

# A fény mint elektromágneses hullám és mint fényrészecske

**Maxwell** az elektromágneses (rádió) hullámok tanulmányozása közben:

„Az elektromágneses hullámok terjedési sebesség(e) ... annyira **közel esik a fény terjedési sebességéhez**, hogy úgy tűnik nyomós okunk van arra következtetni, hogy **a fény maga is** egy, az elektromágneses törvények szerint az **elektromágneses térben hullám alakjában tovaterjedő elektromágneses zavar**.”

Mi a fény? Látható **elektromágneses sugárzás (hullám)**  
Hullámhossza kb. **400 és 800 nm** között van.

**Transzverzális** ezért **polarizálható** **lineárisan polarizált fény**  
vagy **síkban** polarizált fény

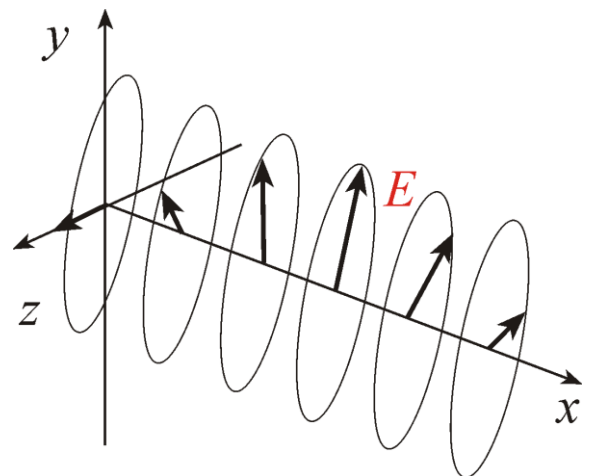


De van **elliptikusan (vagy cirkulárisan) polarizált fény** is.

## Optikai anizotropia

Pl. „anizotrop anyagban” a megfelelően módon **lineárisan polarizált fény terjedési sebessége függ a terjedés irányától**.

Ennek oka az anyag struktúrájával kapcsolatos.



**Következmények, alkalmazások:** kettős törés, polarizációs mikroszkóp, polarimetria.

## Hallwachs kísérlet:

ultraibolya sugárzás hatására negatív elektromos töltéshordozók távoznak a megvilágított fém felületéről. Ezt nevezzük **fényelektromos jelenségnek** vagy **fotoeffektusnak**.

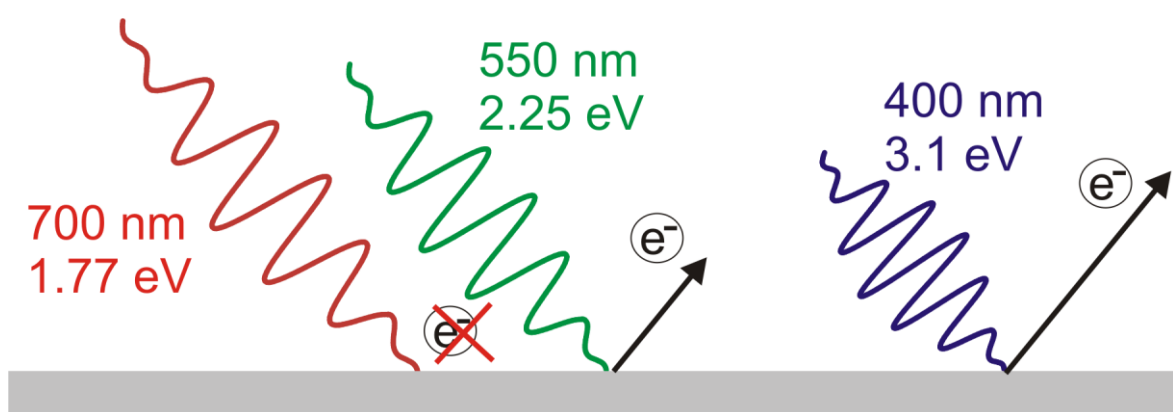
Lénárd alaposabban tanulmányozta a jelenséget és többek között a következő megállapításokra jutott:

- a távozó töltéshordozók **elektronok**,
- a jelenség egy a fém anyagától függő **küszöbfrekvencia** alatt nem jön létre, (hiába növeljük a megvilágító fény intenzitását),
- a **kilépő elektronok maximális sebessége** nem a megvilágító fény intenzitásától, hanem a **színétől**, azaz frekvenciájától **függ**, (növekvő frekvenciával növekszik a sebesség)

Az **elektromágneses hullámok elmélete alapján**, ezeket a tapasztalatokat **nem lehet megmagyarázni**.

**Einstein:** a fény  $hf$  nagyságú energiaadagokból, **fotonokból** áll (ahol  $h$  a Planck-állandó,  $f$  pedig a fény frekvenciája).

Fényelektromos hatás: a foton akkor képes elektront kiléptetni a fémből, ha ehhez elegendő energiával rendelkezik. Eközben a foton elnyelődik.



$$hf = W + E_{\text{kin}} = W + \frac{1}{2}m_e v^2$$

## Jelenség

**Hullám** tulajdonsággal illetve **részecske** tulajdonsággal magyarázható

	<b>hullám</b>	<b>részecske</b>
Fényvisszaverődés	+	+
Fénytörés	+	+
Interferencia	+	-
Polarizáció	+	-
Fényelektromos hatás	-	+

Már korábban is vita tárgya volt:

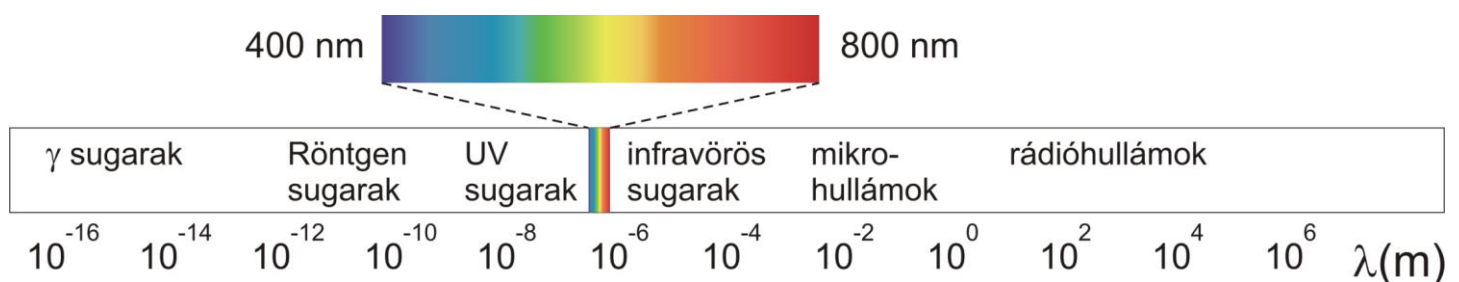
Vajon **nem téves-e minden olyan hipotézis**, amely azt tételezi fel, **hogy a fény nyomás vagy mozgás, amely valamely fluidumban terjed?** Vajon **a fénysugarak nem kis testekből** állnak-e, amelyeket a fénylő anyag kibocsát?

