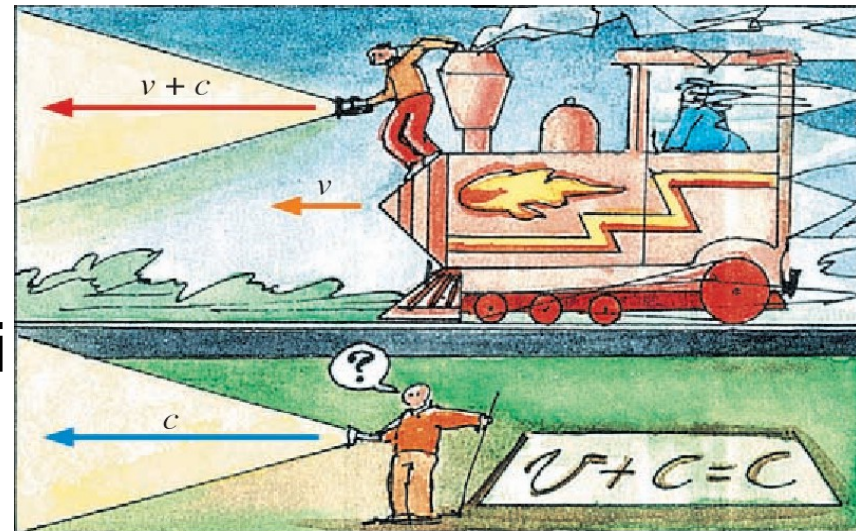


# Relativitás, fotoeffektus, foton, elektronhullám

- **Einstein** (1905-ben) megállapította, hogy a **fénysebesség egy maximális határsebesség**, és bármely vonatkoztatási rendszerben ugyanakkora ( $c=300000$  km/s). Vagyis mozgó tárgyról induló fény sebessége sem lehet több ennél. Ennek következtében viszont mozgó tárgyon és a tér egy más helyén **az idő** értéke és múlása **relatív**, más vonatkoztatási rendszerekben más és más, vagyis nincs abszolút idő. Az idő értéke és a jelenségek mért ideje attól függ, hogy hol mérjük és hogy a mérő hely mozog-e a másikhoz képest. **Pl.** a Földhöz képest mozgó tárgyon (pl. űrhajó) lassabban telik az idő, mint a Földön. Einstein bevezette a **tér – idő** fogalmát, amelyben az idő a tér különböző helyein más és más, mivel nem is tudjuk egyidejűleg megmérni az időket, hiszen ahhoz, hogy a másik helyen is megmérjük oda kell menni és ez nem lehet azonnal, csak max. a fénysebességgel haladva.



- **Energia – tömeg kapcsolata**

Einstein (1905-ben) megállapította, hogy bármely test energiája egyenesen arányos a tömegével.  $E = m \cdot c^2$

Eszerint a kis részecskéknek is hatalmas energiájuk van. Ez be is bizonyosodott az első atombomba robbantásnál, ahol ez az atomenergia felszabadult és hatalmas pusztítást végzett. Hirosimában 10 gramm atom tömeg - energiája szabadult fel, alakult át energiává.

- **Tömegnövekedés**

A részecskék (vagy bármely test, tárgy) tömege nő, ha a sebessége nő. Ez csak nagy sebességű részecskékénél mérhető nagyságú. A fénysebességhez közelítve a mozgó tárgy tömege a végtelenhez közelít. Ezért nem lehet semmit felgyorsítani a fénysebességre, mivel végtelen tömeg gyorsításához végtelen nagyságú erő kellene.

- Max Planck (1900-ben) megállapította, hogy az anyagok hő kibocsátása nem lehet akármilyen energiával, hanem csak valamilyen energia csomag, **energia-kvantum** adagokban. Ez az **energia-kvantum**:  $E = h \cdot f$ , ahol  $f$  az anyag hősugárzásának frekvenciája,  $h$  pedig a Planck állandó

- **Fényelektromos jelenség**

Fény hatására fémfelületről elektronok lépnek ki, így áram jön létre. Csak egy meghatározott kilépési munkánál nagyobb energiájú foton hatására tudnak kilépni az elektronok.

Az elektronok kilépéséhez szükséges foton energiája:

$$h \cdot f = W_{\text{kilépési}} + 1/2 \cdot m \cdot v^2$$

(gyakorlati felhasználás: pl. **fotocella** – biztonsági berendezéseknél, ajtóknál, félvezetők megvilágítása: pl. **napelem**)

A fényelektromos jelenséget és az anyagok hőkibocsátását csak a fény kvantum-energia csomag ( $E = h \cdot f$ ) elmélettel lehetett megmagyarázni, mivel ezeknél a jelenségeknél a elnyelt és kibocsátott energia a fény frekvenciájától függ.

