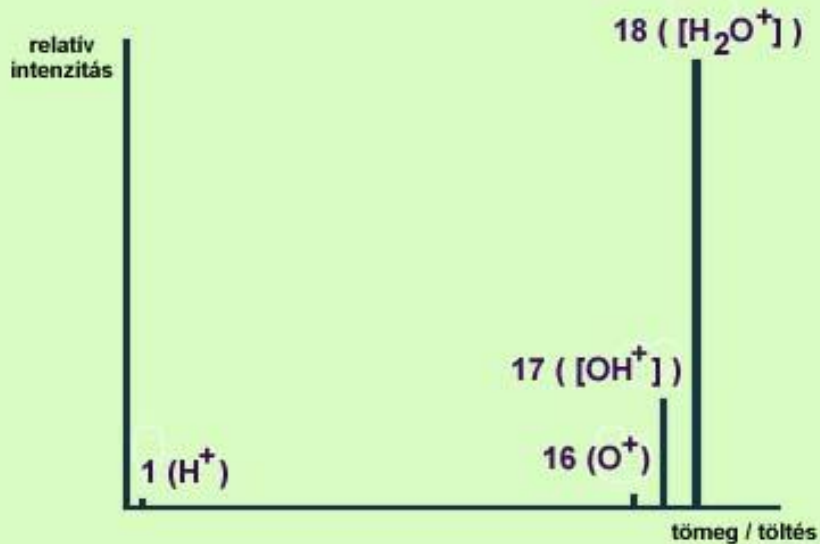
e: egységtöltés

z: töltésszám

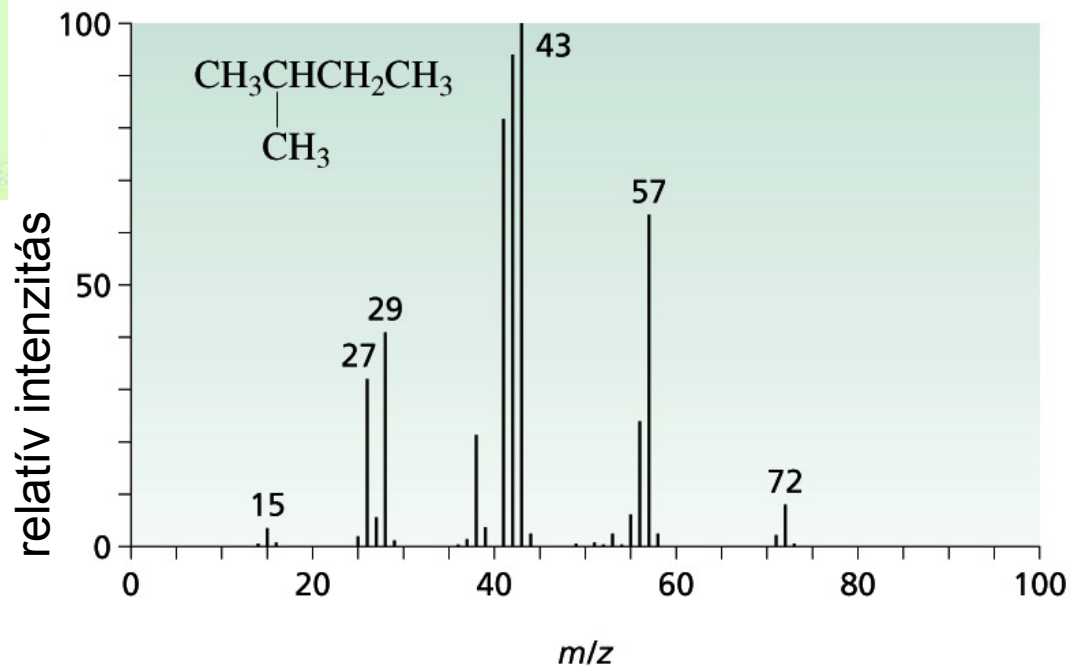
$\mathbf{a}=(z/m)e\mathbf{v}\times\mathbf{B}$

A tömegspektrum

A víz tömegspektruma



Az egyik legfontosabb
szerkezetkutató módszer!

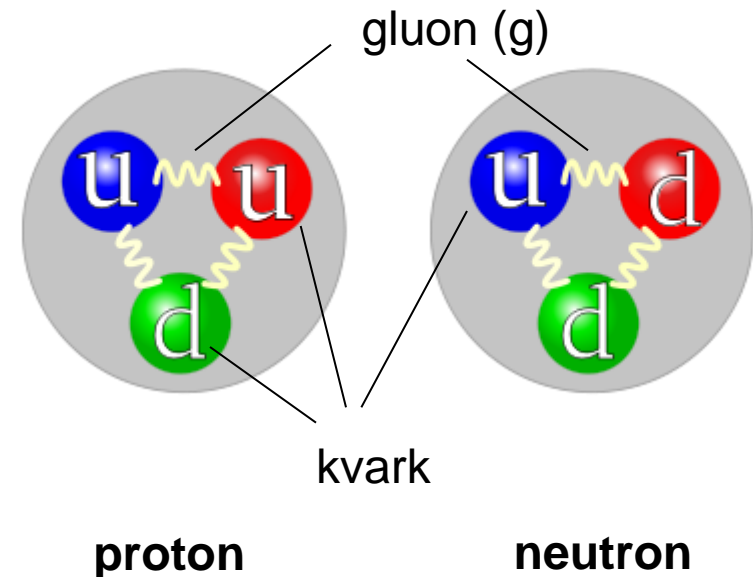


Elemi részecskék

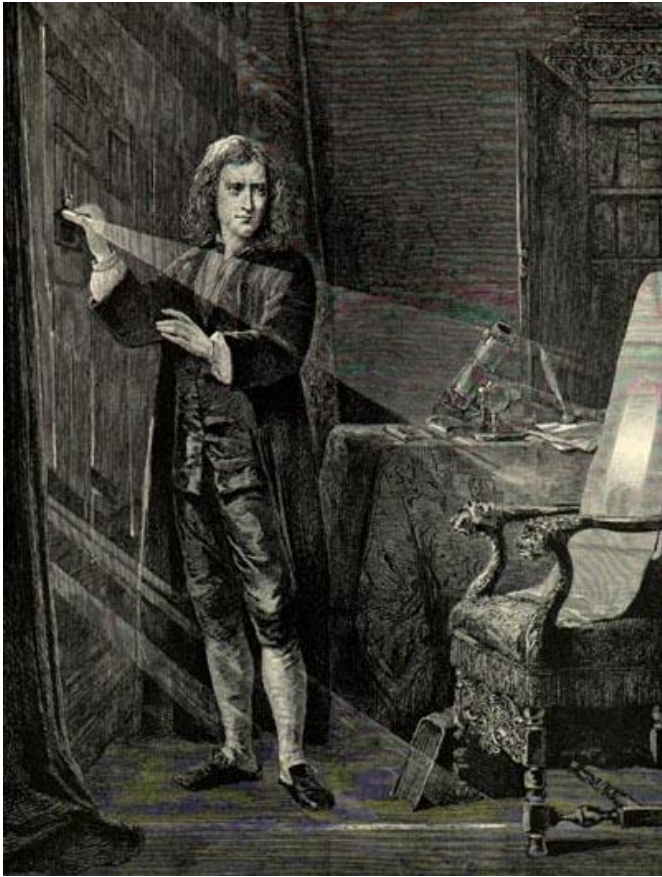
Megjegyzés: a proton és neutron kvarkokból és gluonokból állnak, ezért a mai fizikai elmélet szerint – az elektronnal ellentétben – nem elemi részecskék

(A kvarkokból és gluonokból álló részecskéket *hadronoknak* nevezik; ha három kvarkot tartalmaz, akkor *barionnak* hívjuk; ezek között a proton és neutron stabil, ezek a *nukleonok*, a többi hiperonnak nevezik.)

