

# Biofizika I

## 1. Bevezetés, sugárzások

Liliom Károly

2021. 09. 09.

[liliom.karoly@med.semmelweis-univ.hu](mailto:liliom.karoly@med.semmelweis-univ.hu)  
[karoly.liliom.mta@gmail.com](mailto:karoly.liliom.mta@gmail.com)

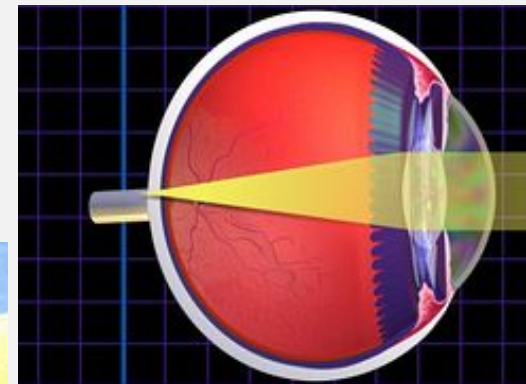
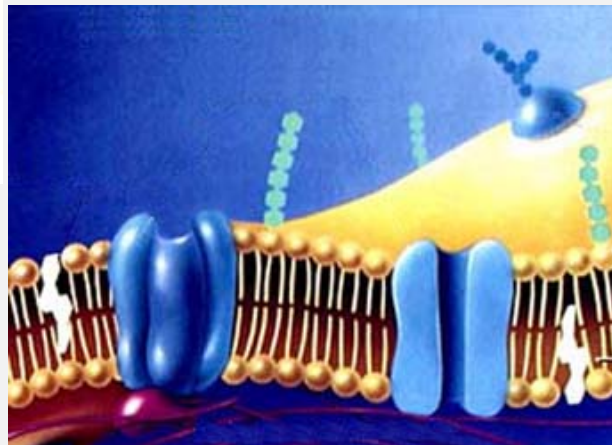
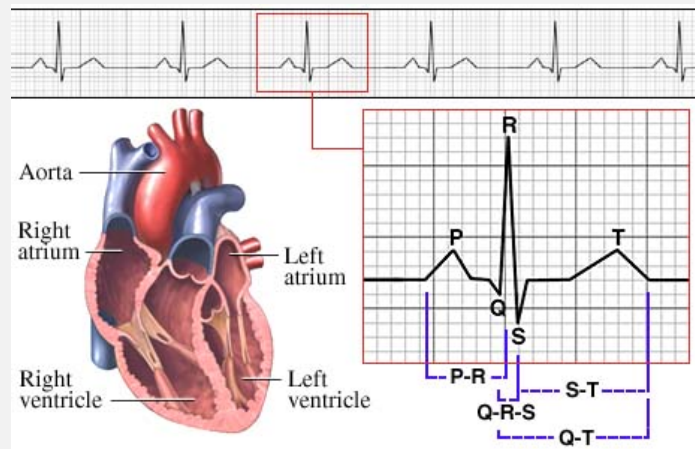
Eötvös Loránd kora diákjait tréfásan így jellemzi:

... határozott céllal jön az egyetemre, ügyvéd, politikus vagy orvos akar lenni. Amint az egyetembe lép, kritizálja tanárait, s az egész tanítási rendszert. A kritikája rendesen arra vezeti, 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

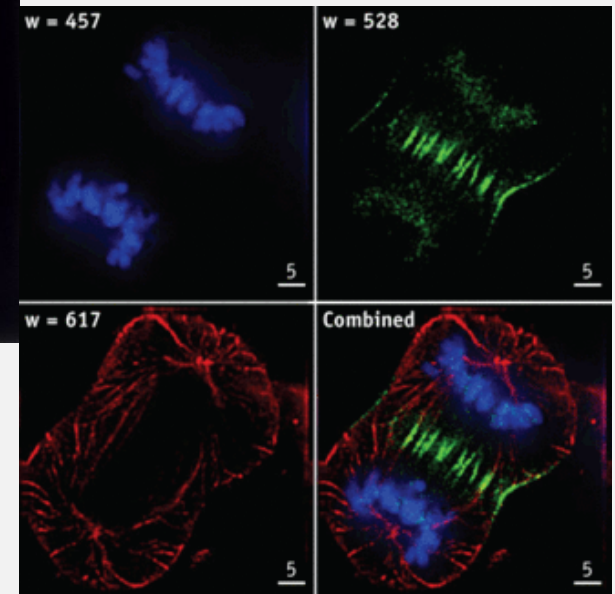
Pl. szívműködés, membránok szerkezete és működése, érzékelés stb.



# Mi a biofizika tárgya?

A biológiában és orvostudományban alkalmazott fizikai módszerek tárgyalása

Pl. EKG, röntgendiagnosztika, mikroszkópos technikák stb.



# Tudomány, tudományos módszer

Megfigyelés, kísérlet (tervezett megfigyelés) = adatok gyűjtése

Adatok elemzése = kapcsolatok keresése a megfigyelt jelenségekben

Kapcsolat = (matematikai) modell (függvény) alkotása, amely leírja az ismert jelenségek (függő változó) tulajdonságait adott körülmények (független változó) mellett

*például változtatom egy röntgenső tulajdonságait (anódáram, anód anyaga) és keresem ezen paraméterek kapcsolatát a keletkezett röntgensugárzás intenzitásával*

A modell-alkotás mindig egyszerűsítés is. A modell alapján olyan, az ismert jelenségek körén túlmutató következtetést teszünk, amelyet kísérletileg ellenőrizhetünk. Az eredmény vagy megerősíti a modellt, vagy új (összetettebb) modell alkotását követeli meg = a tudományos modell *falszifikálható* = ki kell állnia a gyakorlat próbáját = mindig a kísérleti tényeké a döntő szó!

Tudományos ismeretek = a rendelkezésünkre álló modellek együttese

Orvostudomány, fogorvostudomány...

# (bio)fizika – matematika

## (képlettár)

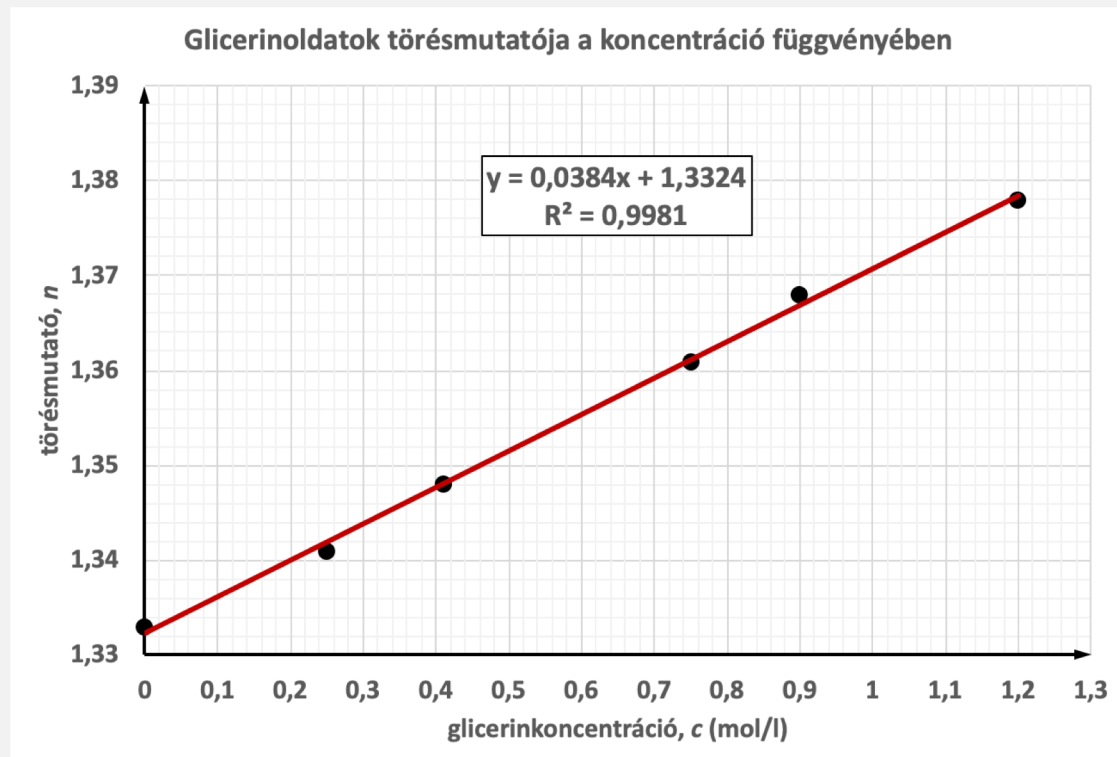
- törekszünk arra, hogy az egyes változók (paraméterek) hatását más tényezőktől függetlenül vizsgáljuk
- Occam borotvája – két, az adott jelenséget egyformán jól leíró magyarázat közül azt érdemes választani, amelyik az egyszerűbb (amelyik a kevesebb számú feltételezést tartalmaz)
- matematikai modell = függvénykapcsolat
- példa: híg oldat törésmutatójának változása az oldat koncentrációjának függvényében:  
 $n = n_0 + k \cdot c$  (képlet?)

