

Biofizika

Csik Gabriella

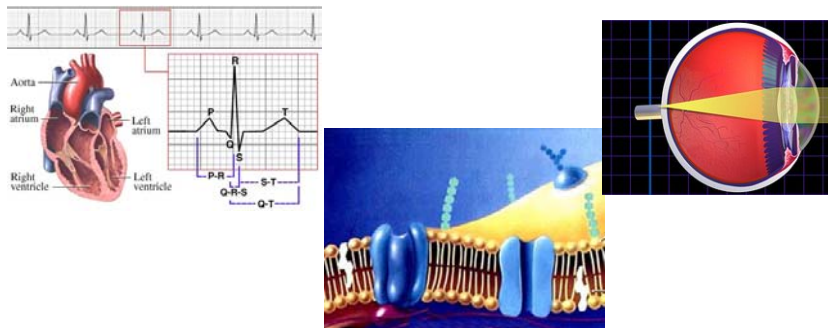
csik.gabriella@med.semmelweis-univ.hu

Eötvös Loránd kora diákjait tréfásan jellemzi : ... határozott céllal jön az egyetemre, ügyvéd, politikus vagy orvos akar lenni. Amint az egyetemre lép, kritizálja tanárait, s az egész tanítási rendszert. A kritikája rendszeresen arra vezet, hogy az elméleti tantárgyakat életcéljaira haszontalanoknak nyilatkoztatja, «... nem fog soha fizikával vagy kémiával gyógyítani, mire való volna tehát e tantárgyak tanulására időt fecsérelni?»

Mi a biofizika tárgya?

Biológiai jelenségek fizikai leírása/értelmezése

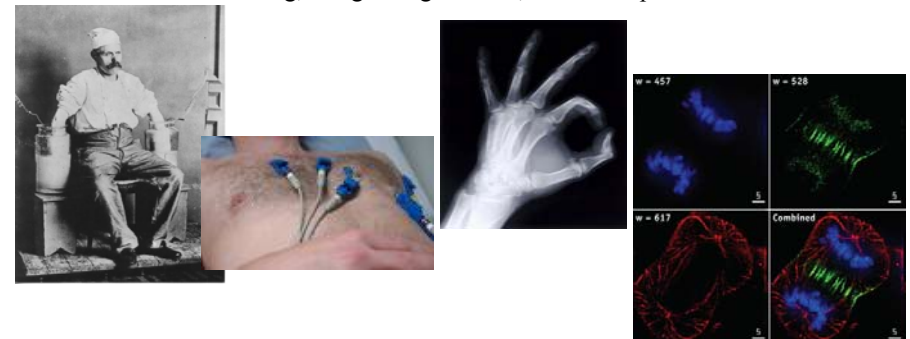
Pl. szívműködés, membránok szerkezete és működése, érzékelés stb.



Mi a biofizika tárgya?

A biológiában és orvostudományban alkalmazott fizikai módszerek tárgyalása

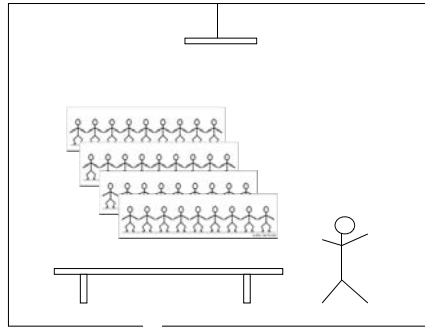
Pl. ekg, röntgendiagnosztika, mikroszkópos technikák stb.



Sugárzások

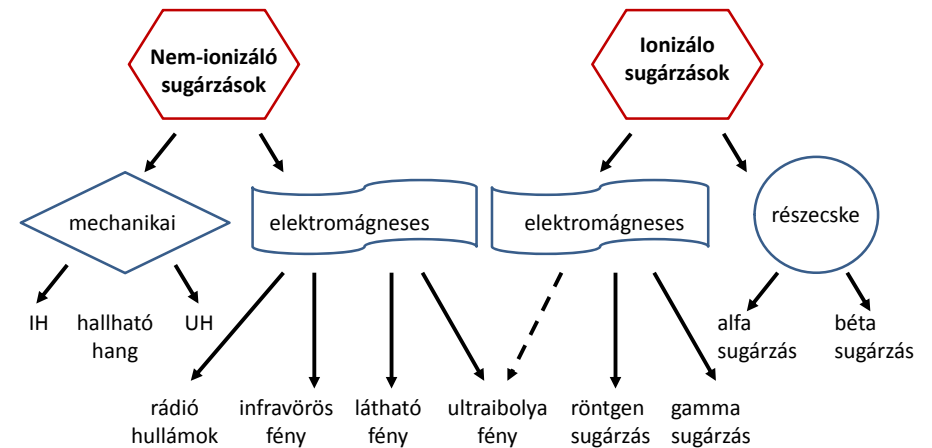
Milyen példákat tapasztalunk magunk körül?