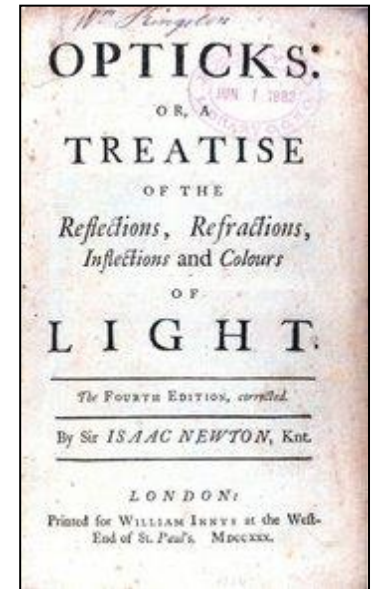
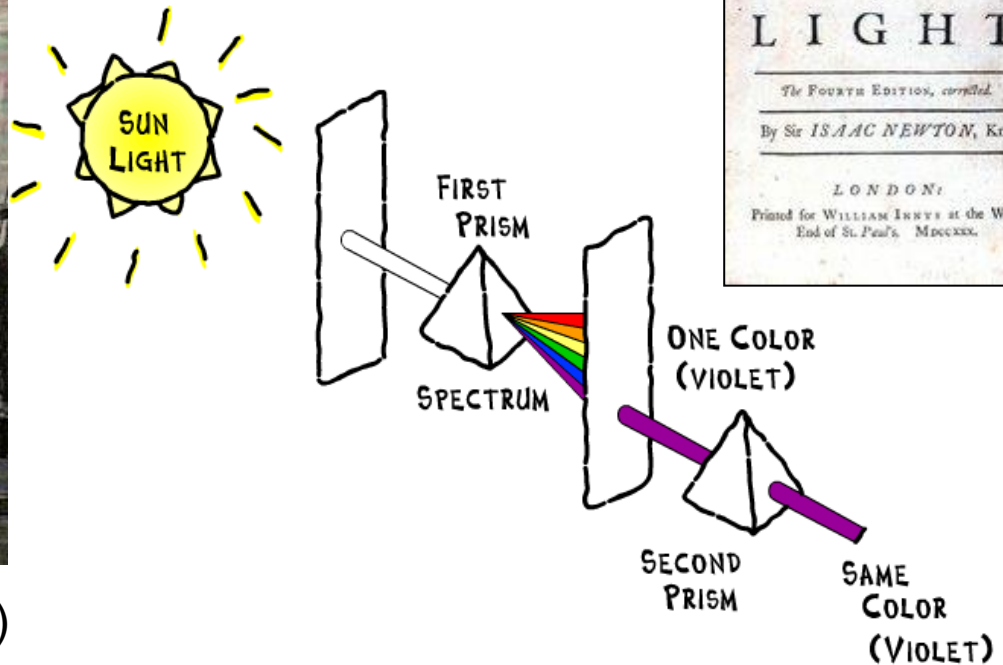
ANYAG	KÖLCSÖNHATÁS
u c t	foton γ gluon g
d s b	W Z
Kvarkok	Bozonok
ν_e ν_μ ν_τ	H
elektron e μ τ	Higgs Boson?
Leptonok	THE STANDARD MODEL OF PARTICLES AND FORCES IS THIS ALL THAT EXISTS?



Newton kísérletei a fehér fényrel



Sir Isaac Newton (1642–1727)

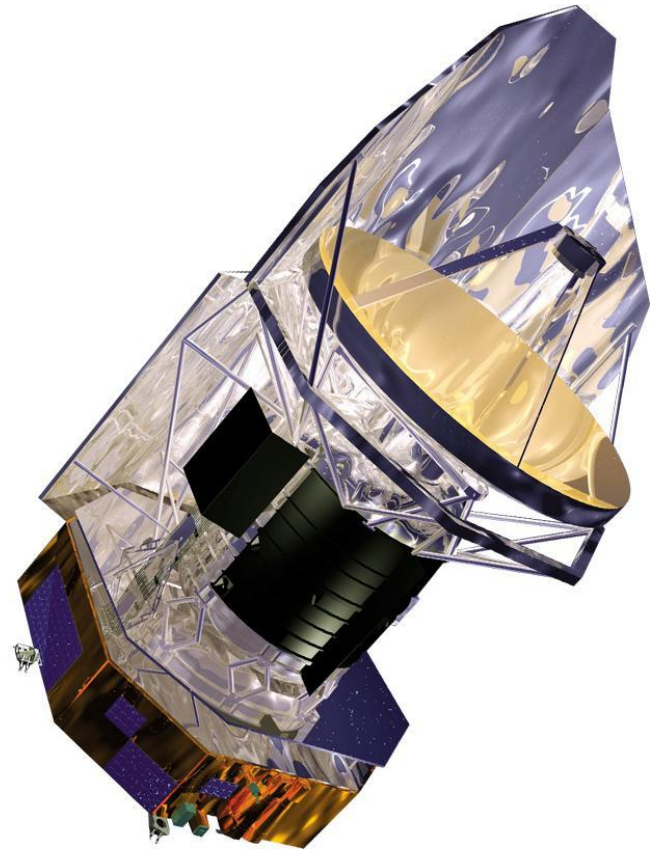


Az infravörös sugárzás felfedezése



Sir William Herschel
(1738–1822)

A hőmérő a látható piros szín
után helyezve is felmelegszik
⇒ „infravörös” sugárzás (1800)



A Herschel űrteleszkóp
2009 – 2013
(Far Infrared and Sub-millimetre Telescope or FIRST)