*amit használunk:*

- *lineáris függvény*
- *hatványfüggvény*
- *exponenciális és  
logaritmusfüggvény*
- *szinuszfüggvény*

*amit érdemes átnézni:*

- *egyenletek átrendezése*
- *mértékegységek*
- *vektorok*



# Fizikai alapismeretek



## Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

Semmelweis Egyetem - Általános Orvostudományi Kar

[Feedback](#) | [Dokumentumtar](#) | [Adatreivitel](#)

[Kezdőlap](#) [Oktatás](#) [Kutatás](#) [Szolgáltatás](#) [Munkatársak](#) [Elérhetőségek](#)

### Általános Orvostudományi Kar

Az orvosi biofizika matematikai és fizikai alapjai

Biofizika Gyakorlatok

Demonstrátori munka

Modellmembránok

OMHV intézkedési terv

Orvosi biofizika I.

Orvosi biofizika II.

Orvosi statisztika, informatika és telemedicina

### Fogorvostudományi Kar

A biofizika fizikai alapjai

Biofizika Gyakorlatok

Biofizika II. (FOK)

Demonstrátori munka

Fogorvosi anyagtudomány fizikai alapjai

Modellmembránok

OMHV intézkedési terv

### Gyógyszerésztudományi Kar

A biofizika fizikai alapjai

Biofizika 1. (GyTK)

## A biofizika fizikai alapjai

2021-2022

[Leírás](#) [Előadások](#) [Vizsga](#)

### Általános információk

Szabadon választható tárgy:

14 óra elmélet tömbösítve az első 4 oktatási héten.

Az előadások az EOK Békésy előadótermében lesznek (Tűzoltó u. 37-47) hétfőn 18:40-20:10 között és csütörtökön 17:05-18:35 között.

Előadók: Dr. Kósa Nikolett, Dr. Orosz Ádám, Dr. Zolcsák Ádám.

A záróteszt az 5. oktatási héten lesz, pontos időpontját később közöljük.

### A tantárgy rövid leírása

A tárgy célja a középiskolai oktatás hiányosságainak pótlása, az orvosi biofizika megértéséhez szükséges ismeretek összefoglalása.

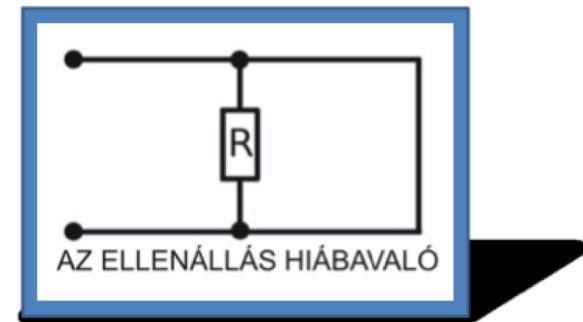
### A tantárgy elsajátításához szükséges segédanyagok (könyv, jegyzet, egyéb)

[alapfizika jegyzet \[pdf\]](#)

## Fizikai alapismeretek

Vizsgareleváns kiegészítő anyag  
az „orvosi biofizika“ és „biofizika“ kurzusokhoz

Összeállította: Dr. Tölgyesi Ferenc, egyetemi docens



Semmelweis Egyetem  
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet  
2016

A leggyakrabban használt fogalmak: energia (munka, teljesítmény), impulzus (momentum), erő (térerősség), mozgások leírása (sebesség, gyorsulás)...

# Miről lesz szó az első félévben?

- 1 Bevezetés a biofizikába, sugárzások jellemzése, elektromágneses spektrum
- 2 Geometriai optika: Fermat-elv, fénytörés, lencsék képalkotása, mikroszkóp
- 3 A fény, mint hullám: Huygens-elv, fényelhajlás, interferencia, felbontóképesség
- 4 Fény és anyag kölcsönhatásai, szóródás, abszorpció, visszaverődés, színlátás
- 5 Atomok, molekulák, anyagszerkezet
- 6 Hőmérsékleti sugárzás; az emberi test emissziója, infradiagnosztika
- 7 Lumineszcencia, lumineszcens fényforrások, alkalmazások az orvostudományban
- 8 A lézerek működési elve, típusai, orvosi alkalmazásai
- 9 Modern mikroszkópos technikák
- 10 Röntgensugárzás előállítása, spektruma, röntgensugárzás és anyag kölcsönhatása
- 11 A fény biológiai hatásai, orvosi alkalmazások
- 12 Röntgendiagnosztikai módszerek fizikai alapjai
- 13 Magsugárzások jellemzői, az izotópos nyomjelzés fizikai alapjai
- 14 Magsugárzások klinikai alkalmazásai



# Sugárzások

Sugárzás: energia kibocsátása és terjedése

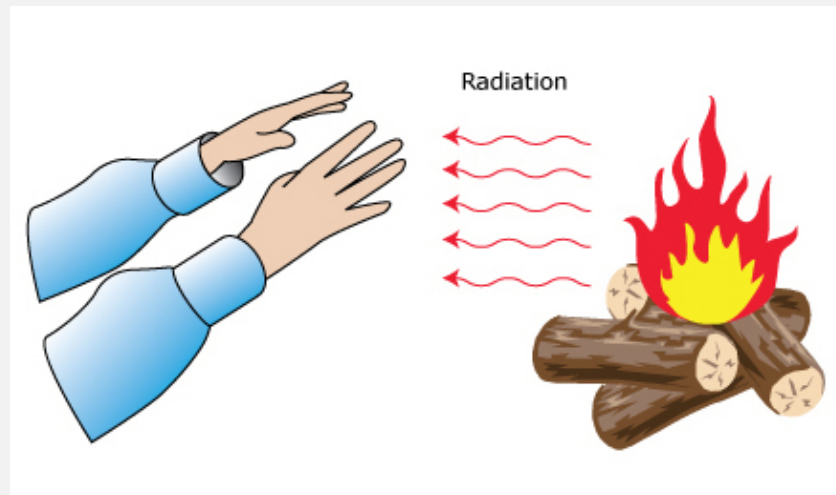
Milyen példákat tapasztalunk magunk körül?