hang
fény
rádióhullámok
magsugárzások



Sugárzás: energia kibocsátás és terjedés

Sugárzások



A fény természete

Hullám?



Christiaan Huygens

(1629 - 1695)

Traité de la lumière
1690

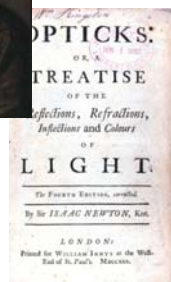
Részecske?



Isaac Newton

(1642 - 1727)

Opticks
1704



Hullámok általános leírása

Rezgés v. oszcilláció következtében kialakuló, térben és időben periódikus jelenség, amelyben energia terjed



de a hullámok különbözhetnek
az energia fajtája
az energia mennyisége
a terjedés mechanizmusa szerint

Jellemző mennyiségek

Térbeli periodicitás - hullámhossz

λ [m] vagy [nm]

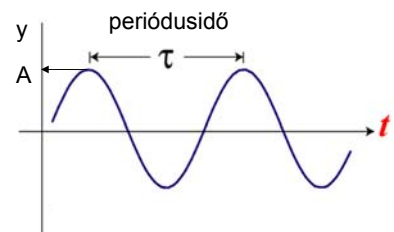
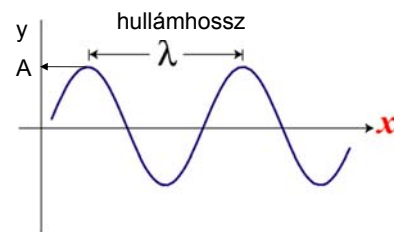
Maximális kitérés - amplitúdó

$$E \sim A^2$$

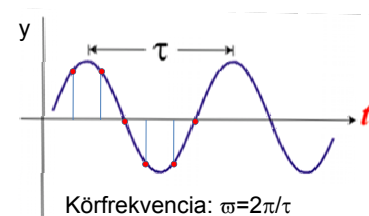
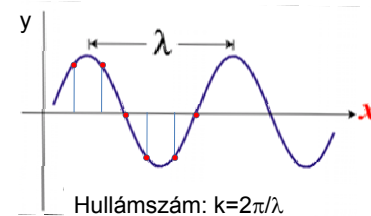
Időbeli periódicitás

- periódusidő
- frekvencia

$$f = \frac{1}{\tau} \left[\frac{1}{s} \right]$$



Fázis : kitérés állapot



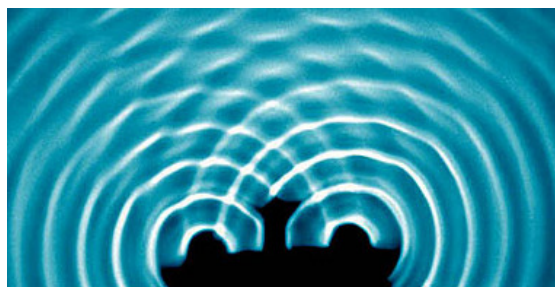
$$\phi(x) = kx + \phi_0$$

$$\phi(t) = \omega t + \phi_0$$

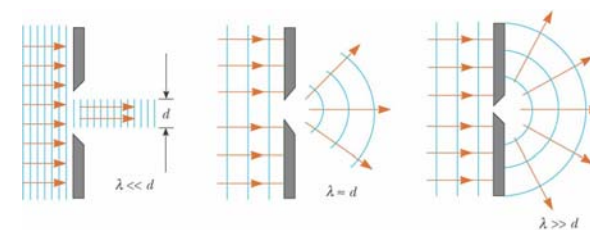
$$\phi = \omega t + kx + \phi_0$$

Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

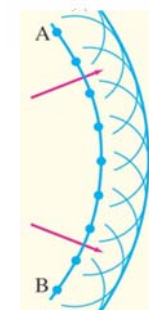
- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció