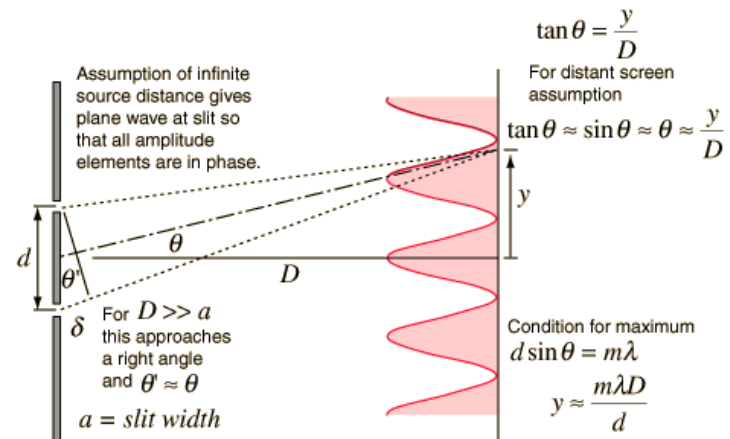
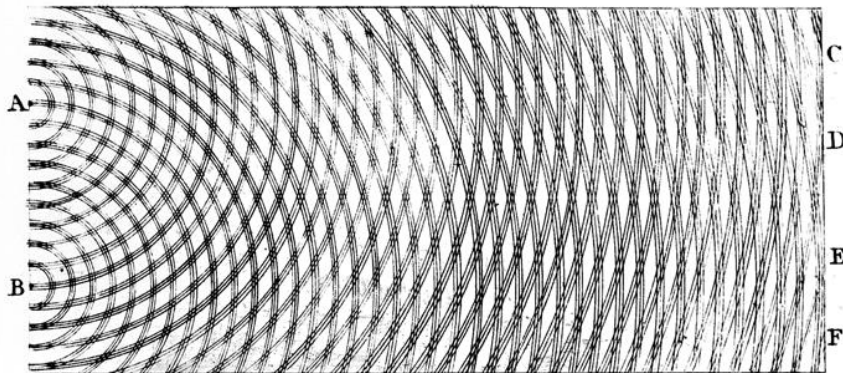
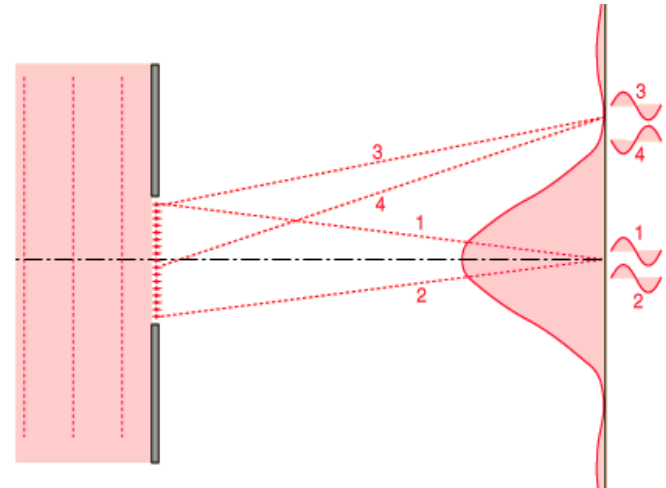
Fényelhajlás (diffrakció) és interferencia



James Gregory
(1638 – 1675)
diffrakció madártollal

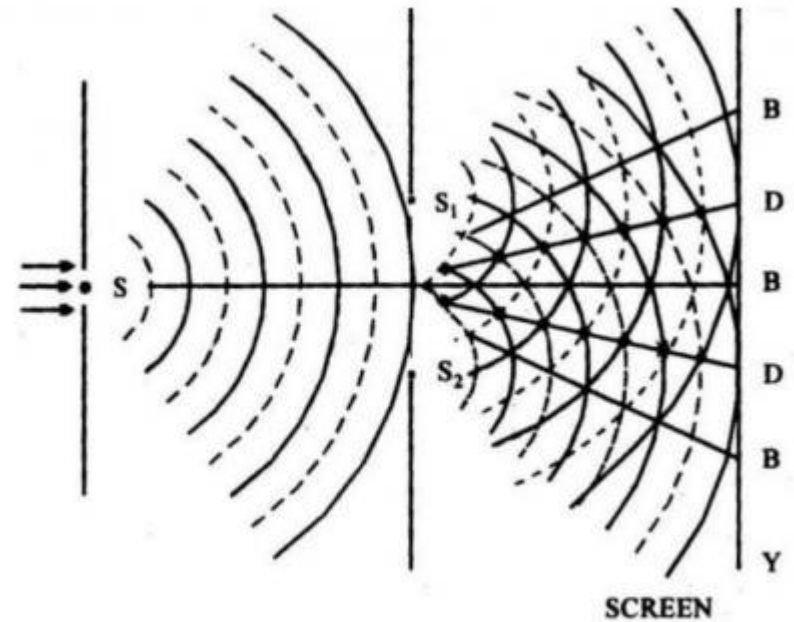


Thomas Young
(1773 – 1829)
diffrakció elmélete

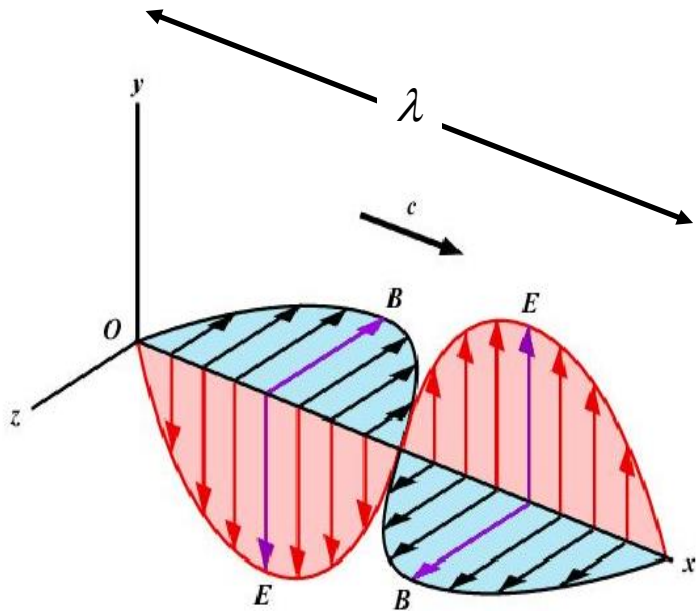


⇒ **A fény hullámokból áll!**

Az interferencia



A fény, mint elektromágneses sugárzás



James Clerk Maxwell
(1831 – 1879)

$$\text{tér : } \mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos(kx) = \mathbf{E}_0 \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$
$$\text{idő : } \mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos(\omega t) = \mathbf{E}_0 \cos(2\pi \nu t)$$
$$\lambda \nu = c$$

\mathbf{E} : elektromos tér (\mathbf{B} : mágnesestér)

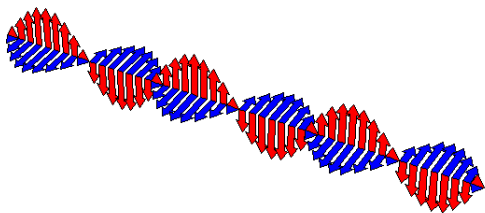
ω : körfrekvencia, λ : hullámhossz,

ν : frekvencia, c : fénysebesség

vákuumban :