hang

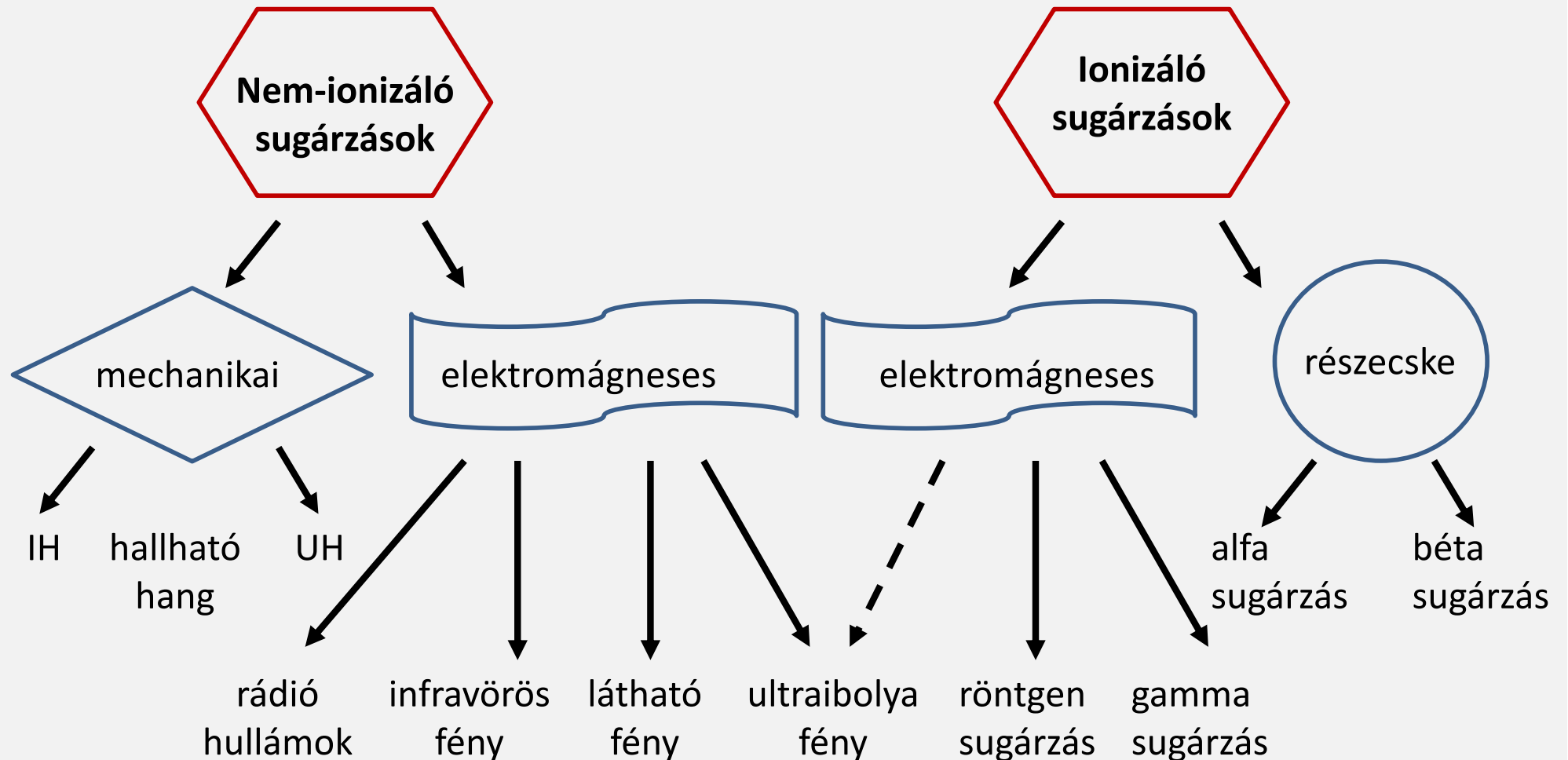
fény

rádióhullámok

magsugárzások



# Sugárzások osztályozása



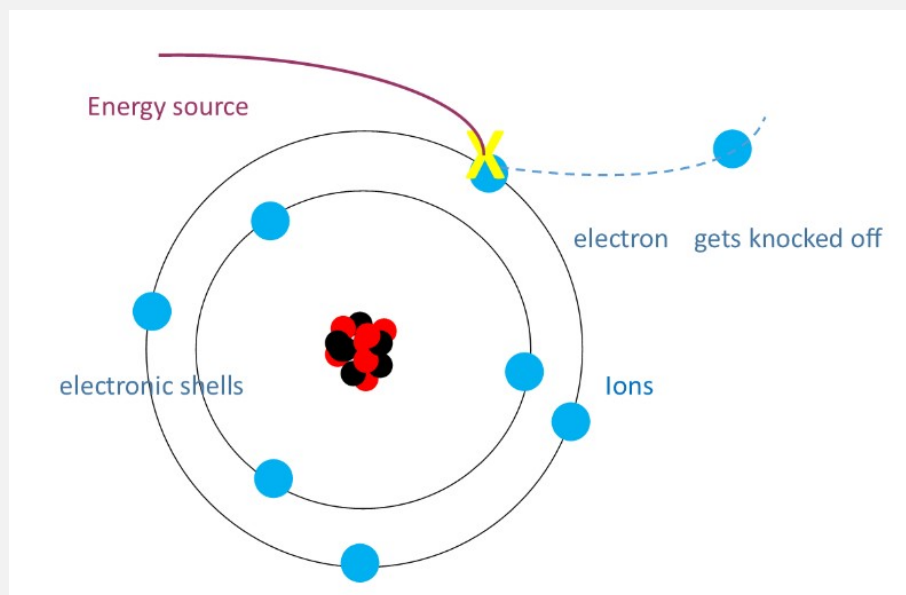
# Sugárzások osztályozása

Nem-ionizáló  
sugárzások

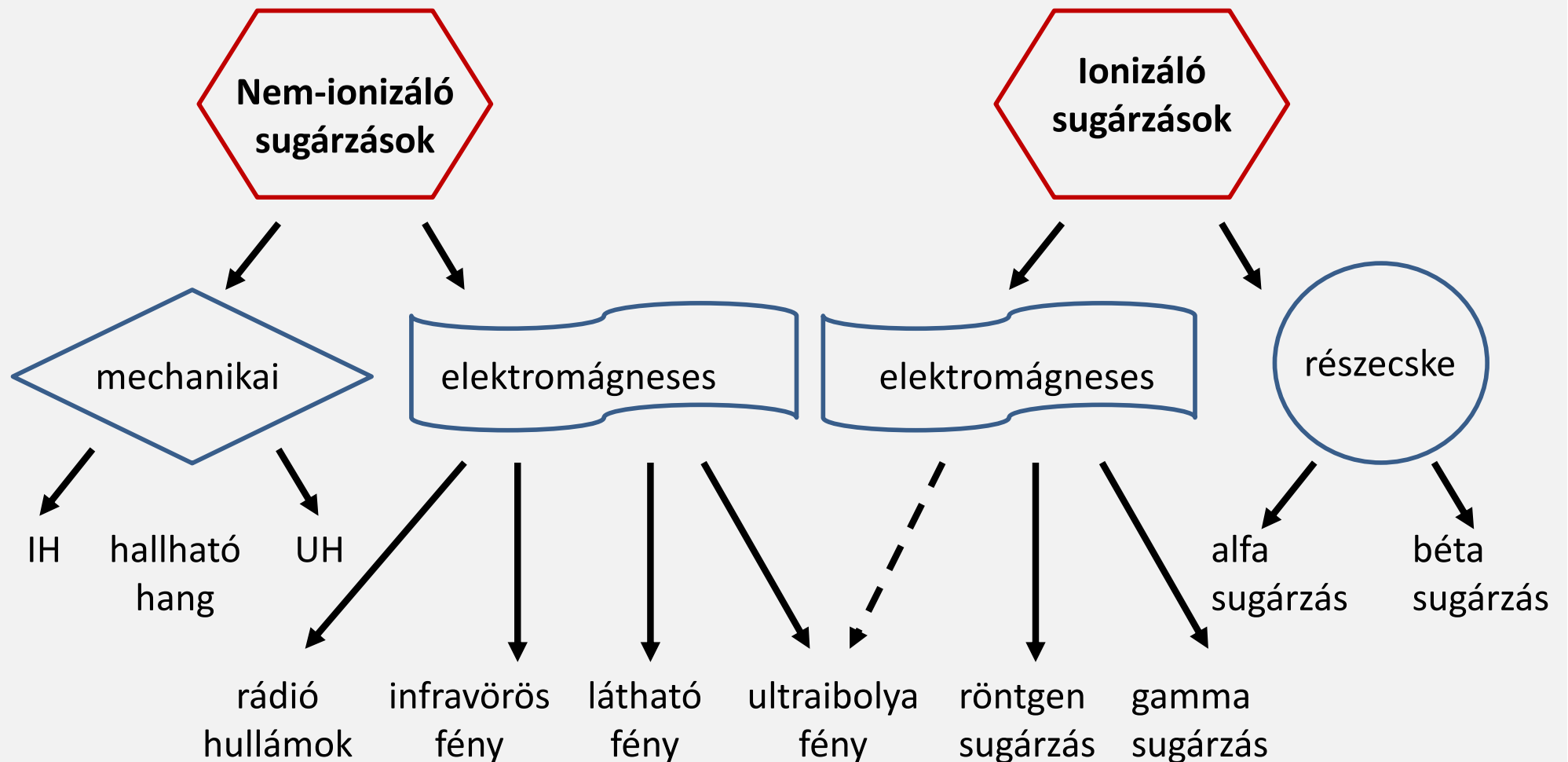
Ionizáló  
sugárzások

Mi az osztályozás alapja?

IONIZÁCIÓ (!?)



# Sugárzások osztályozása



# Hullámok általános leírása

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



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

## Jellemző mennyiségek:

Térbeli periodicitás - *hullámhossz*

$$\lambda \text{ [m]}$$

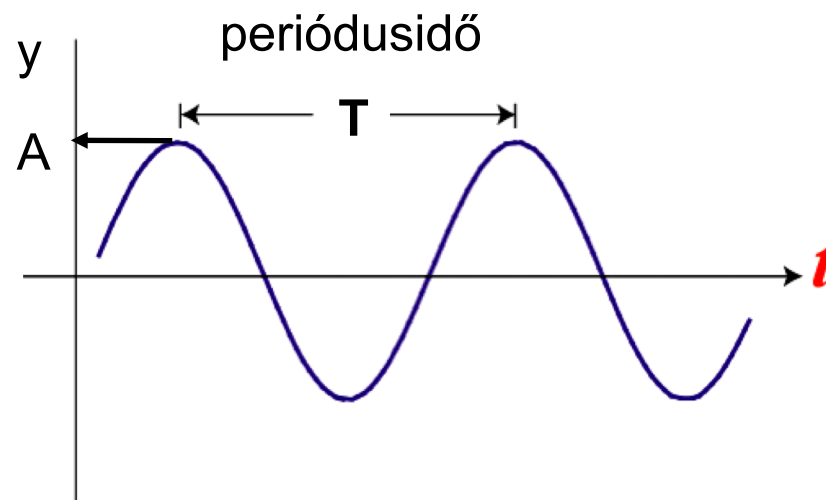
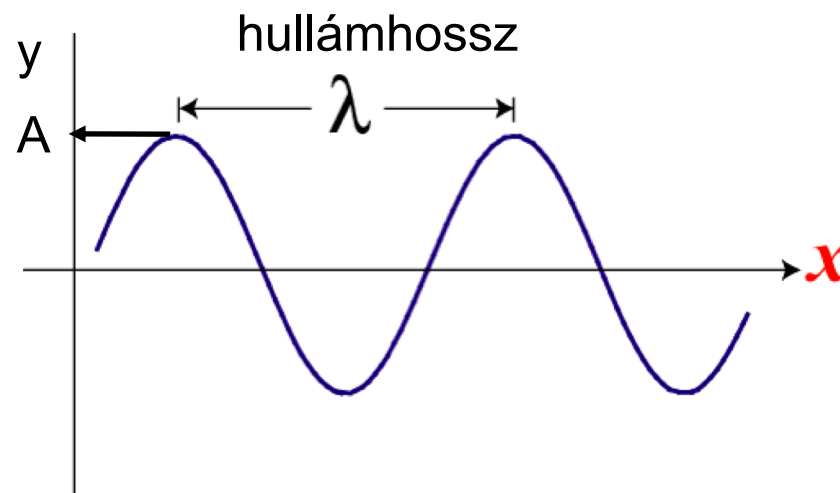
Maximális kitérés - *amplitúdó*