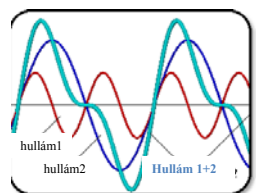
Elhajlás



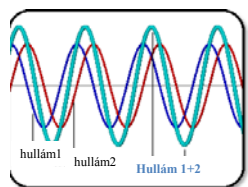
Huygens-elv : egy hullámfelület minden pontjából elemi hullámok indulnak ki. Az új hullámfelület ezen hullámok burkolófelülete.



Szuperpozíció: az eredendő amplitúdó a találkozó hullámok amplitúdóinak összege, azaz a tér egyes pontjaiban a jelenlevő rezgések összeadódnak



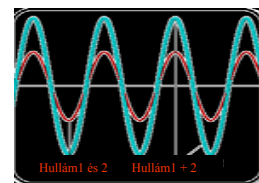
nem azonos frekvencia



azonos frekvencia

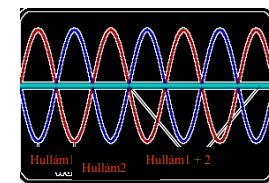
Interferencia - koherens hullámok szuperpozíciója

A két hullám összegződése időben állandó hullámképet (intenzitáseloszlást) hoz létre



azonos fázis
pozitív interferencia

$$\Phi = 0^\circ$$



ellentétes fázis
negatív interferencia

$$\Phi = 180^\circ$$

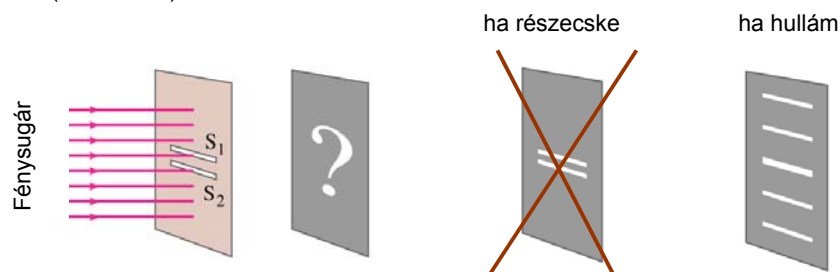


Thomas Young
(1773-1829)

A fény
hullám vagy részecske?

Kísérlet két réssel

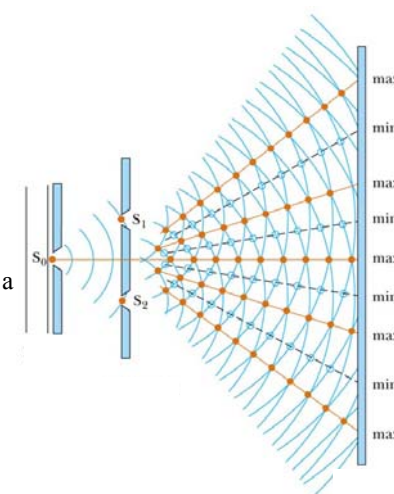
Mit látunk az ernyőn?



Young kísérletének magyarázata

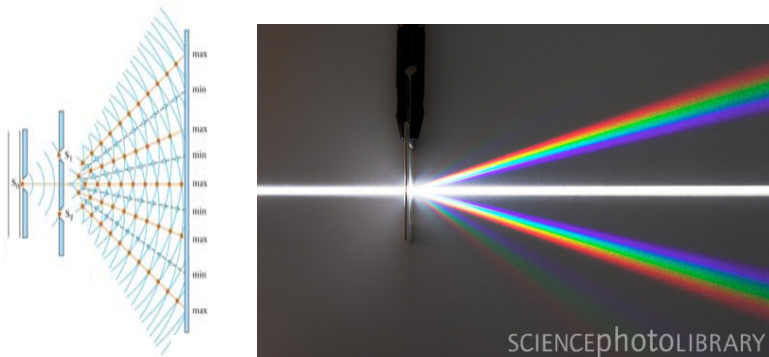
S_1 és S_2 rések elemi hulláforrások

A résekből kiinduló hullámok ugyanabból a hullámfrontból származnak, tehát azonos fázisban vannak