$$c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

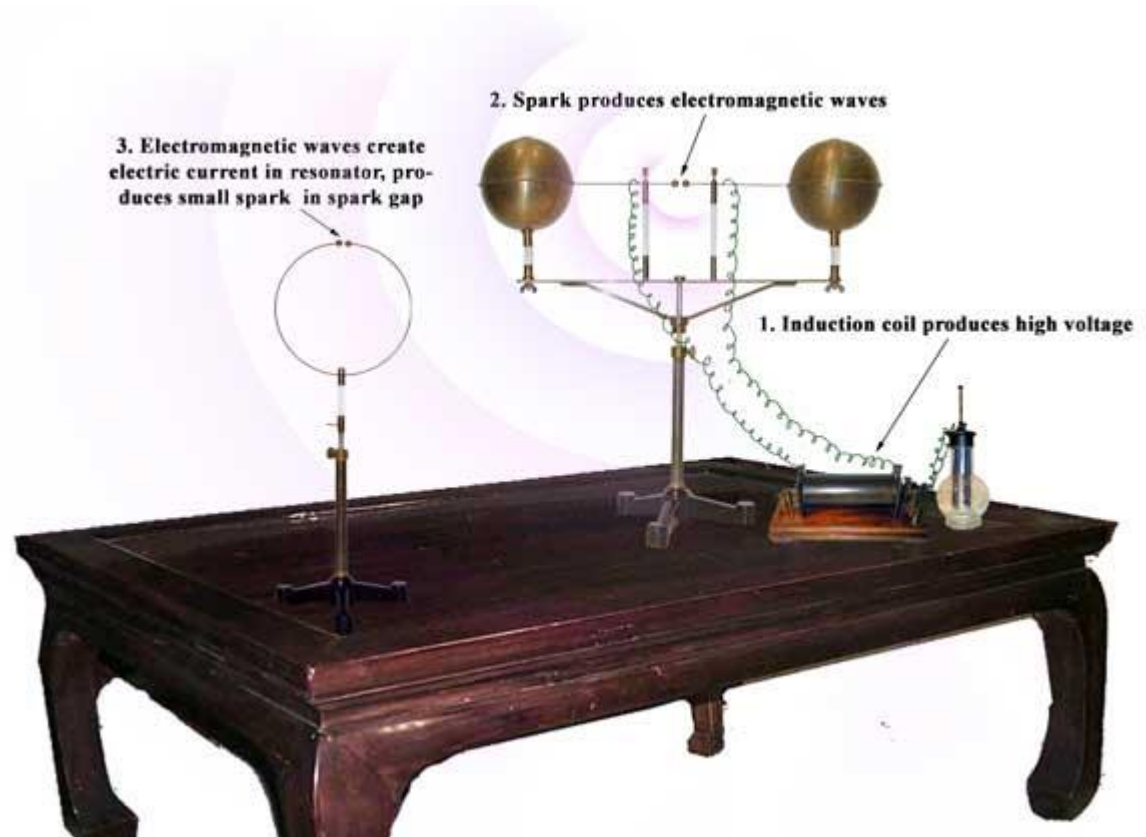
$$c = c_0 / n \quad n : \text{törésmutató}$$