**Newton** (1642-1726): Optics

...ha figyelembe vesszük azt ...(hogy) a (fény)sugarak egymás akadályozása nélkül áthaladhatnak (egymáson)...(akkor) ha mi egy fénylő tárgyat látunk, az **nem lehet egy anyagáramlás** következménye, amely anyag a tárgyról felénk jön oly módon, **mint ahogy a golyó** vagy a nyíl **halad** a levegőben;...Így tehát a fény valahogy másként terjed; **ami ennek megértéséhez vezet, az az ismeret, amely a hang(hullám) terjedéséről birtokunkban van.**

**Huygens** (1629-1695): Traité de la lumière

Elektromágneses spektrum:



# Sugárzások

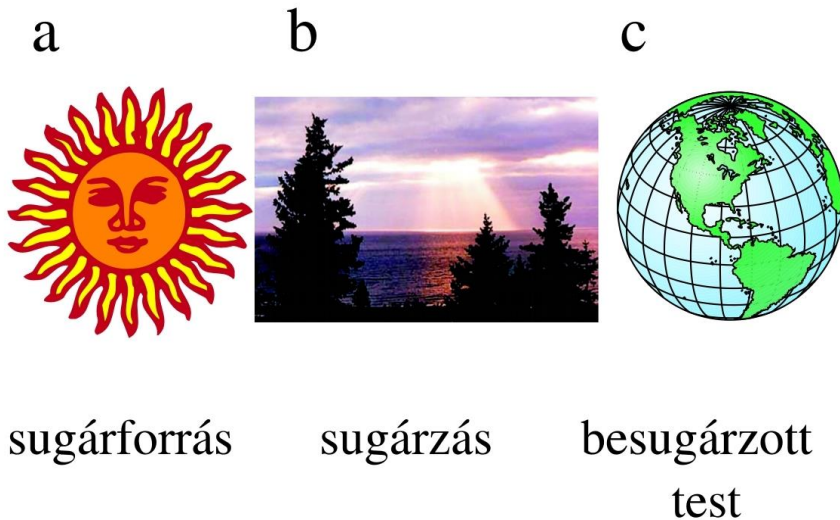
példák:

napsugárzás, röntgensugárzás, hangsugárzás, rádiósugárzás,  
radioaktív sugárzás

sokfélék

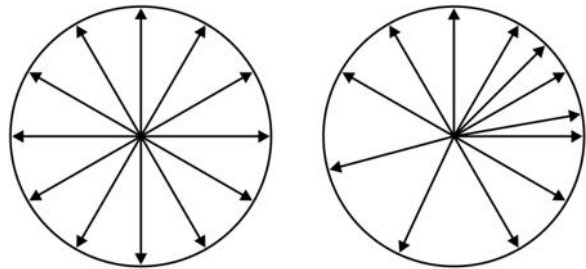
közös tulajdonságuk: **bennük energia terjed**

## Fogalmak, jellemző fizikai mennyiségek



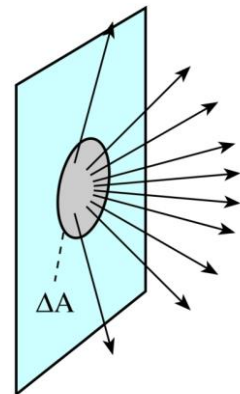
a1.) pontszerű eset (áramvonalak)  
kisugárzott **teljesítmény**

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \text{ [W]}$$



a2.) kiterjedt eset  
kisugárzott **felületi teljesítmény**

$$M = \frac{\Delta E}{\Delta t \Delta A} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

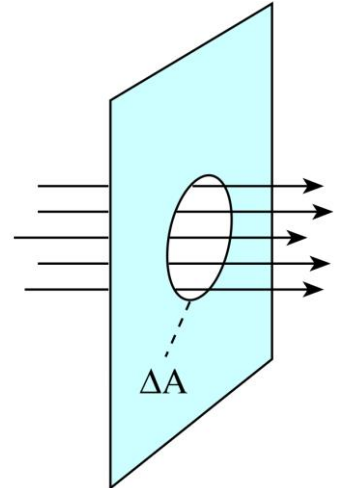


b1.) **energiaáram-erősség**  $I_E = \frac{\Delta E}{\Delta t} \text{ [W]}$

b2.) felületre merőleges áramvonalak!