interferencia

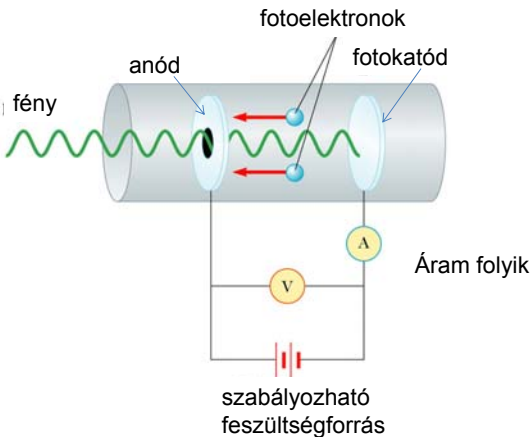
Fehér fény felbontása ráccsal



Részecsketermészetet bizonyító jelenség:



Heinrich Hertz
1887



Fotoelektromos effektus

Megvilágító fény

azonos szín /hullámhossz

azonos amplitúdó

növekvő
amplitúdó / intenzitás

Folyik áram?

nem
nem
nem
nem

változó szín / hullámhossz

Folyik áram?

nem
igen
igen

Nincs elektronkilépés, amíg a frekvencia nem halad meg egy kritikus értéket

Fotoelektromos effektus értelmézése?

	Mit kell tapasztalnunk		kísérleti eredmény
	ha hullám	ha részecske	
Növekvő intenzitás			
Kilépő elektronok száma	nő	nő	nő
Elektronok mozgási energiája	nő	változatlan	változatlan
Növekvő frekvencia			
Kilépő elektronok száma	változatlan	változatlan	változatlan
Elektronok mozgási energiája	változatlan	nő	nő

Magyarázat ?

- A jelenség értelmezése a hullámtermészettel nem lehetséges
- Plank – a kvantumfizika kezdetei - hullámoknak az energiája csak diszkrét értékeket vehet fel

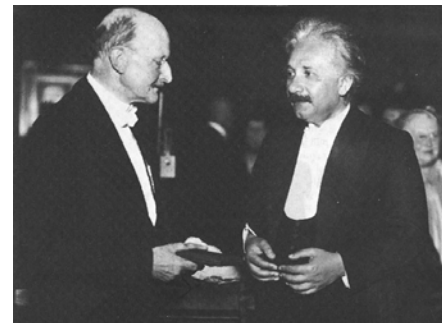
$$E = hf$$

- Einstein – magyarázata a kvantumelmélet alapján

"Én úgy vagyok, hogy már száz ezer éve nézem, mit meglátok hirtelen"

József Attila

Max Planck



Albert Einstein

Fizikai Nobel-díj 1918
a kvantumelméletért

Fizikai Nobel-díj 1921
a fotoelektromos hatás magyarázatáért

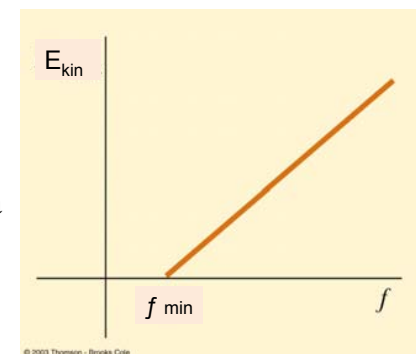
Einstein magyarázata

- A fény kvantált természetű, energia csomagokban terjed
- A foton energiája: $E = hf$
- A foton az elektronnal való ütközéskor annak átadja teljes energiáját, ha ez az energia *legalább akkora*, mint az elektron kilépési munkája (A).
- Ha az energia kisebb, mint a kilépési munka (v. ionizációs energia), nincs kölcsönhatás
- 1 foton – 1 elektron kölcsönhatás
- A kilepő foton mozgási energiája: $E_{kin} = hf - A$

Einstein magyarázata és a határfrekvencia

A kilepő elektron mozgási energiája egyenesen arányos a sugárzás frekvenciájával

Metszete az x tengellyel kijelöli a kölcsönhatáshoz szükséges legkisebb frekvenciát



Ez az érték a fotokatód anyagára jellemző:

$$A = hf$$

A fény kettős természetű

Részecske – energiája kvantált, egy “csomagja” a foton

Egy foton energiája: $E = hf = h \frac{c}{\lambda}$

Planck állandó: $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Joule} \cdot \text{s}$

