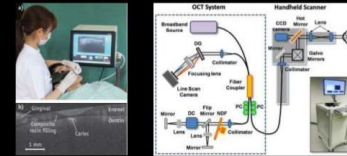


# Biofizika

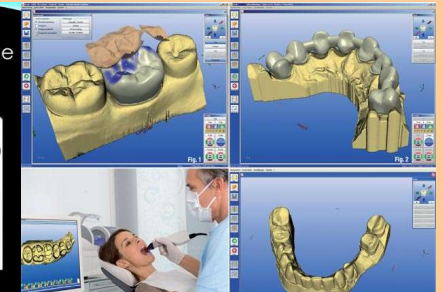
Csik Gabriella

csik.gabriella@med.semmelweis-univ.hu

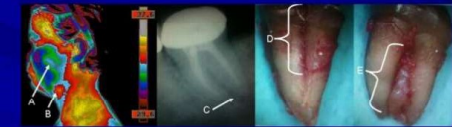
## A. Handheld Optical coherence Tomography (OCT)



Diagnosis and monitoring in Dentistry

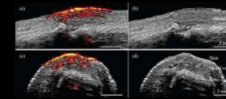


## Root Canal... Infection



This female had no concerns regarding her oral health. Note the significant heat/thermal finding at "R", which is consistent with an active lymph node, among other things. In the event of an underlying tooth infection, she sought dentistry to determine the cause of this finding. Dental xray of tooth #18 indicated abnormality at "C", consistent with infection. This tooth had previously undergone root canal and was crowned. Months of treatment to improve the health of the tooth proved unsuccessful, and the tooth was extracted. After extraction, a contributing factor/likely cause of infection was observed: a long/vertical fracture/crack at "D". Note the soft tissue infection between the roots on the opposite side of the tooth at "E".

## C. Improved Photoacoustic Ultrasound imaging

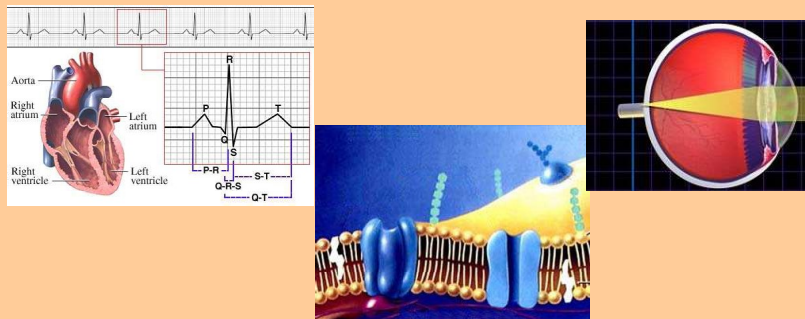


Improves minimally invasive surgery by fusion of intraoperative ultrasound (IOUS) images with the video from endoscopic cameras, and preoperative CT or MRI images

## 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

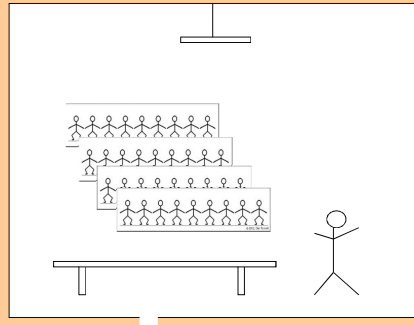
Milyen példákat tapasztalunk magunk körül?

hang

fény

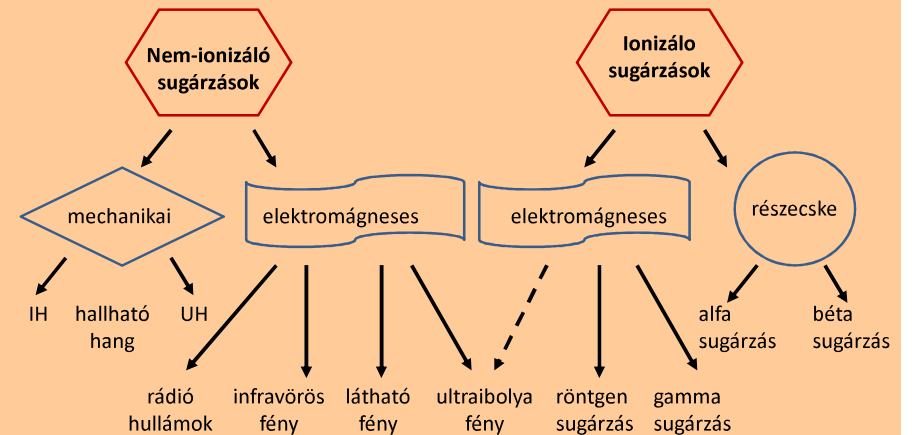
rádióhullámok

magsugárzások



Sugárzás: energia kibocsátás és terjedés

# Sugárzások



## A fény természete

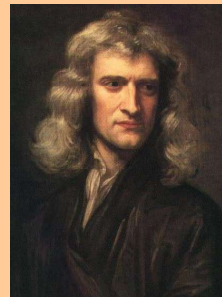
Hullám?