$$E \sim A^2$$

Időbeli periodicitás

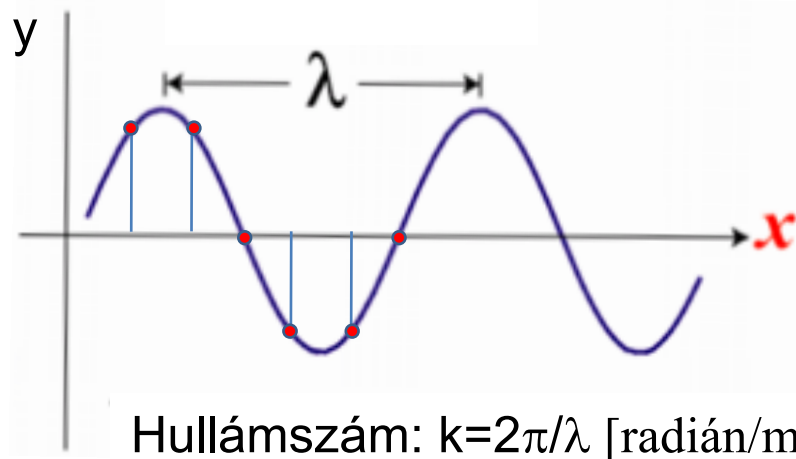
$$f = \frac{1}{T} \left[ \frac{1}{s} \right] \quad \begin{array}{l} \text{- periódusidő} \\ \text{- frekvencia} \end{array}$$

hullámsebesség:  $c = \lambda/T = \lambda f$



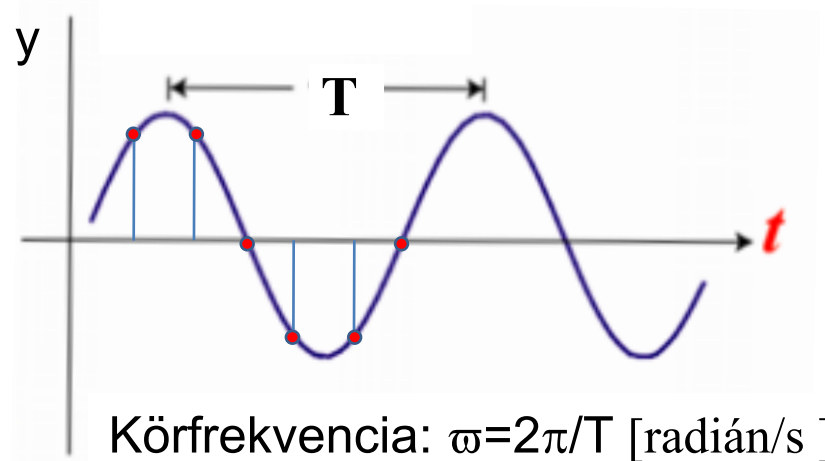
# Fázis: kitérés állapot

térben vizsgálva



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

időben vizsgálva

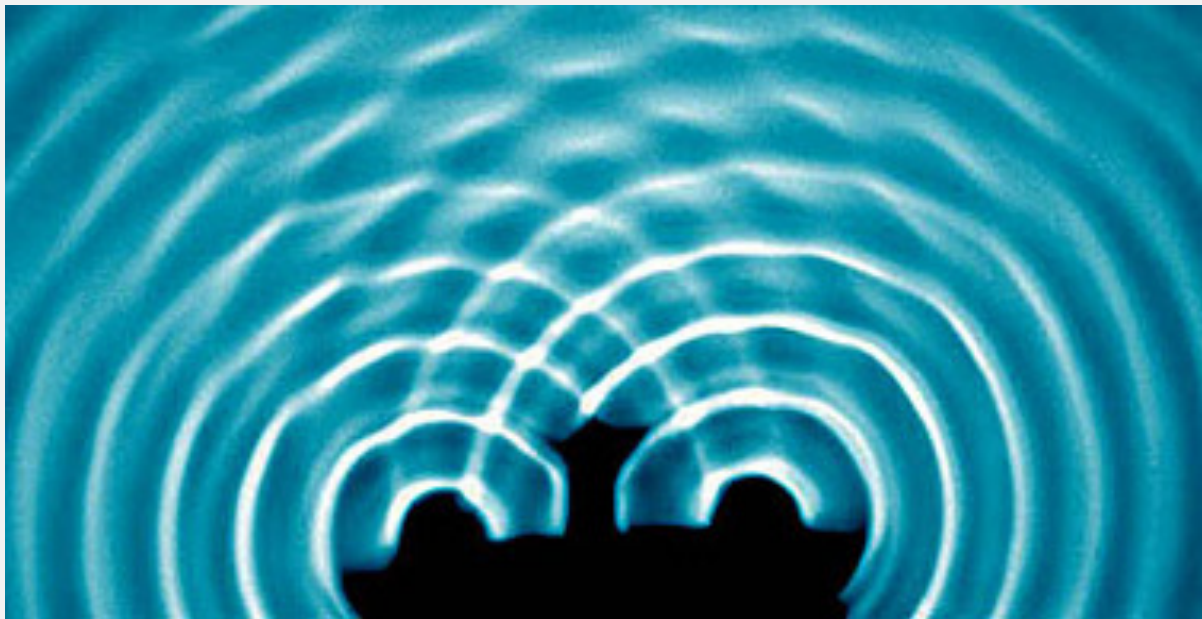


$$\phi(t) = \omega t + \phi_0$$

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

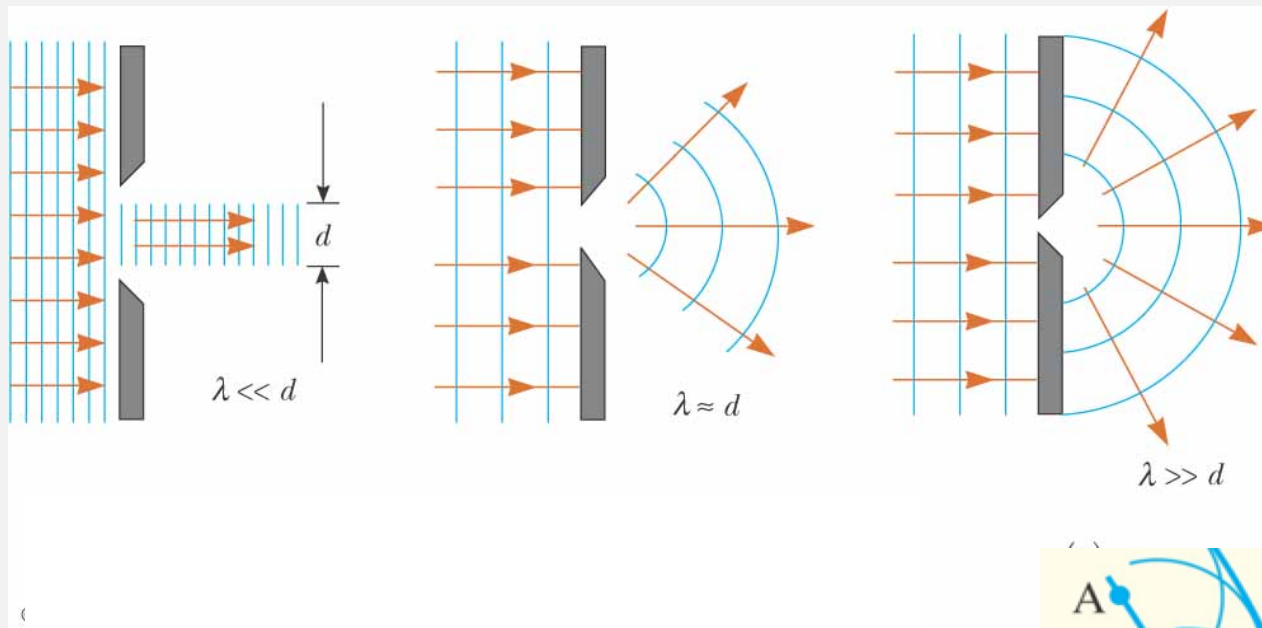
# Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció

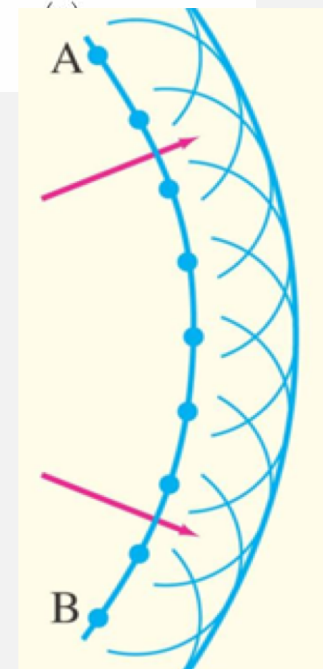




# Hullámok elhajlása

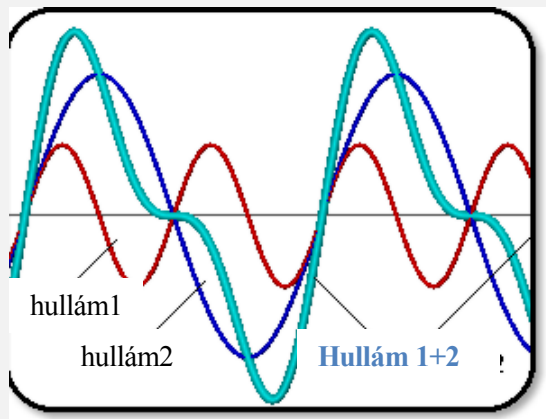


Huygens-elv: egy hullámfelület minden pontjából elemi hullámok indulnak ki. Az új hullámfelület ezen hullámok burkolófelülete.