**A fény kettős természete: hullám és részecske**

### **Részecske természet**

A már ismert hullámjelenségeken kívül számos jelenség azt bizonyította, hogy a fény részecske természetű is. Egy fényrészecske elnevezése: **foton**.

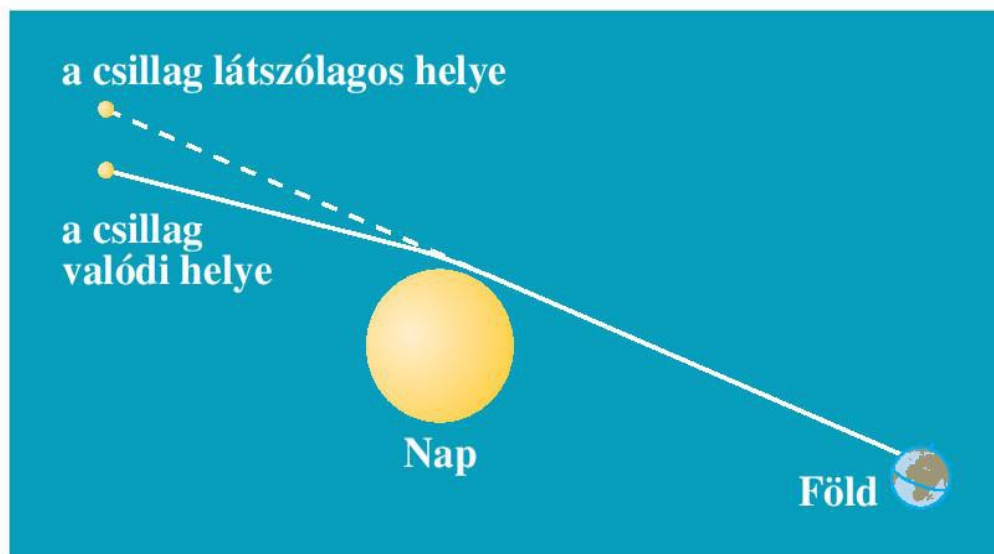
A foton energiája:  $E = m \cdot c^2$  és  $E = h \cdot f$ ,  
a kettőből következik a foton tömege:

$$m_{\text{foton}} = \frac{h \cdot f}{c^2}$$

- **A foton részecske természetének bizonyítékai**

- **Fényelhajlás a csillagok mellett**

Egy csillagból jövő fényt, vagyis a csillag helyét a Nap mellett máshol látjuk, mint ahol van, mert a fénye a Nap mellett a tömegvonzás miatt elhajlik. Vagyis a Nap tömege vonzza a fénysugarat, tehát a fény részecskékből áll, amiknek van tömege.



A fény elhajlása a Nap közelében.

- **Fekete lyukak**

Vannak kihűlt csillagok, amelyek összehúzódva olyan nagy tömegűek, hogy minden tömeget, így a tömeggel rendelkező fotonokat is magukba vonzanak így minden fényt elnyelnek és nem jön belőlük ki a fény.

- **Az elektron hullámtermészete**

- **Elektron interferencia**

Az elektronok két résen való áthaladásakor a rés mögött interferenciakép (erősítés, kioltás helyek) jelenik meg. Tehát az elektronsugár hullámként viselkedik, ahol a két résből jövő hullám erősíti és gyengíti egymást. Érdekesség, hogy az elektronokat egyesével indítva is megjelenik az interferencia, tehát 1 db elektron is, mint egy „hullámcsomag” érzékeli mindkét rést, vagyis mint hullám „mindkét résen áthalad”.

- **Következtetés De Broglie (1924-ben):** Az elektron és más részecskék is kettős tulajdonsággal rendelkeznek: részecske és hullám: „**anyag hullám**”.

Hullámhossza:

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

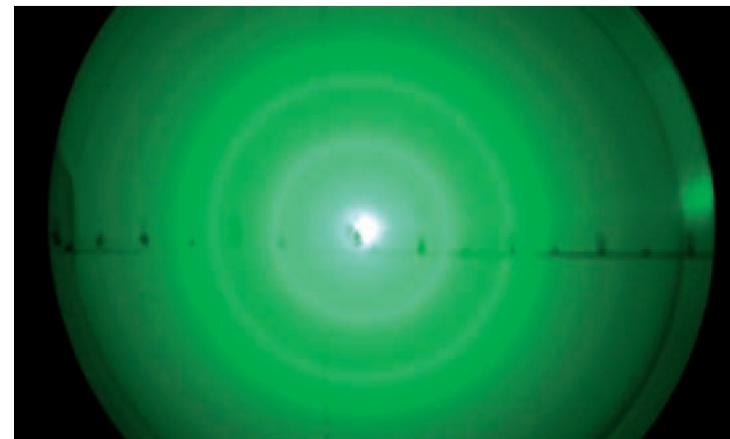
v: a részecske sebessége,

m: a részecske tömege,

h: Planck állandó

**Felhasználás:**

**elektronmikroszkóp** – a legnagyobb felbontású mikroszkóp



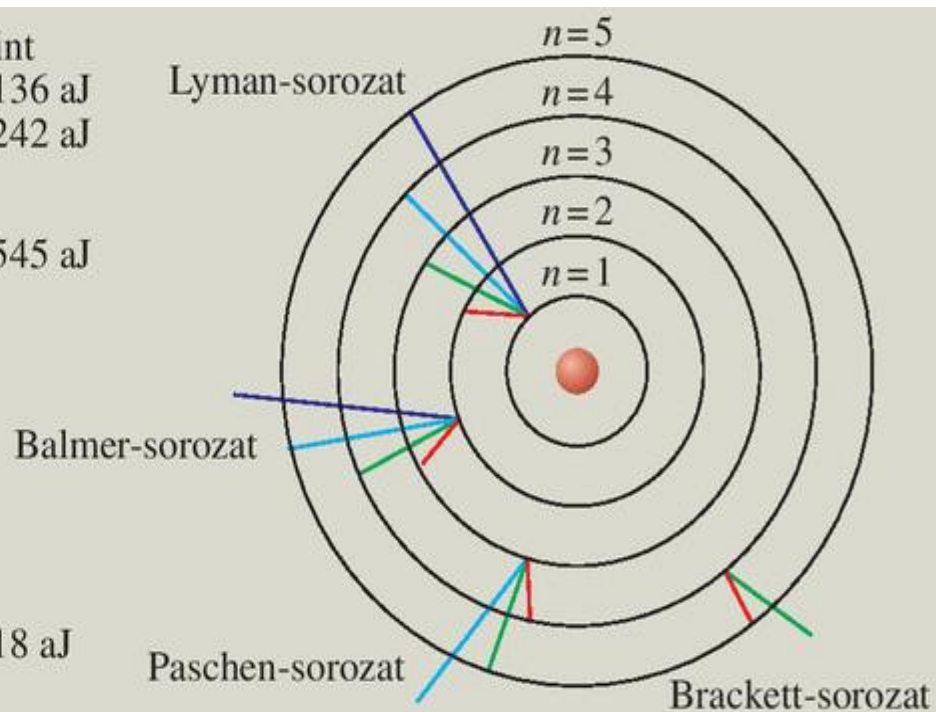
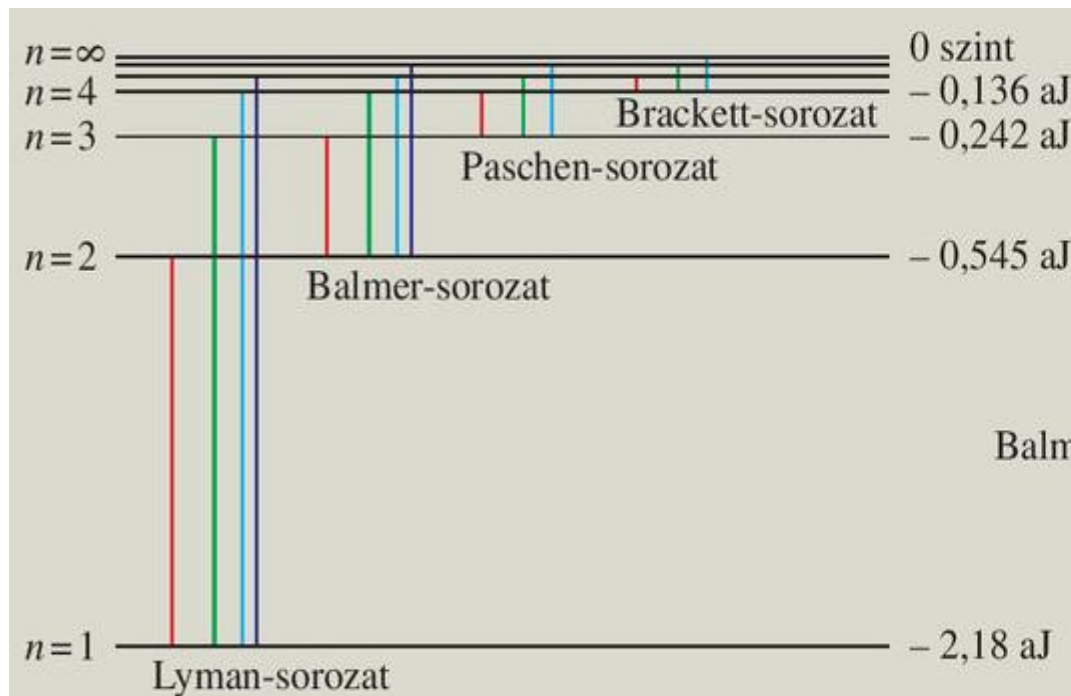
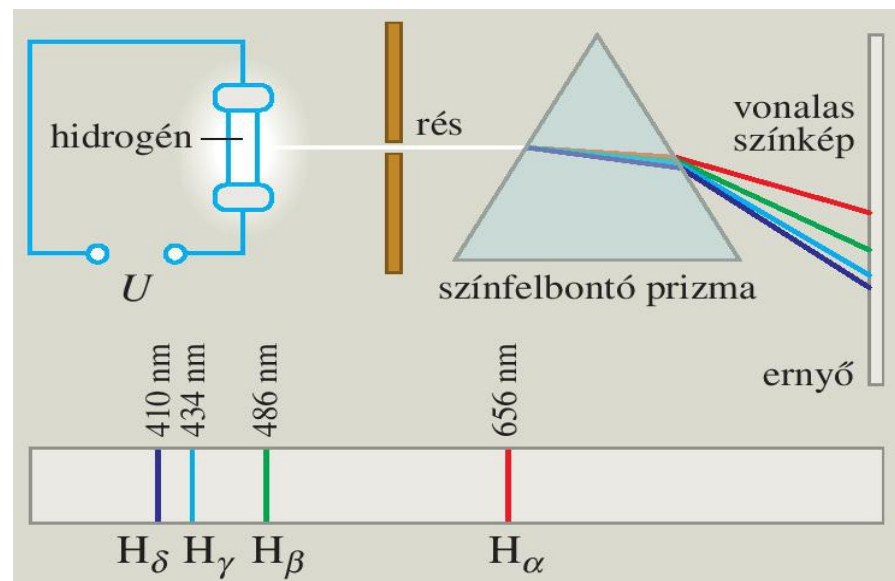
- **Határozatlansági reláció**  
**Heisenberg:** Nem lehet megmérni és megadni egy részecske helyét és lendületét (és azt meghatározó hullámhosszát) egyszerre pontosan. A bizonytalanságuk szorzata  $\geq h/(2 \cdot \pi)$   
Ez a részecskék kettős természetéből adódó törvényszerűség.
- **Megtalálási valószínűség**  
**Schrödinger:** Egy függvénnyel (hullámfüggvény) leírható a részecske hullám és részecske állapota. Ez megadja a „megtalálási valószínűségét”, vagyis azt, hogy ha megmérjük a helyét, akkor a méréskor mekkora valószínűséggel találjuk meg az adott helyen. A mérések közben a részecske helye nem meghatározható.
- **Kvantumpár részecskék**  
Az azonos állapotban de különböző spin-nel (forgásiránnyal) rendelkező párok akár milyen messze kerülnek egymástól, ha az egyiknek megváltozik a spinje méréskor, akkor a másiké is, mivel nem lehet a kettő ugyanaz. Viszont ez azt jelenti, hogy bármilyen távol azonnal (a fénysebességnél gyorsabban) megjelenik az információ. (Ez még egy megmagyarázhatatlan azonnali „távolhatás”.) Teleportálás?