Részecske?



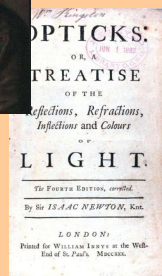
**Christiaan Huygens**  
(1629 - 1695)

*Traité de la lumière*  
1690



**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*

$\lambda$  [m] vagy [nm]

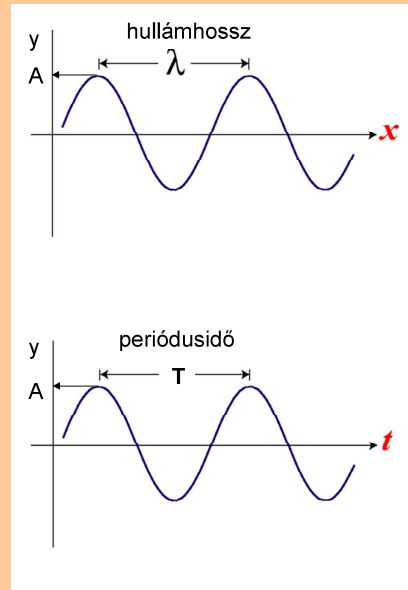
Maximális kitérés - *amplitúdó*

$$E \sim A^2$$

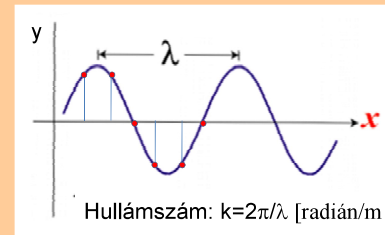
Időbeli periodicitás

- *periódusidő*  
- *frekvencia*

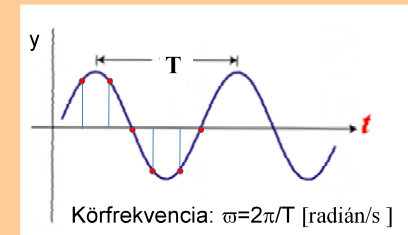
$$f = \frac{1}{T} \left[ \frac{1}{s} \right]$$



*Fázis* : kitérés állapot



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



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

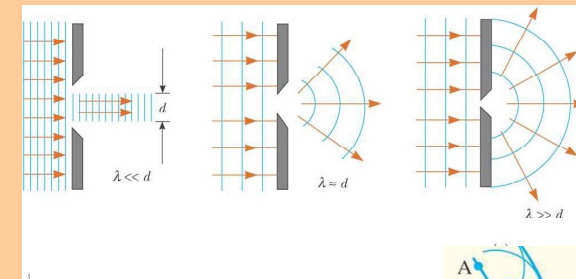
$$\phi = \omega t + kx + \phi_0$$

Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

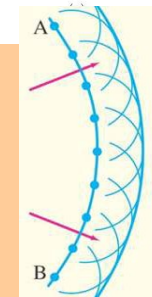
- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció



## Elhajlás

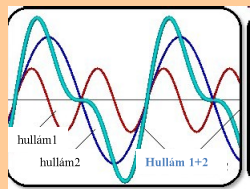


Huygens-elv : egy hullámfelület minden pontjából elemi hullámok indulnak ki. Az új hullámfelület ezen hullámok burkolófelülete.

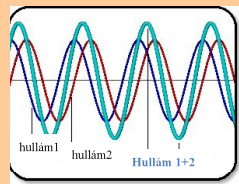


*Szuperpozíció:* az eredő kitérés a találkozó

hullámok kitéréseinek összege, azaz a tér egyes pontjaiban a jelenlevő rezgések összeadódnak



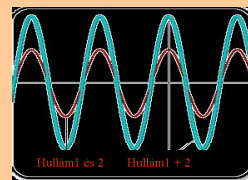
nem azonos frekvencia



azonos frekvencia

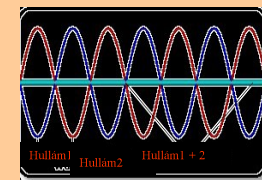
*Interferencia* - koherens hullámok szuperpozíciója

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



azonos fázis  
pozitív interferencia

$$\Phi = 0^\circ$$



ellentétes fázis  
negatív interferencia

$$\Phi = 180^\circ$$



A fény hullám vagy részecske?