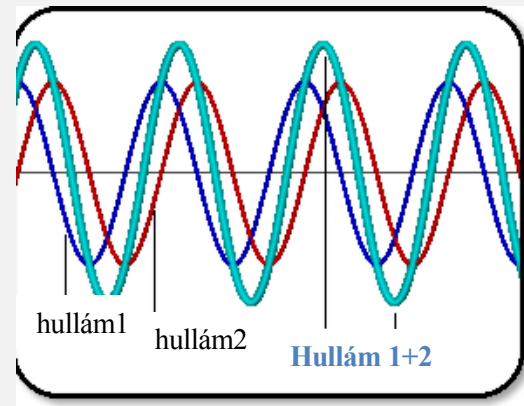


*Szuperpozíció:* az eredő kitérés a találkozó

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



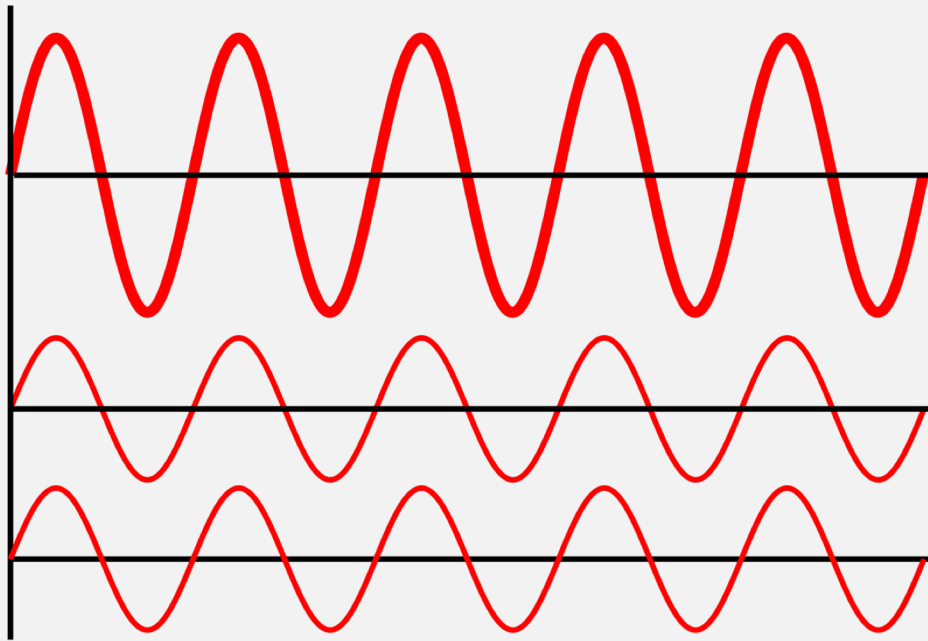
nem azonos frekvencia



azonos frekvencia

# *Interferencia* - koherens hullámok szuperpozíciója

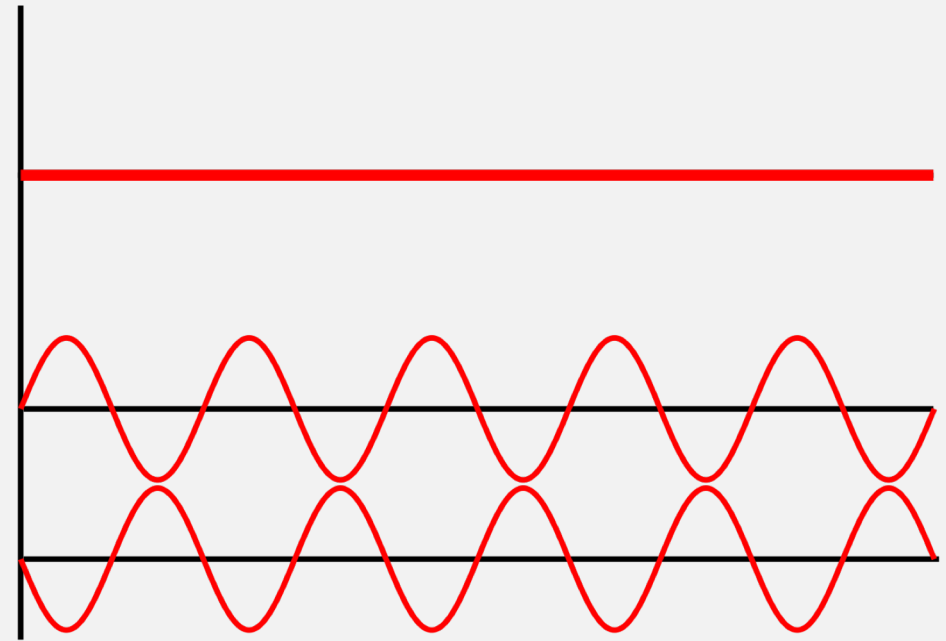
(koherens hullámok: a fáziskülönbség állandó)



azonos fázis

pozitív interferencia

$$\Delta\Phi = 0^\circ$$



ellentétes fázis

negatív interferencia

$$\Delta\Phi = 180^\circ$$

# A fény természete

Hullám?

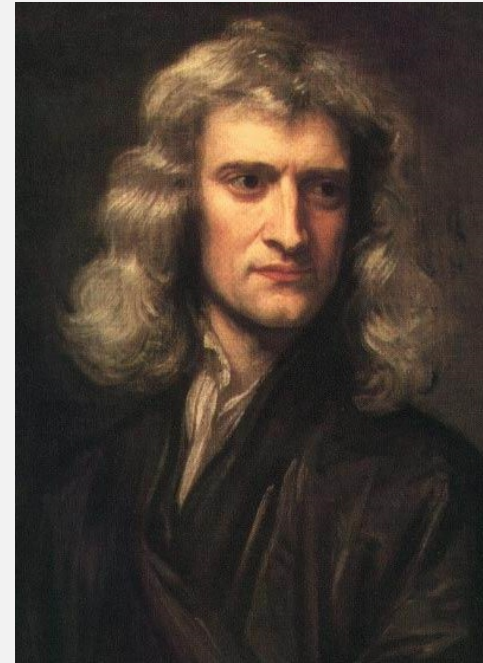


**Christiaan Huygens**

(1629 - 1695)

*Traité de la lumière*  
1690

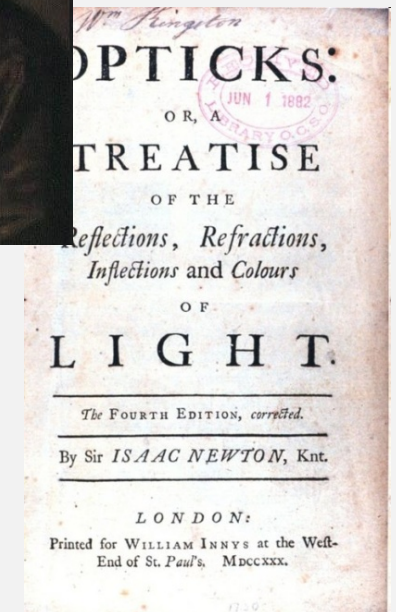
Részecske?