- **A H atom energiaszintjeinek kiszámítása:  $E_n = E_1 / n^2$**

$E_1$  az alap energiaszint,  $n$  a pálya **főkvantumszáma** (1, 2, 3,...)

- A fénykibocsátás és elnyelés fotonjainak energiája egyenlő az egyik energiaszintről a másikra kerülő elektron két energiaszintjének különbségével:

$$h \cdot f = E_m - E_n$$

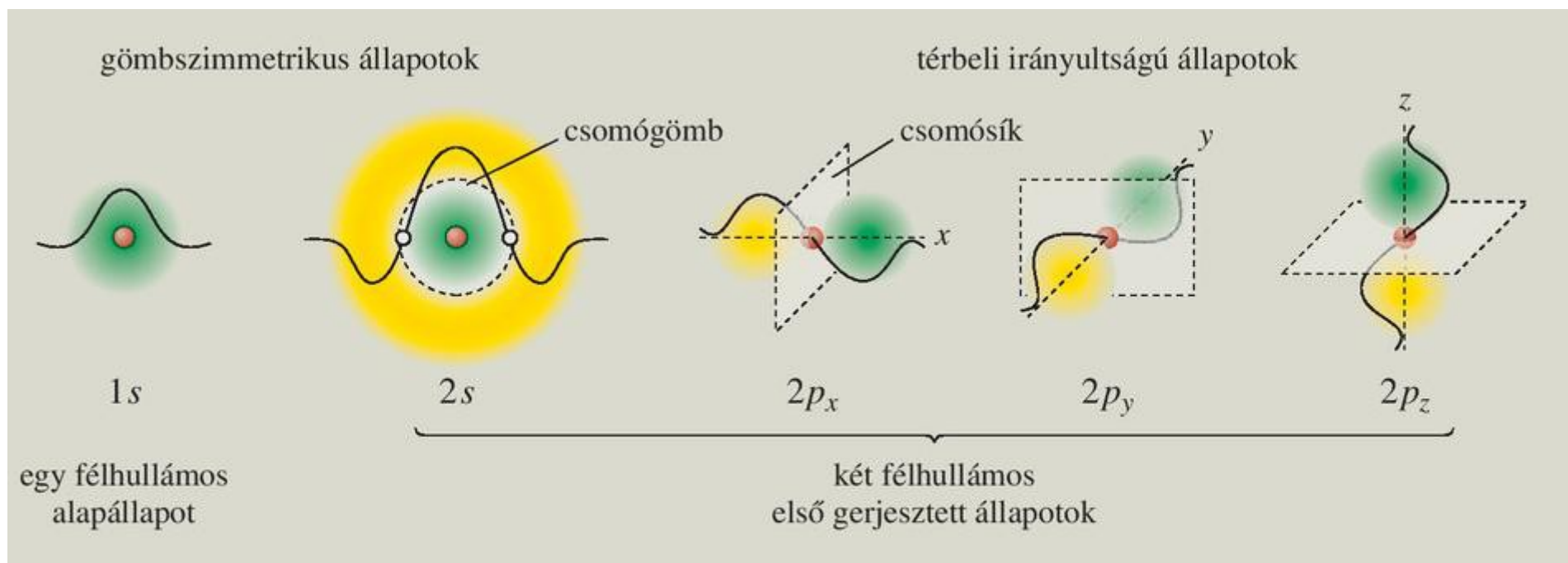


- **Az atommodell teljes kiegészítése az elektron hullámtermészetével:**

Az elektronok az atomban állóhullám állapotban vannak. Az állóhullámok csomósíkjainak számát a **mellékkvantumszám** adja meg.

Jele:  **$l$** , értékei:  $l = 0, 1, \dots, n-1$

Ez alapján van  $n=1$   $l=0$  (másnéven: 1s) pálya,  $n=2$ ,  $l=0$  (másnéven 2s) pálya,  $n=2$ ,  $l=1$  (másnéven 2p) pálya



A hidrogénatom hullámmodelljének lehetséges elektron-állóhullám alakjai alap- és első gerjesztett állapotokban



Az elektron rendelkezik **mágneses kvantumszámmal**

Jele: **m**, értékei egész számok  $-l$  és  $+l$  között ( $l$ : mellékv.sz.)

Az elektron 4. kvantumszáma a **spinkvantumszám (s)**, amely csak kétféle lehet,  $-\frac{1}{2}$  vagy  $\frac{1}{2}$

- **Pauli elv:** Nem lehet az atomban két elektron ugyanabban az állapotban, vagyis nem lehet mind a 4 kvantumszáma ugyanaz. Ez alapján meg lehet mondani, hogy mely pályákon, másnéven „n” energiaszinten hány darab elektron lehet:

**n=1** esetén  $l=0$ ,  $m=0$ ,  $s=-\frac{1}{2}$  vagy  $\frac{1}{2}$ , tehát **2 elektron**

**n=2** esetén  $l=0$ ,  $m=0$ ,  $s=-\frac{1}{2}$  vagy  $\frac{1}{2}$ , tehát 2 elektron

$l=1$ ,  $m=-1$  vagy  $0$  vagy  $1$ ,

$s$  minden  $m$  értékhez kétféle  $-\frac{1}{2}$  vagy  $\frac{1}{2}$ ,

tehát összesen 6 elektron

vagyis az  $n=2$  esetén összesen  $2+6=8$  **elektron**

- **Példák a fénykibocsátás és elnyelés atomokra jellemző színeképeinek gyakorlati alkalmazásaira**

különböző fényű utcai gázlámpák, anyagvizsgálat, csillagok fényéből anyaguk meghatározása