Nincs nyugalmi tömege

Vákuumban is terjed

Fotonenergia kiszámítása

$$E = h \times \frac{c}{\lambda}$$

Ha $\lambda = 400 \text{ nm}$

$$E = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js} \times \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4.95 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = \frac{4.95 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.1 \text{ eV}$$

$$E_{\text{VIS}} = 1.6 - 3.1 \text{ eV}$$

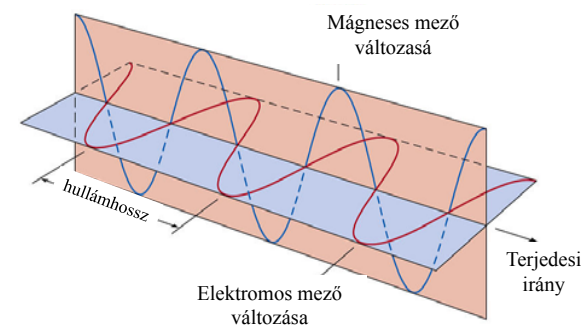
Mennyi is.....?

- 1 TeV: a repülő szúnyog mozgási energiája
- 200 MeV: ^{235}U atom maghasadásakor felszabaduló energia
- 13.6 eV: hidrogén atom ionizációs energiája
- 2.5 eV: kékeszöld színű fény fotonenergiája
- 1/40 eV: kT energia szobahőmérsékleten

A fény kettős természetű

Hullám – transzverzálisan, szinuszosan változó elektromos és mágneses tér

Elektromágneses sugárzás



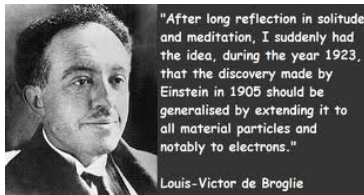
Miért csak a fény lenne kettős természetű?

De Broglie hipotézise: *minden* anyagnak van hullámtermészete

Az elektron impulzusa:

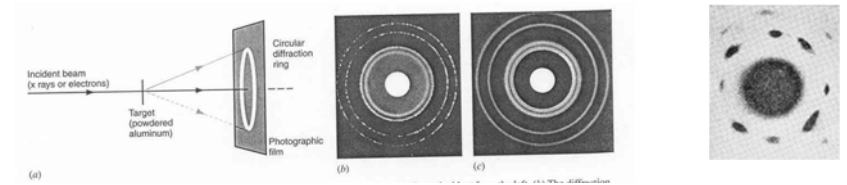
$$p = m_e v$$

$$\lambda = h / p$$



$$E = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

A részecskék hullámtermészete



Az elektronnyaláb szóródik (elhajlás és szuperpozíció), elhajlási képet hoz létre, mint a fény



Clinton Joseph Davisson

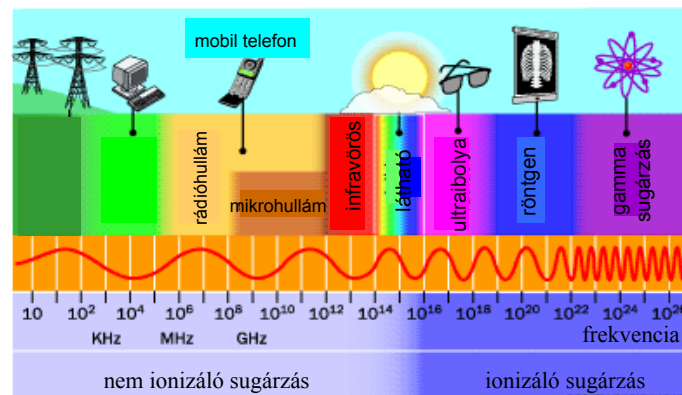


George Paget Thomson

Nobel Prize in Physics 1937

"for their experimental discovery of the diffraction of electrons by crystals"

Az elektromágneses spektrum



Kérdés: minek a hossza/átmérője lehet akkora, mint a mikrohullám, a látható fény vagy a röntgen sugárzás hullámhossza?

10^{-5} eV – mikrohullám

2 eV – látható fény

100 eV – röntgen

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 2. 1.

2.1.1

2.1.2

2.1.3

2.1.4

2.1.5

2.1.8