**Isaac Newton**

(1642 - 1727)

*Opticks*  
1704





**Thomas Young**  
(1773-1829)

# A fény hullám vagy részecske?

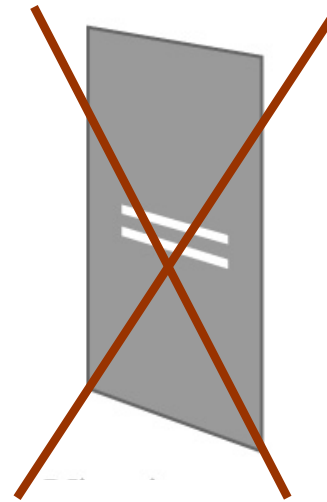
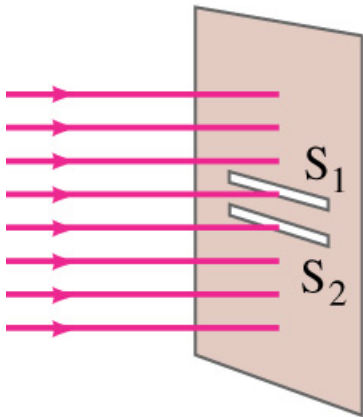
## 1. Young kétréses kísérlete

Mit látunk az ernyőn?

ha részecske

ha hullám

Fénysugár



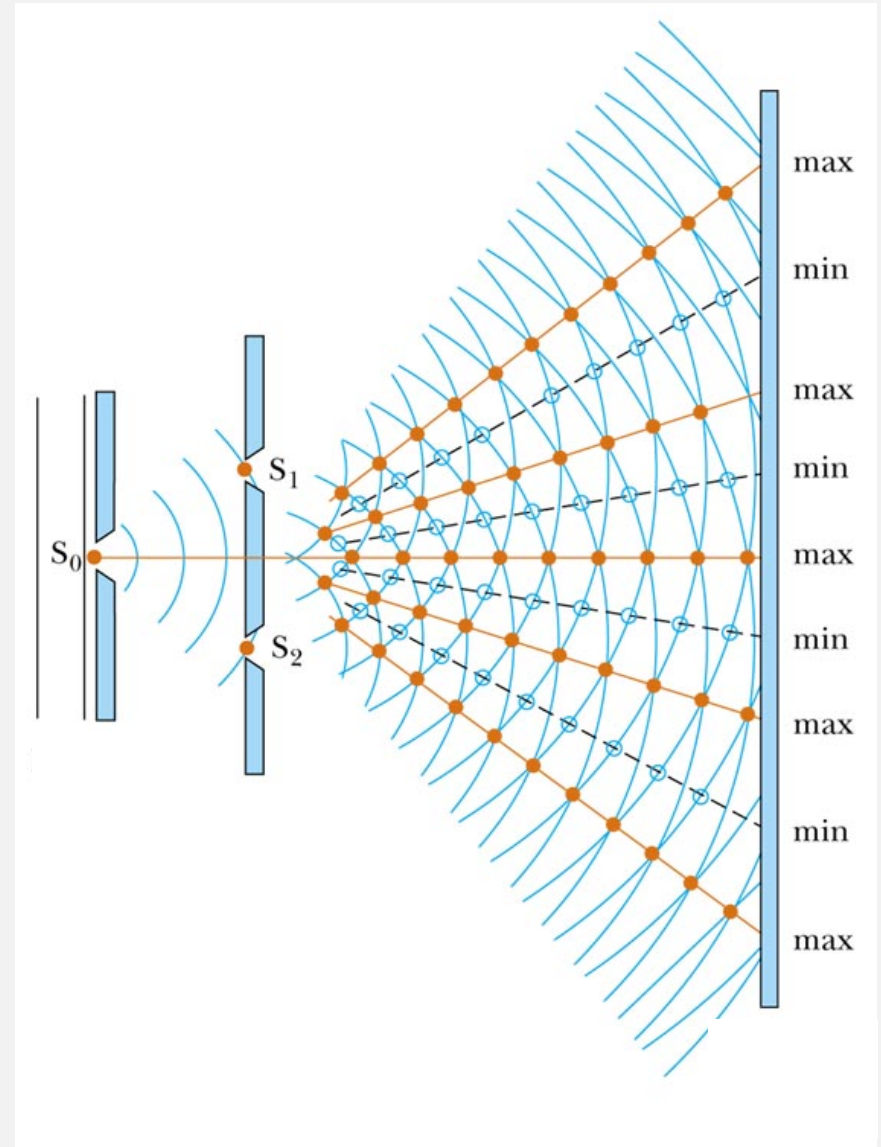
# *Young kísérletének magyarázata*

$S_1$  és  $S_2$  rések elemi hulláforrások

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

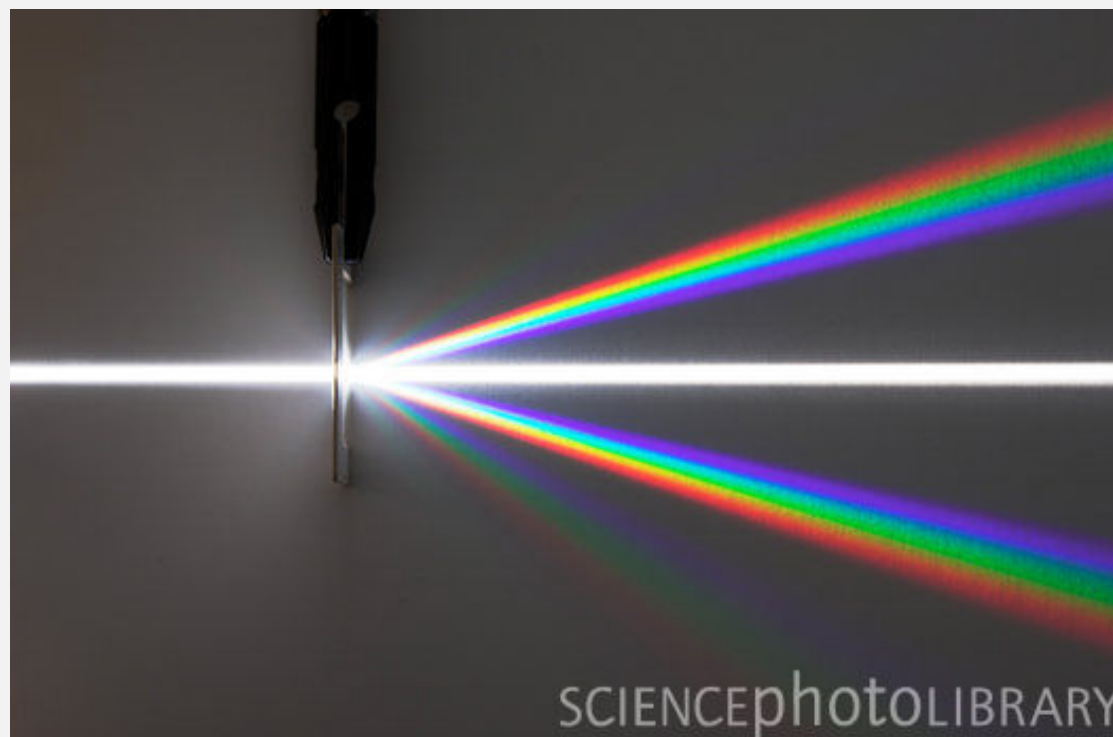
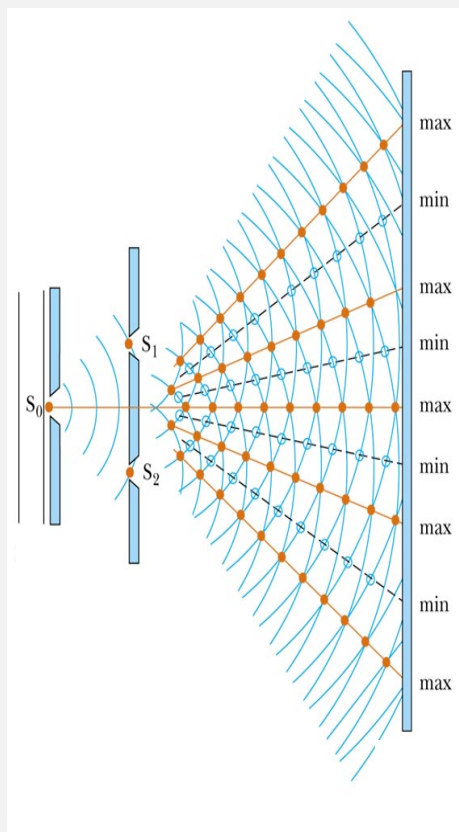