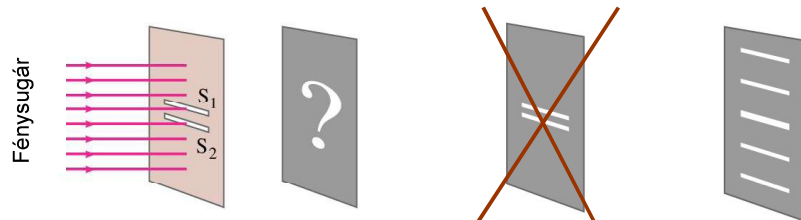
1. Young kísérlete két réssel

Mit látunk az ernyőn?

Thomas Young  
(1773-1829)

ha részecske

ha hullám



*Young kísérletének magyarázata*

$S_1$  és  $S_2$  rések elemi hulláforrások

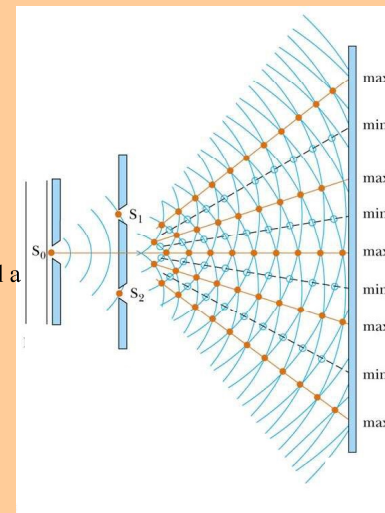
A résekből kiinduló **hullámok** ugyanabból a

hullámfrontból származnak, tehát azonos

fázisban vannak

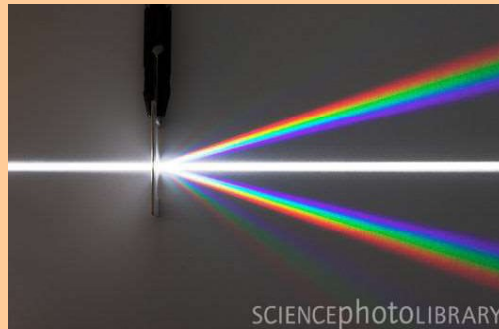
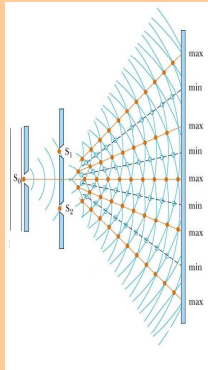