A rádióhullámok felfedezése



**Heinrich Hertz
(1847–1894)**

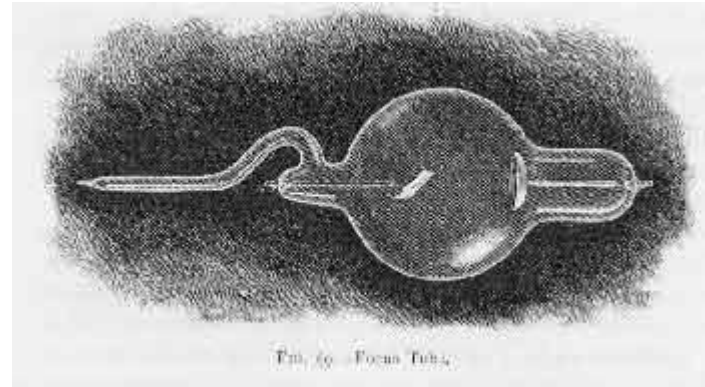


1888: A rádióhullámok felfedezése

A Röntgen-sugárzás felfedezése

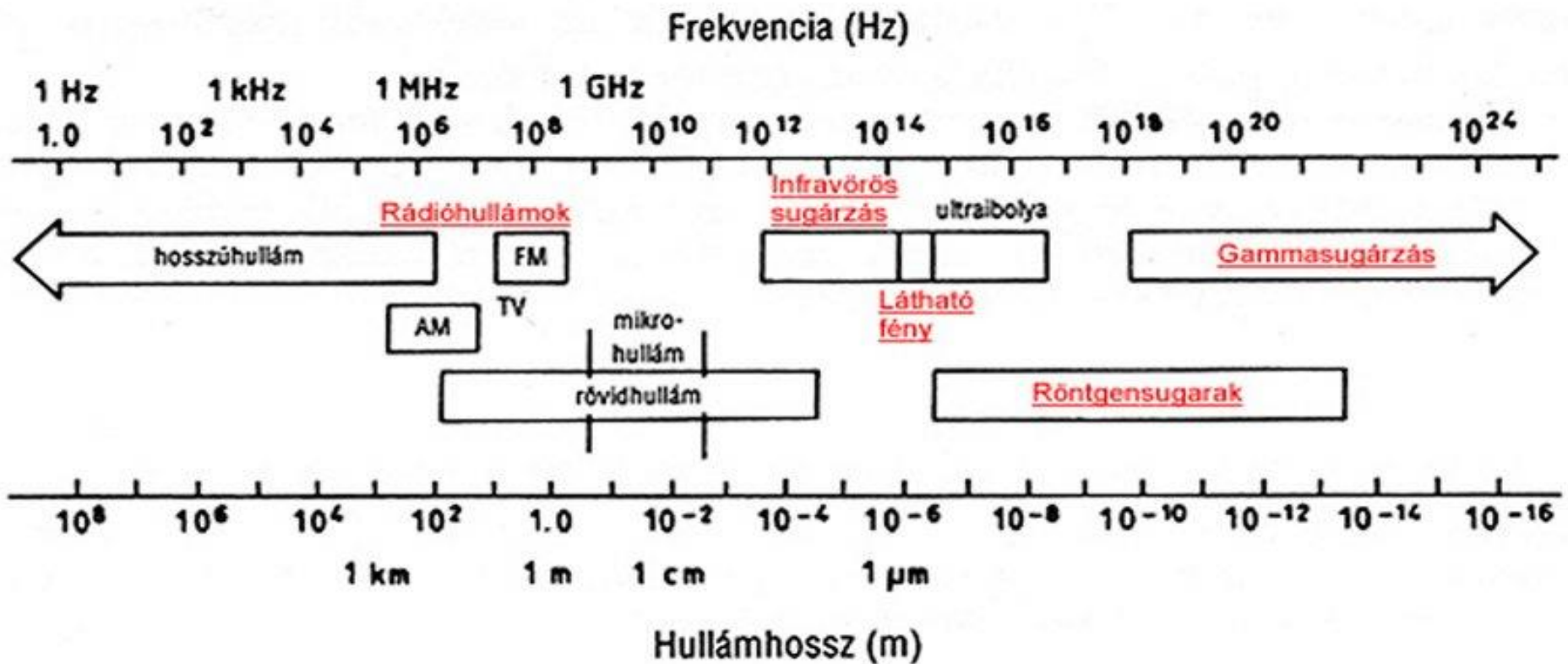


**Wilhelm Conrad Röntgen
(1845– 1923)**

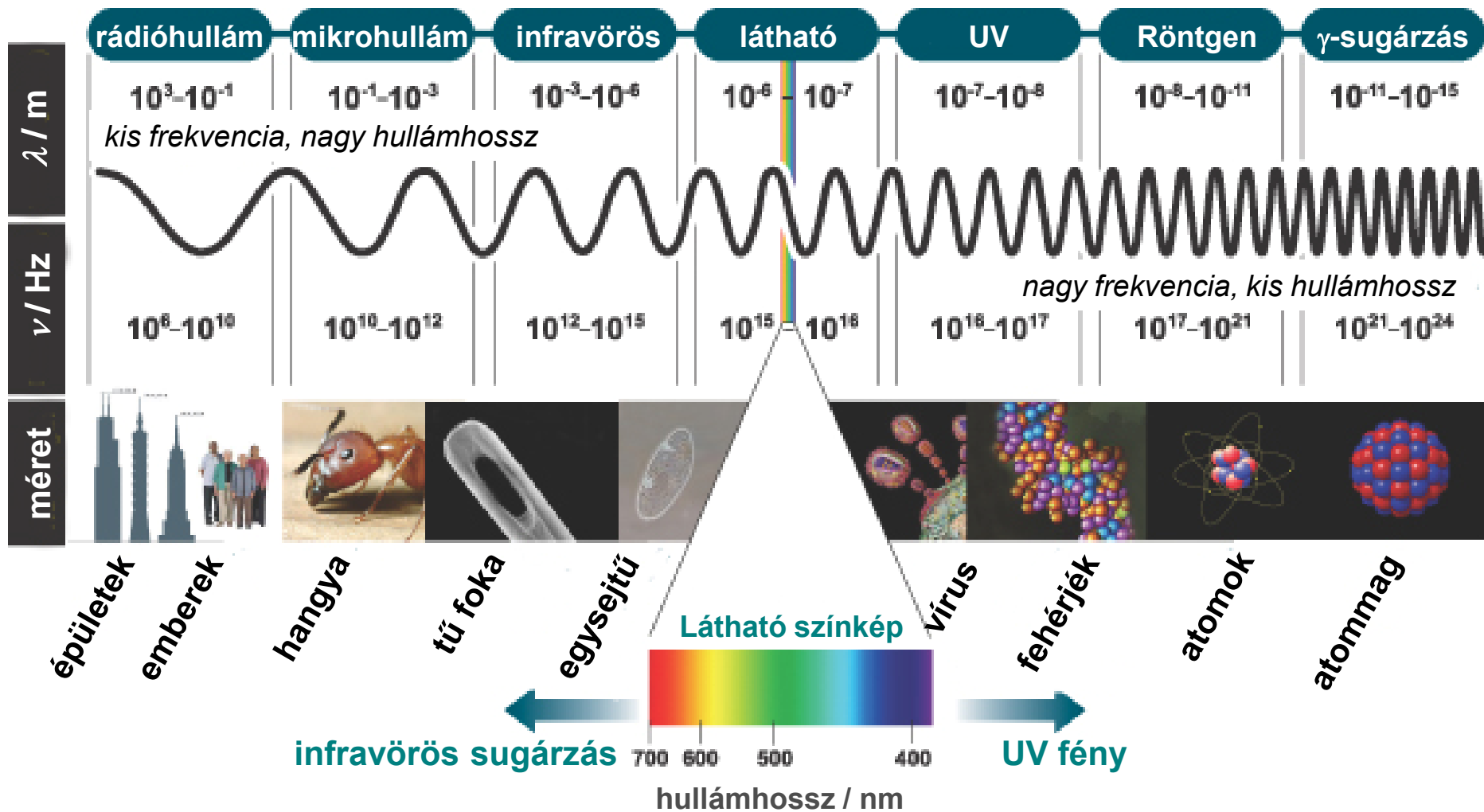


1895: A Röntgen-sugárzás felfedezése
1901: fizikai Nobel-díj

A fény, mint elektromágneses sugárzás

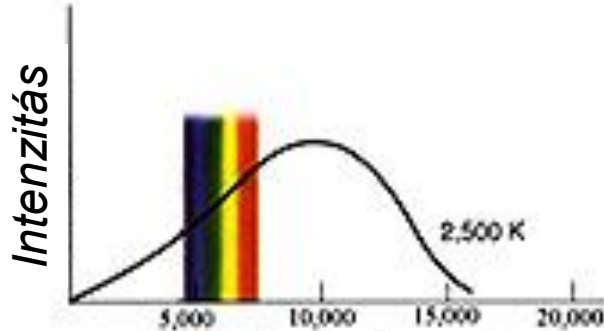


A fény, mint elektromágneses sugárzás

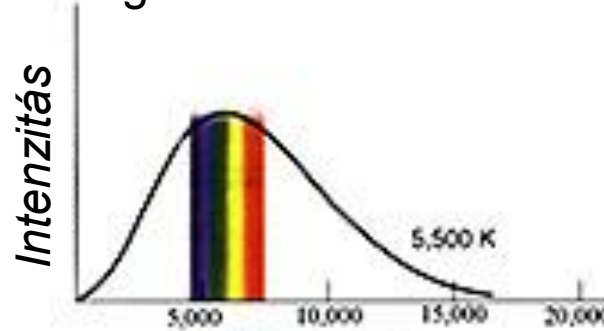


Feketetest sugárzás

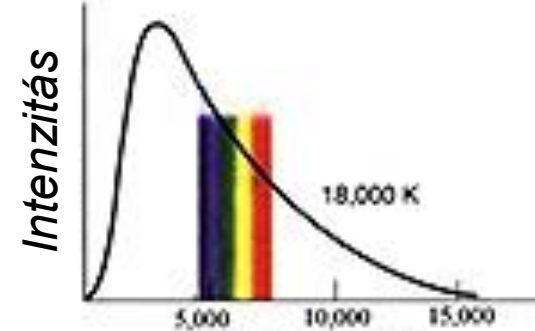
Szilárd testek hőmérsékleti sugárzása



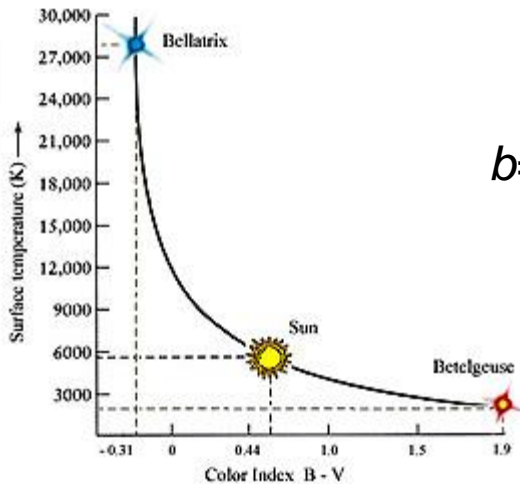
Hullámhossz / Angström
Piros csillag



Hullámhossz / Angström
Sárga csillag



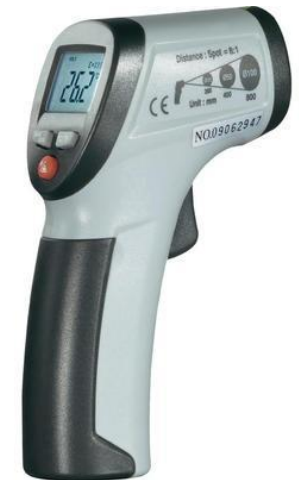
Hullámhossz / Angström
Kék csillag



Wien-törvénye:

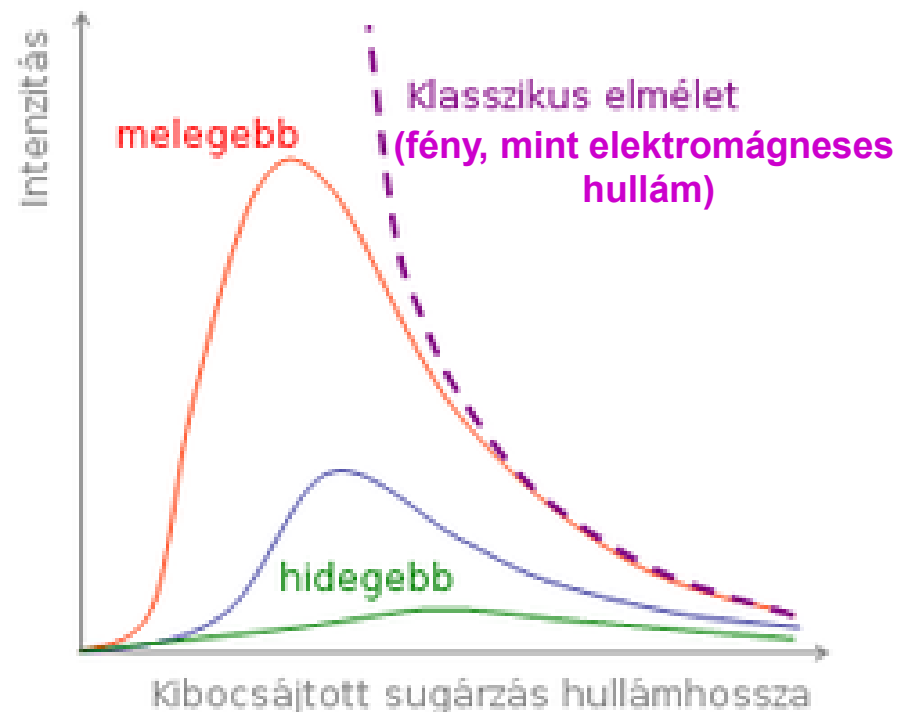
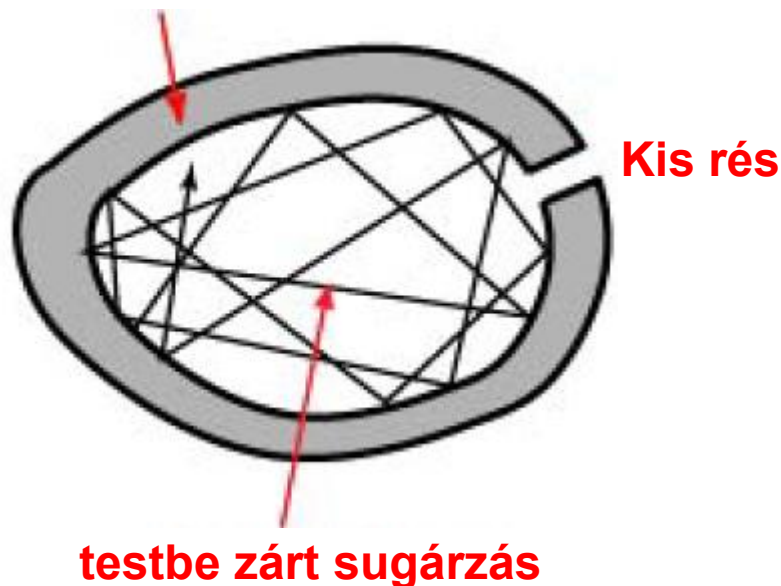
$$\lambda_{\max} = b/T$$

$$b = 2,897\,7685(51) \times 10^{-3} \text{ m K}$$



Feketestest sugárzás

T hőmérsékletű feketetest



Planck *matematikai* formulája szerint akkor kapjuk vissza a kísérleti görbét (görbékét), ha mindenegyres hullámhossznál van egy minimális, tovább nem osztható „energiaadagja” a fénynek

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

h : Planck-állandó, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{Js}$

Van-e ennek fizikai jelentése???

A fotoelektromos hatás

A kísérletben a kilépő elektronok kinetikus energiája (E_{kin}) nem függ a fény intenzitásától, csak a fény hullámhosszától!

Egy adott hullámhossz felett (frekvencia alatt) nem lép ki elektron!

Magyarázat:

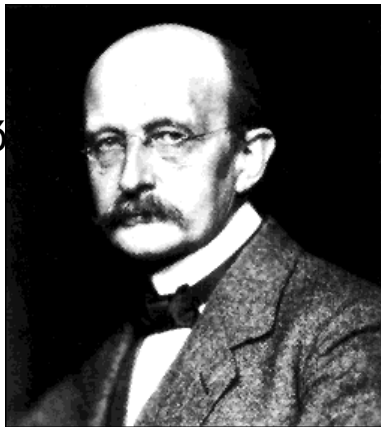
A fény részecskékből áll, a részecskék energiája arányos a fény (elektromágneses sugárzás) frekvenciájával.

$$E_{\text{kin}} = h\nu - W$$

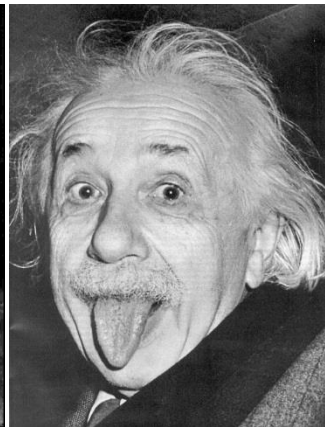
(W a fémre jellemző ú.n. kilépési munka,

h : Planck-állandó

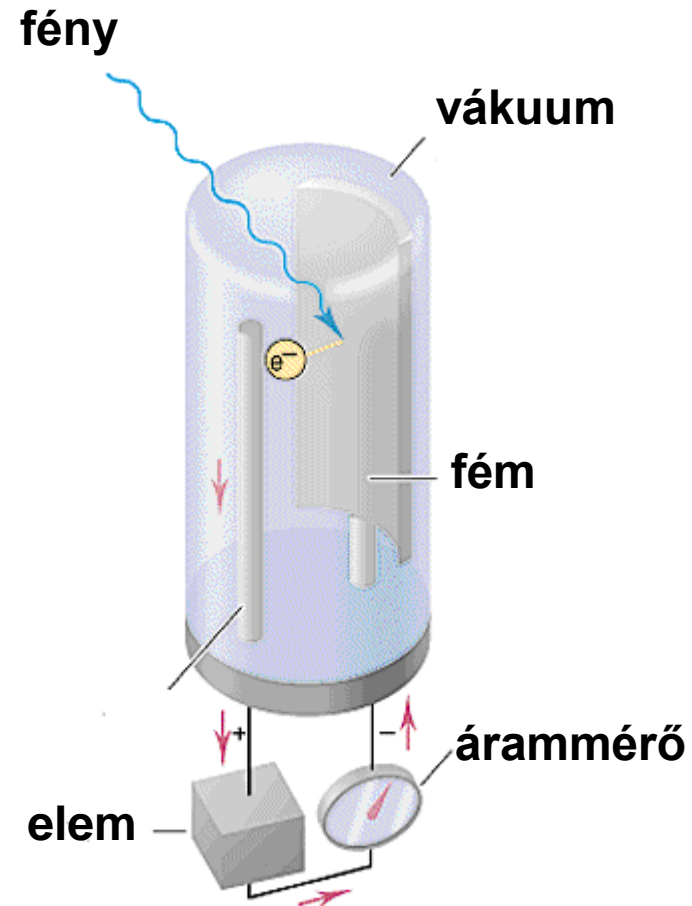
$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$