**interferencia**





# *Fehér fény felbontása optikai ráccsal*

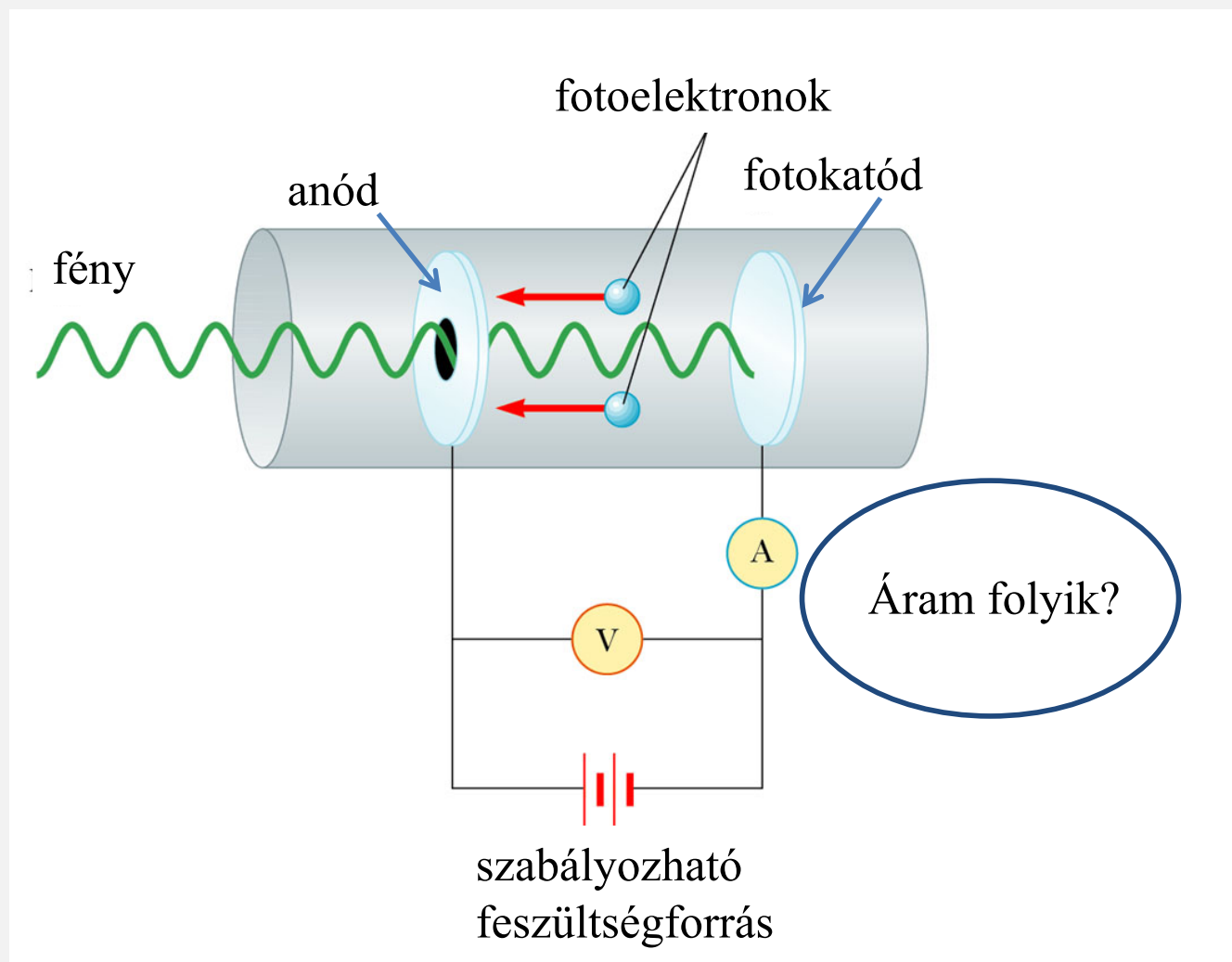


# A fény hullám vagy részecske?

## 2. Hertz kísérlete



**Heinrich Hertz  
1887**



**Fotoelektromos effektus**



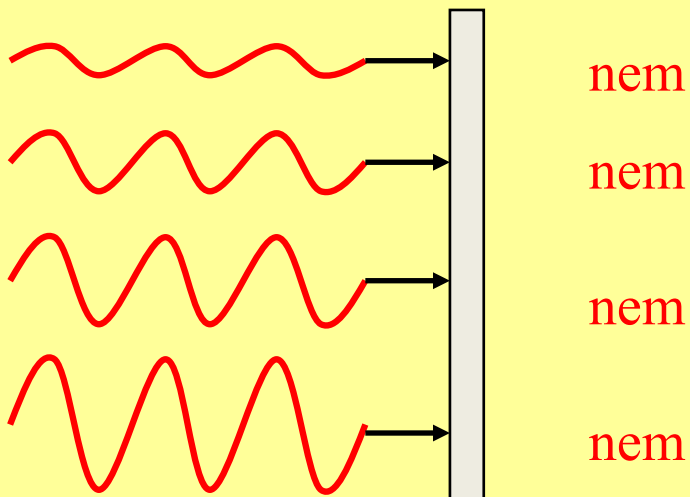
# Megvilágító fény

azonos szín / hullámhossz

azonos amplitúdó

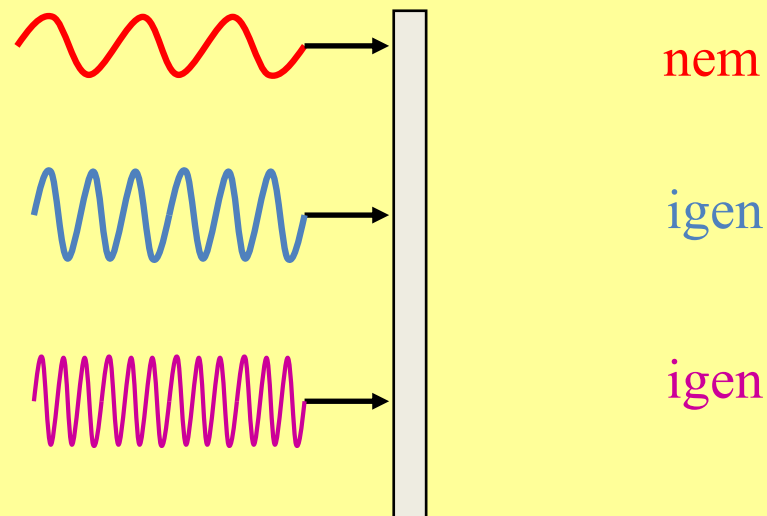
növekvő  
amplitúdó / intenzitás

Folyik áram?



változó szín / hullámhossz

Folyik áram?



Nem folyik áram, amíg a frekvencia nem halad meg egy  
kritikus értéket !

# Mi a jeklenség magyarázata?

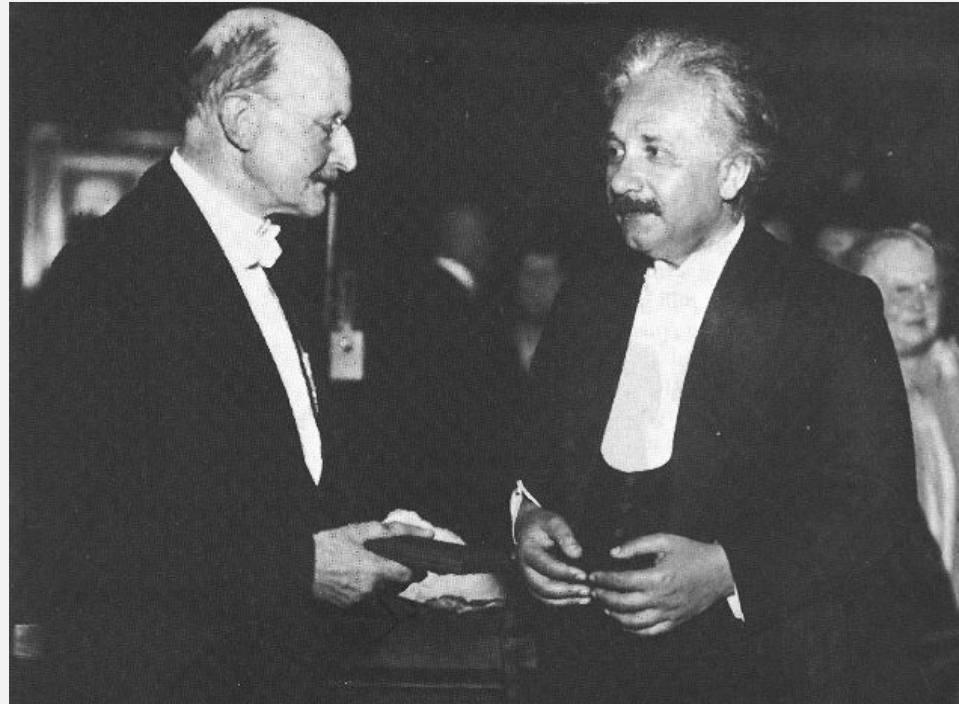
- A jelenség értelmezése a hullámtermészettel nem lehetséges
- Plank (1900): az elektromágneses hullámok energiája csak diszkrét értékeket vehet fel:

$$E = hf$$

*(Plank fenti hipotézisét tekintjük a kvantumelmélet születésének)*

- Einstein (1905) – magyarázat a kvantumelmélet alapján

**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 magyarázataért

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

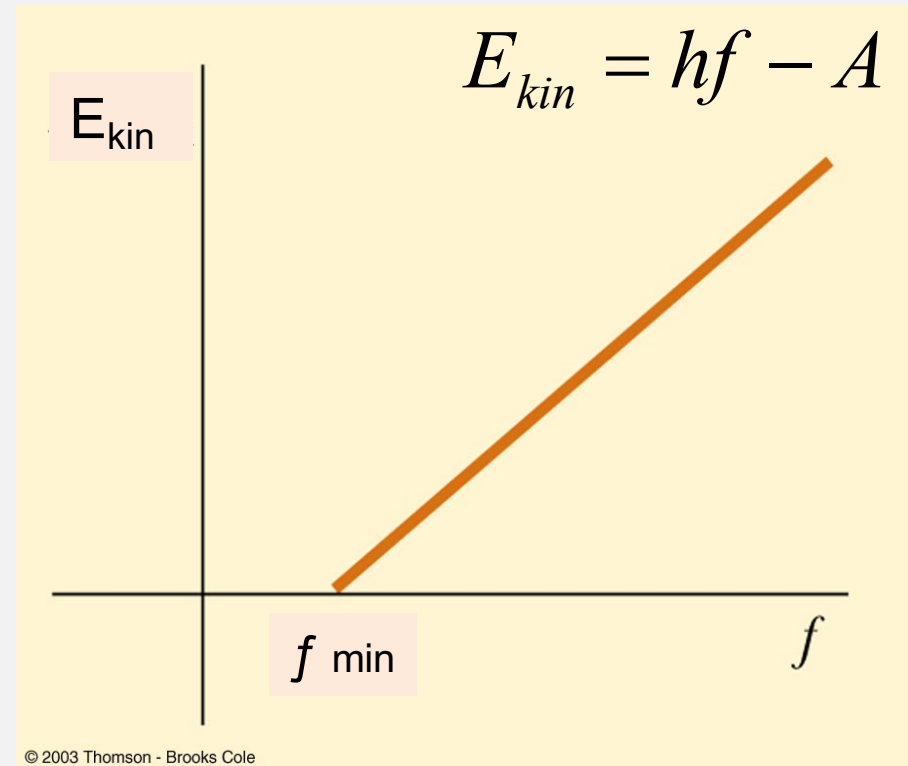
## *Einstein magyarázata (1905)*

- A fény kvantált természetű, energiacsomagokban 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 (ionizációs energia), nincs áram (nem lépnek ki elektronok)
- 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 – a kölcsönhatás létrejöttéhez szükséges legkisebb frekvencia fölött!