**interferencia**





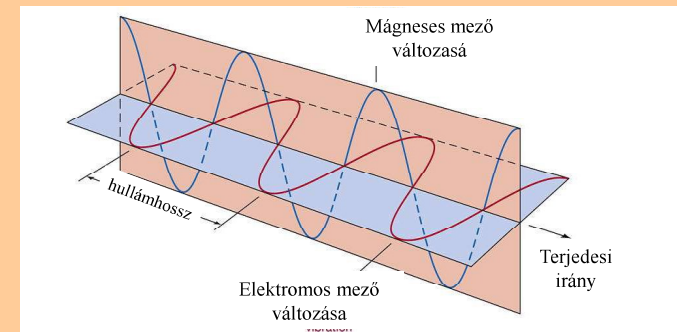
## Fehér fény felbontása ráccsal



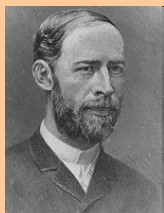
## A fény kettős természetű

**Hullám** – transzverzálisan, szinuszosan változó elektromos és mágneses tér

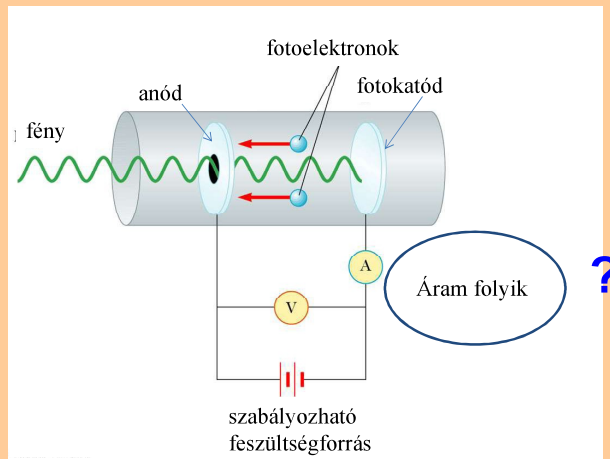
### Elektromágneses sugárzás



## 2. Hertz - kísérlete a fotoelektromos hatásról



Heinrich Hertz  
1887

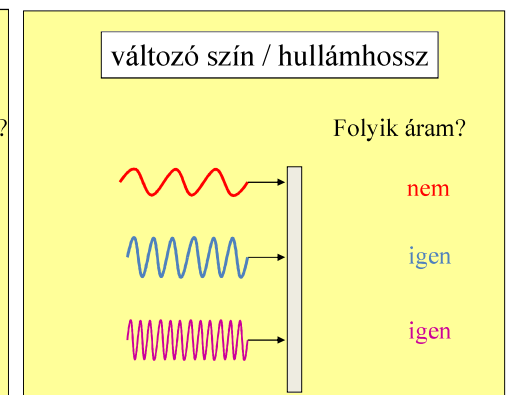
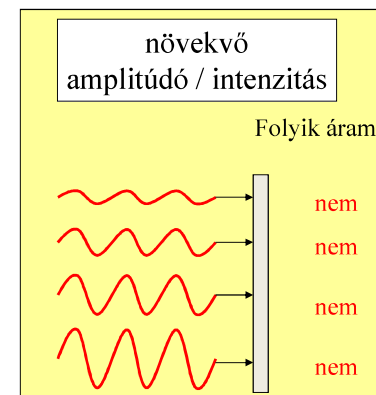


### Fotoelektromos effektus

### Megvilágító fény

azonos szín / hullámhossz

azonos amplitúdó



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

## Fotoelektromos effektus értelmzése?

	Mit kell tapasztalnunk		kísérleti eredmény
	ha hullám	ha részecske	
<b>Növekvő intenzitás, de azonos frekvencia</b>			
Kilépő elektronok száma	nő	nő	nő
Elektronok mozgási energiája	nő	változatlan	változatlan
<b>Növekvő frekvencia</b>			
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

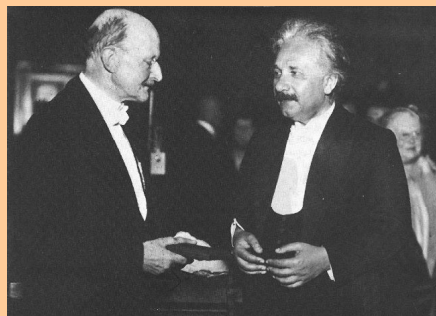
$$E = hf$$

- 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

*"in recognition of the services he rendered to the advancement of Physics by his **discovery of energy quanta**".*

Fizikai Nobel-díj 1921  
a fotoelektromos hatás magyarázatáért

*for his services to Theoretical Physics, and especially for his **discovery of the law of the photoelectric effect**".*

## Einstein magyarázata

- A fénny 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 kilépő elektron mozgási energiája:  $E_{kin} = hf - A$

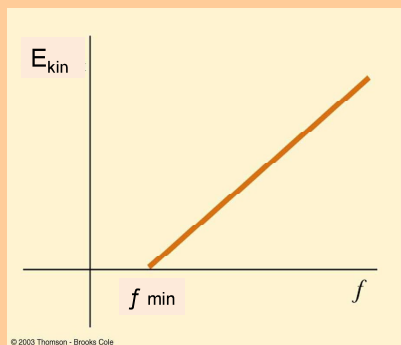
## Einstein magyarázata és a határfrekvencia

A kilépő 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:  $^{235}\text{U}$  atom maghasadásakor felszabaduló energia
- 13.6 eV: hidrogén atom ionizációs energiája
- 2.5 eV: kékeszöld színű fény fotonenergiája
- 1/40 eV: kT energia szobahőmérsékleten

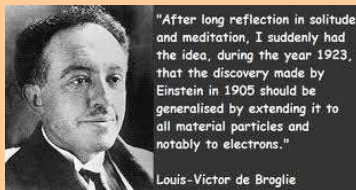
## Miért csak a fény lenne kettős természetű?