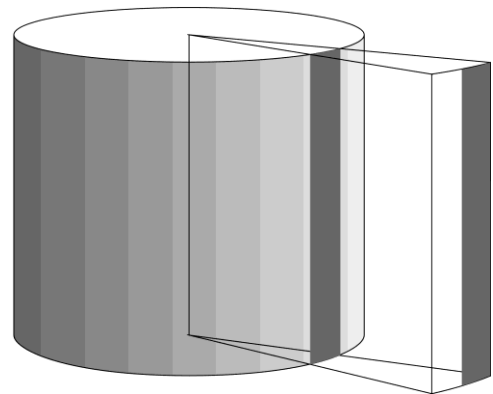
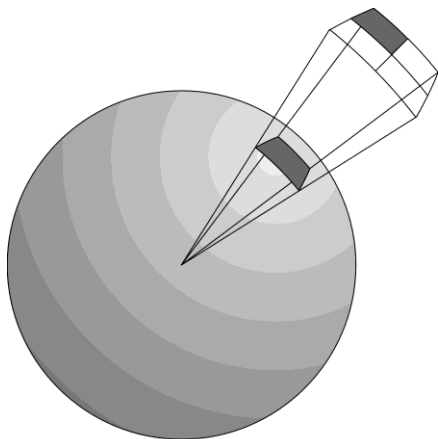
**intenzitás** (vagy)

energiaáram-sűrűség  $J_E = \frac{\Delta E}{\Delta t \Delta A} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$



c.) besugárzott **felületi teljesítmény**  $M_{be}$

**Jelenségek, törvények**  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$



1.) pontszerű forrásra (gömbszimmetria)

$$P = M_1 A_1 = M_2 A_2$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad M \sim 1/r^2$$

2.) vonalszerű forrásra (hengersizimmetria)

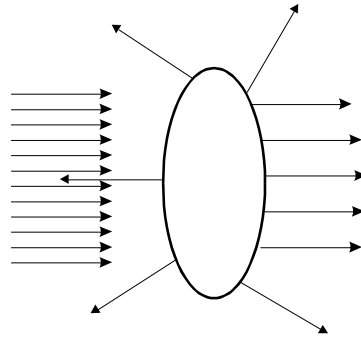
$$M \sim 1/r$$

3.) merőleges és ferde beesés

$$M = J \cos \alpha$$

4.)

sugárzás



anyag

energia

- átmegy
- visszaverődik
- kiszóródik
- elnyelődik

kölcsönhatás:  $J$  gyengül, de hogyan? (kísérlet)

Mitől függ  $\Delta J = J_{\text{ki}} - J_{\text{be}}$ ?

- belépő intenzitás
- rétegvastagság; (rétegek száma)
- anyagi minőség

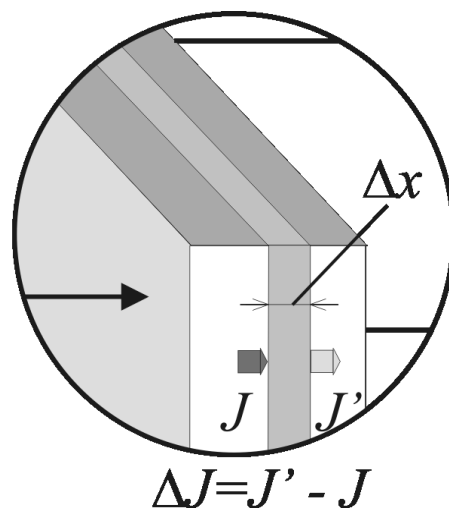
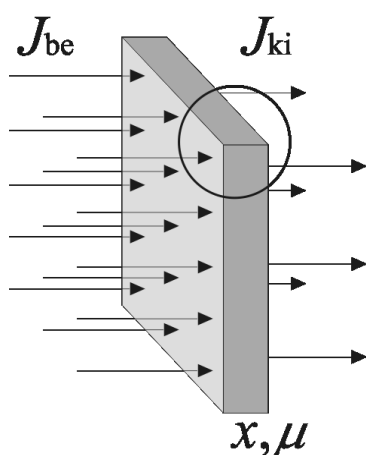
$$J_{\text{belépő}}$$