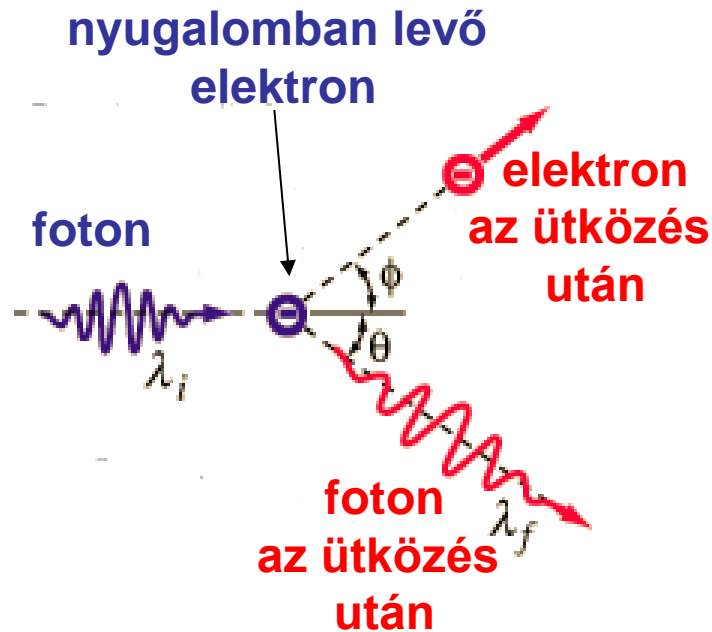
Max Planck
(1858 – 1947)
Nobel-díj: 1918



Albert Einstein
(1879 – 1975)



A fény, mint részecske



Arthur Holly
Compton
(1892 –1962)
Nobel-díj: 1927

A fényrészecske, a **foton**, rugalmatlanul ütközik az elektronnal, azaz impulzust ad át \Rightarrow részecske természet

$$E = h\nu \quad (E = mc^2)$$

$$m = h\nu / c^2$$

A hidrogénatom színe

1853-ban a svéd Angström 4 vonalat lát a H-atom spektrumában (a látható fény tartományában)



410 nm, 434 nm,
486 nm, és 656 nm



Anders Ångström
(1817-1874)

1885-ben Balmer, baseli leányiskolai latin és matematika tanár egyszerű képletet talált a H-atom vonalaira:

$$1/\lambda = \text{const.} (1/2^2 - 1/n^2)$$

$$\text{const.} = 3645.6 \text{ \AA} \quad 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

n = egész szám: 3,4,5,6 a négy vonalra

1888-ban Rydberg általánosította a képletet más átmenetekre:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$R_H = 1.0973 \ 731 \ 568 \ 539(55) \times 10^7 \text{ m}^{-1} \quad \text{Rydberg-állandó}$$



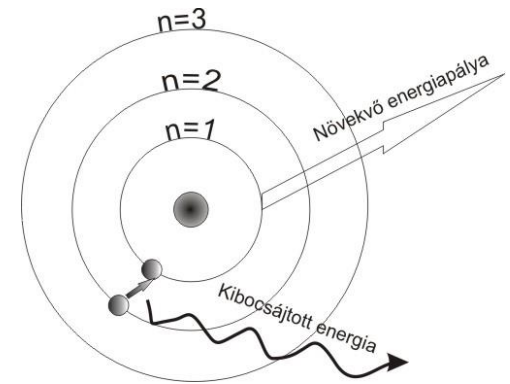
Johann Jakob Balmer
(1825 – 1898)



Johannes Robert Rydberg
(1854 – 1919)

A Bohr-féle atommodell (1913)

1. A hidrogénatom egy pozitív töltésű részecskéből és egy elektrontól áll, az elektron r sugarú pályán kering energiavesztés nélkül. (Megjegyzés: a klasszikus fizika törvényei szerint a mozgó elektronnak folyamatosan energiát kellene veszítenie!)
2. Az elektron nem keringhet tetszőleges sugarú pályán.
3. Az adott sugarú pályán keringő elektron meghatározott energiával rendelkezik.
4. A két pálya közötti elektronátmenet egy, a pályák energiájának különbségével megegyező energiájú foton elnyelésével, vagy kibocsátásával jár.



A klasszikus fizikai levezetés a Coulomb-törvényből indul ki:

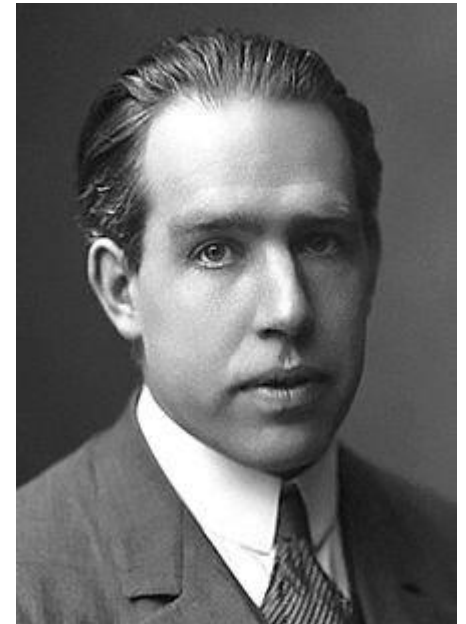
$$F = k q_1 q_2 / r^2$$

$k=1/(4\pi\epsilon_0)$ ϵ_0 : a vákuum permittivitása, r a pálya sugara, q_1 és q_2 az elektron és a proton töltése

A levezetés eredménye visszaadja a Rydberg-formulát:

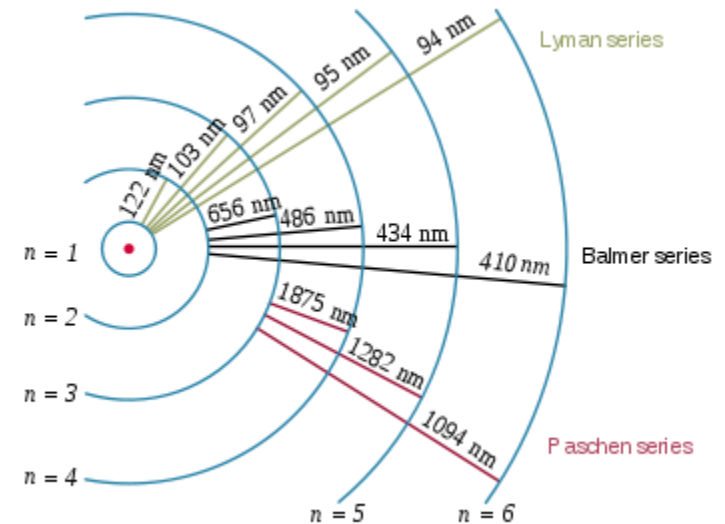
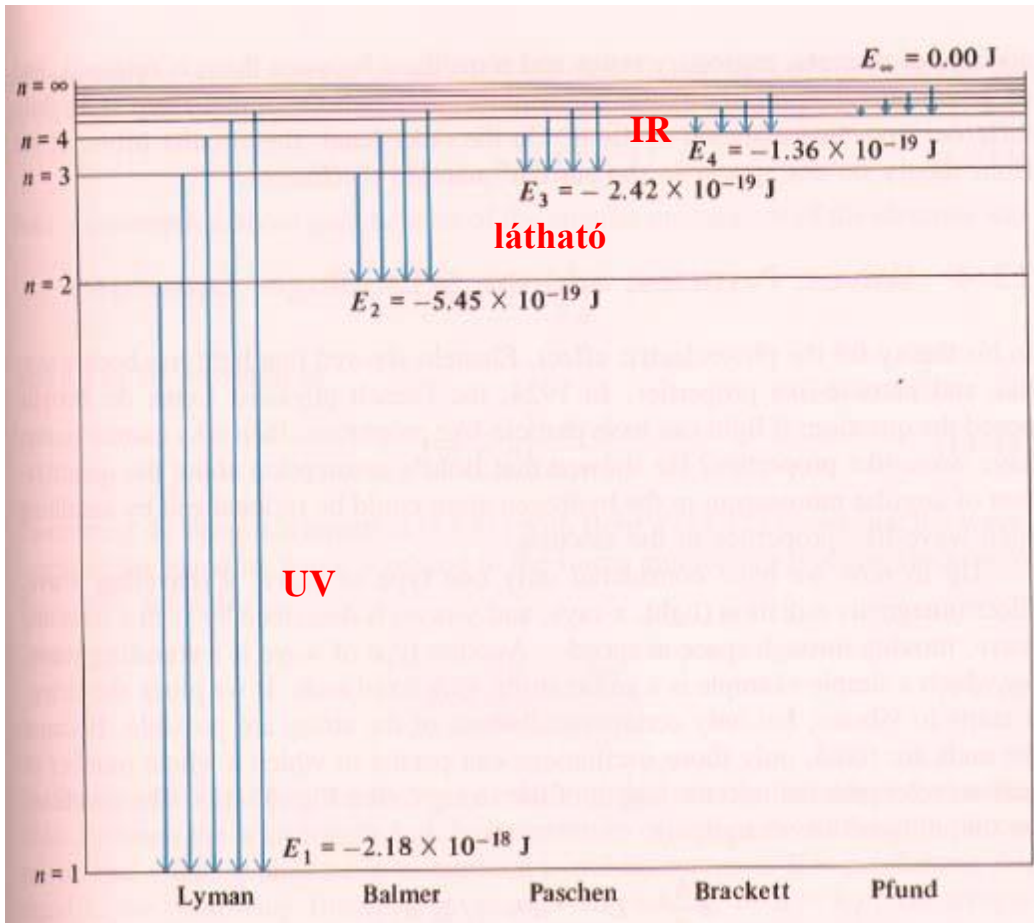
$$E = -R_H h c / n^2 \quad R_H: \text{Rydberg-állandó, } h: \text{Planck-állandó, } c: \text{fénysebesség}$$

$$E_i \rightarrow E_j \quad \Delta E = R_H h c (1/n_j^2 - 1/n_i^2) = h \nu$$

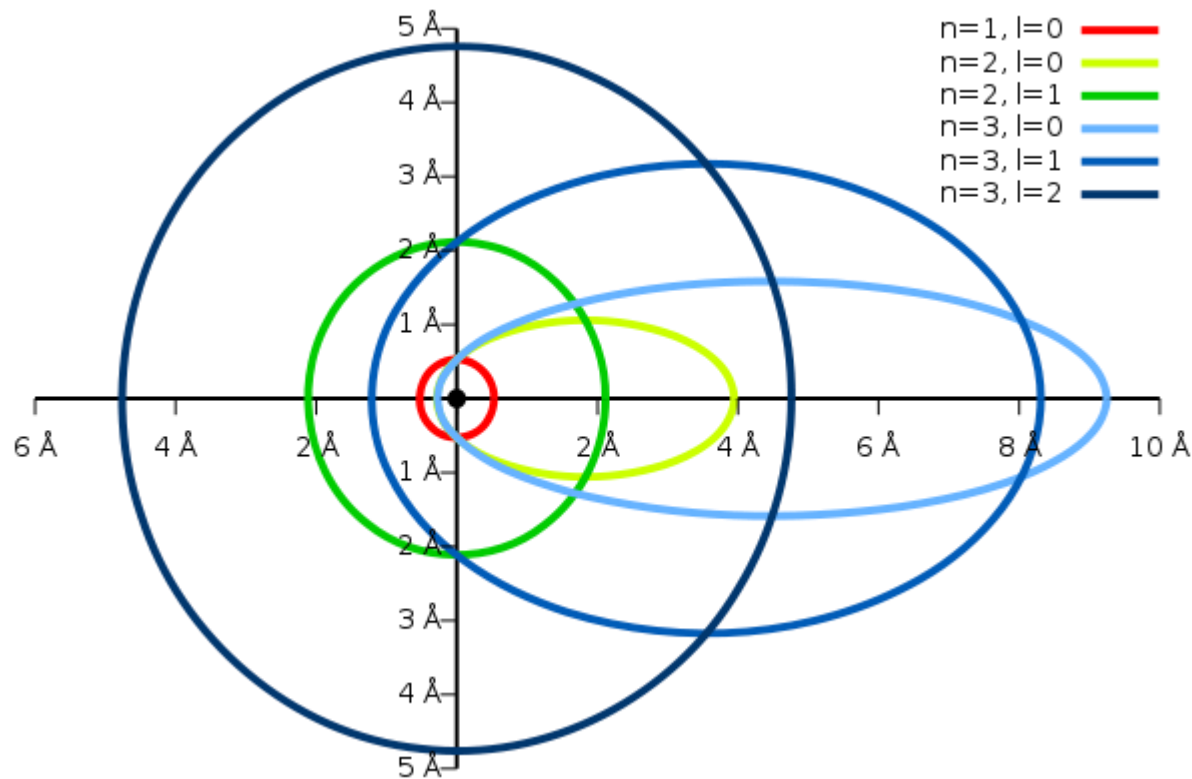


Niels Henrik David Bohr
(1885 – 1962)

A hidrogénatom színeképe



Bohr-Sommerfeld atommodell



Körpályák mellett ellipszis alakú pályák is.

(Matematikailag leírja azt a kísérleti tényt, hogy a H-atom gerjesztett állapotai külső mágneses térben felhasadnak többféle energiaállapotra. Lásd később.)