De Broglie hipotézise: *minden* anyagnak van hullámtermészete

Az elektron impulzusa:

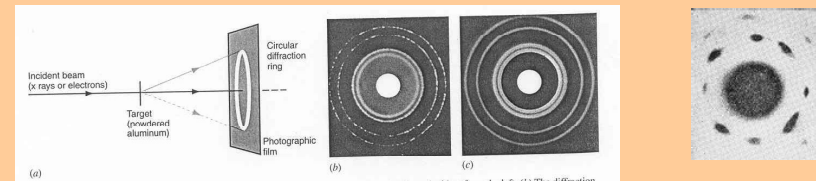
$$p = m_e v$$

$$\lambda = h / p$$



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

## A részecskék hullámtermészete



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

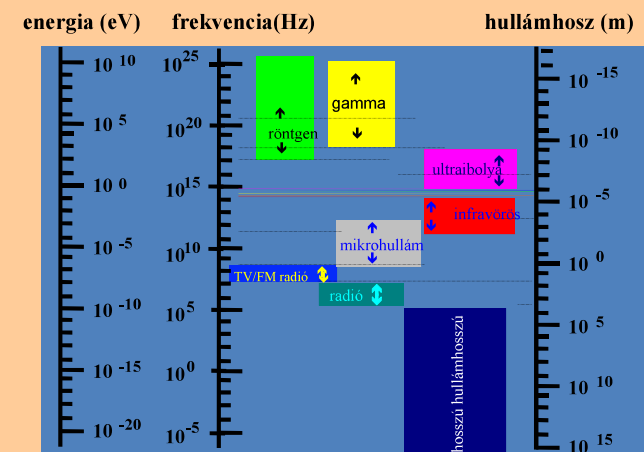
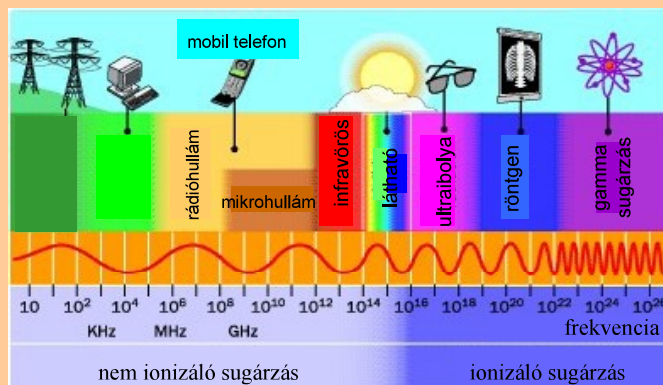


Clinton Joseph Davisson    George Paget Thomson

**Nobel Prize in Physics 1937**

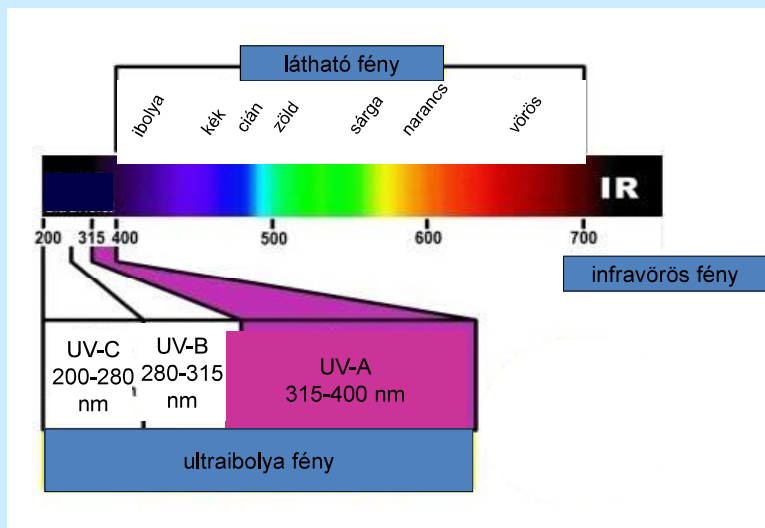
"for their experimental discovery of the diffraction of electrons by crystals"

## Az elektromágneses spektrum





## Az optikai tartomány



## Ellenőrző kérdések

A hullámok paraméterei  
Mit jelent a fény kettős természete  
Hogyan bizonyítható a fény hullámtermészete?  
Hogyan bizonyítható a fény részecske természete?  
Hogyan határozható meg a foton energiája?  
Mit jelent az anyaghullám?

Fizikai mennyiségek és mértékegységük  
hullámhossz  
frekvencia  
energia  
teljesítmény  
intenzitás  
momentum/lendület

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