$$x = k\Delta x$$

$$\mu$$

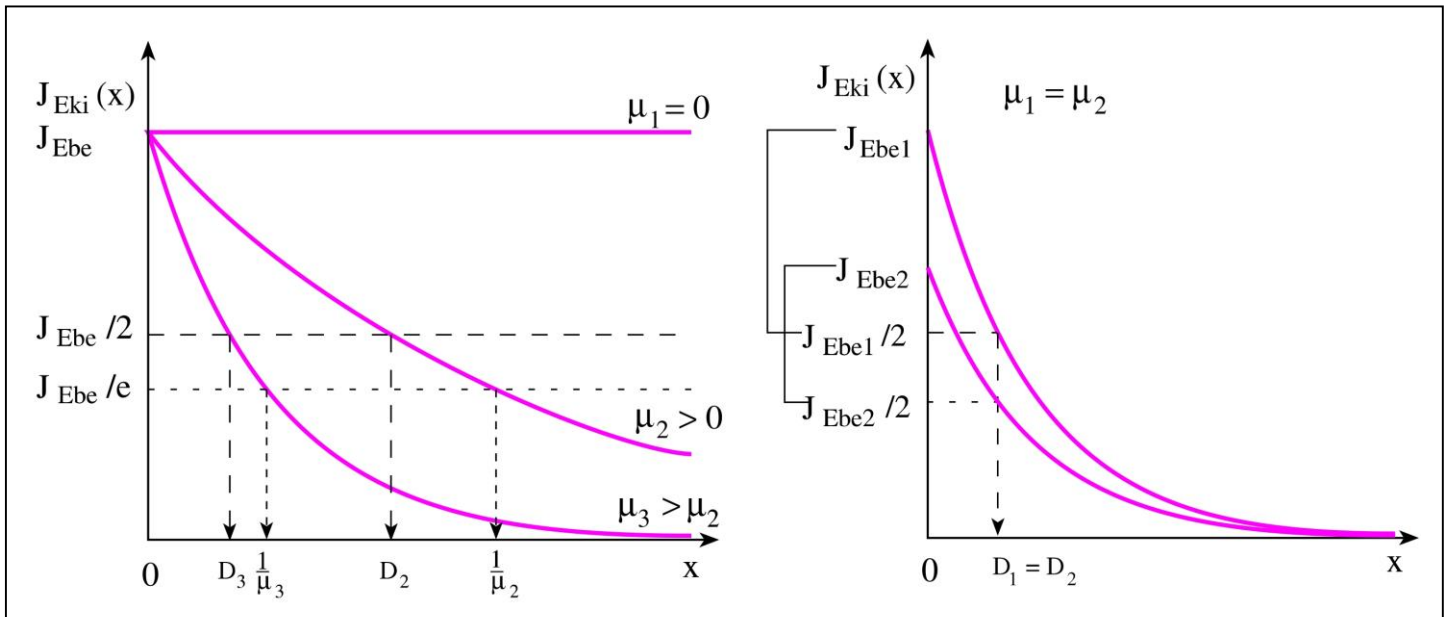
Kiinduló feltevések:

- "elég" kis  $\Delta x$ -re  $\Delta J \sim \Delta x$  és  $\Delta J \sim J$  (arányosság)
- $\Delta x = 0$  esetén  $J_{\text{ki}} = J_{\text{be}} = J_0$



$x$  jellemző az anyag **mennyiségére**,  $\mu$  pedig a **minőségére**  
 kis  $\Delta x$  vastagságú rétegre  $\Delta J = J' - J = -J\mu\Delta x$

$$J(x) = J_0 e^{-\mu x}$$



Alkalmazások: röntgendiagnosztika, sugárvédelem