Ez az érték a fotokatód anyagára jellemző:  $A = hf_{\min}$



# A fény kettős természetű

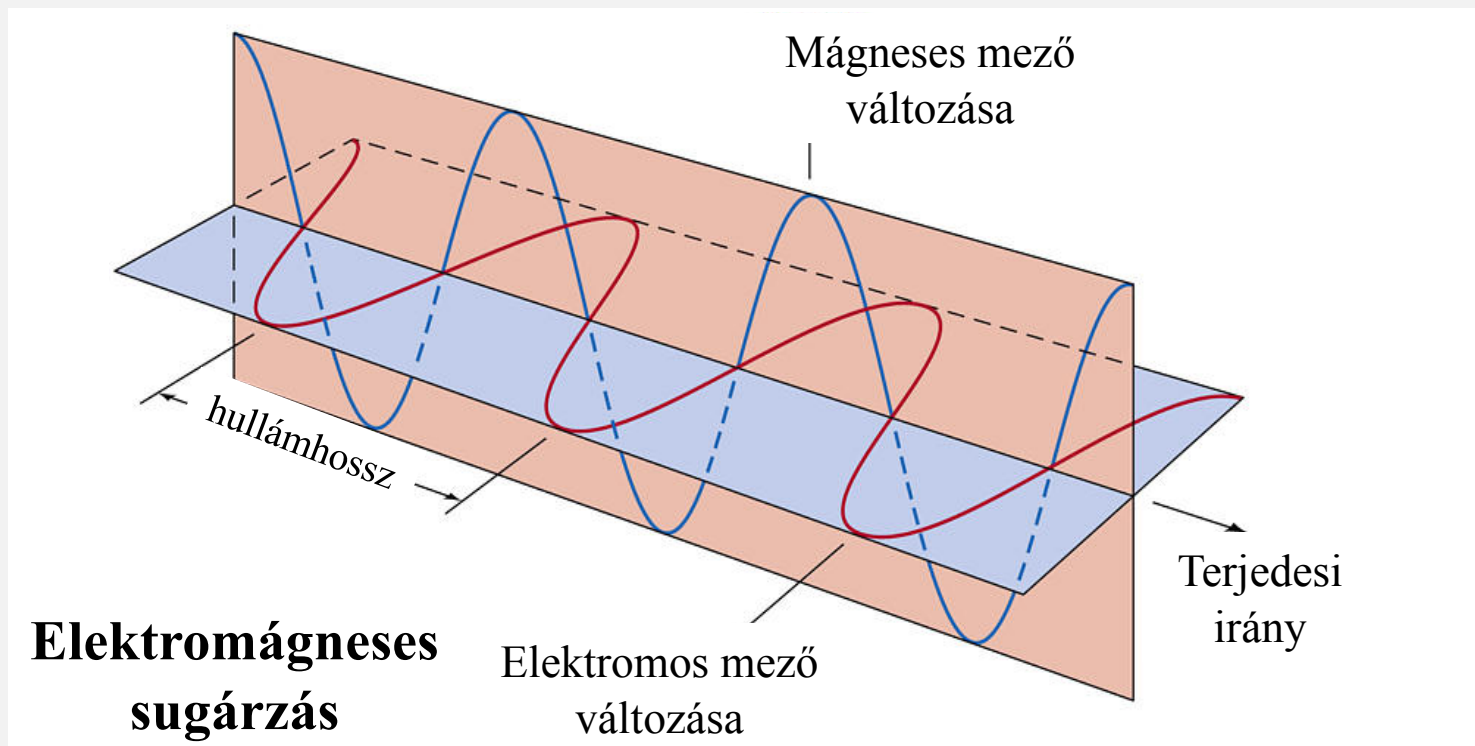
**Részecske** – energiája kvantált, “adagja” a foton

Egy foton energiája:  
Nyugalmi tömege nincs!

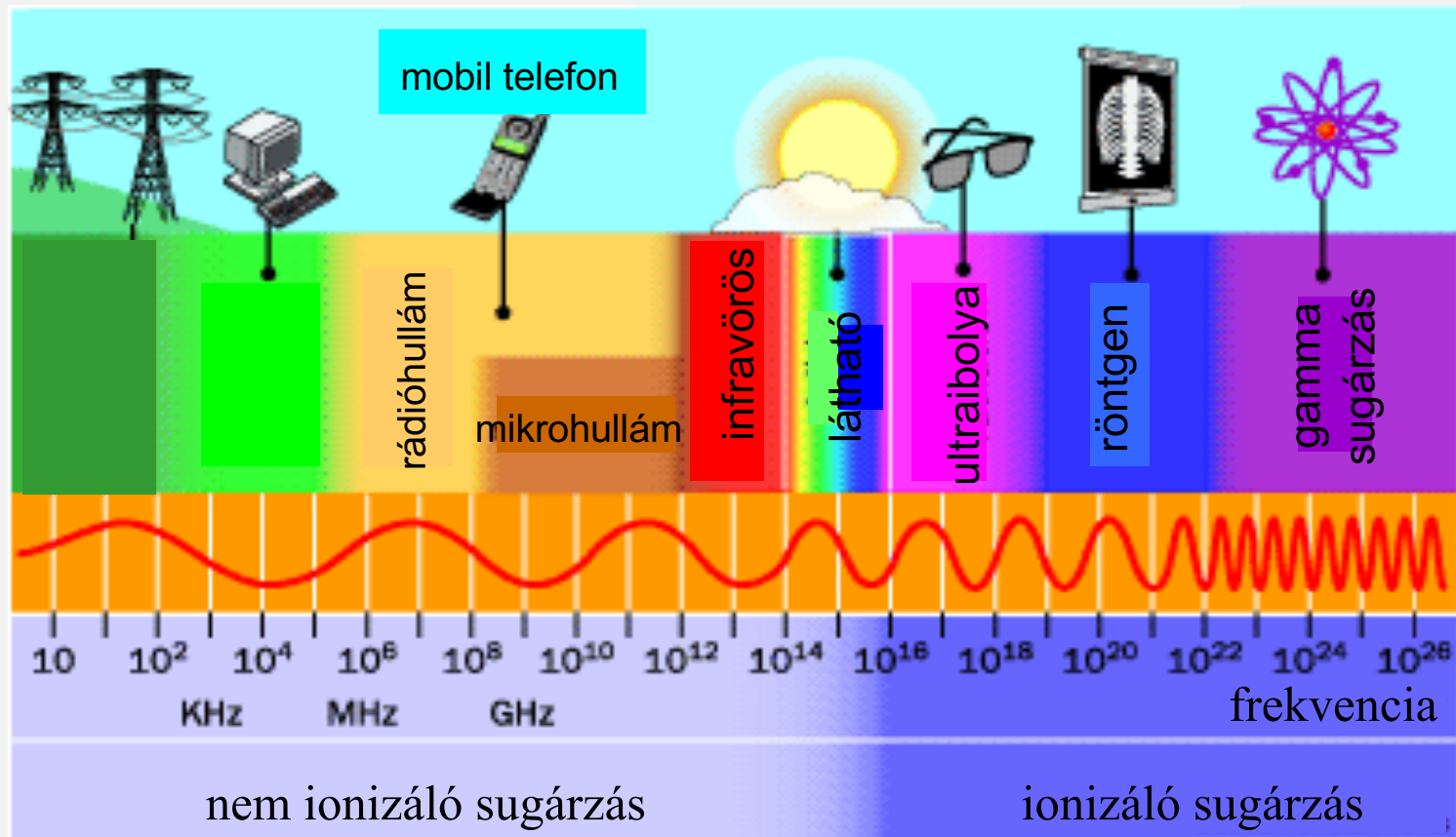
$$E = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

# A fény kettős természetű

**Hullám** – transzverzálisan, szinuszosan változó elektromos és mágneses tér, elhajlási-, interferencia-jelenségeket mutat, hullámként terjed

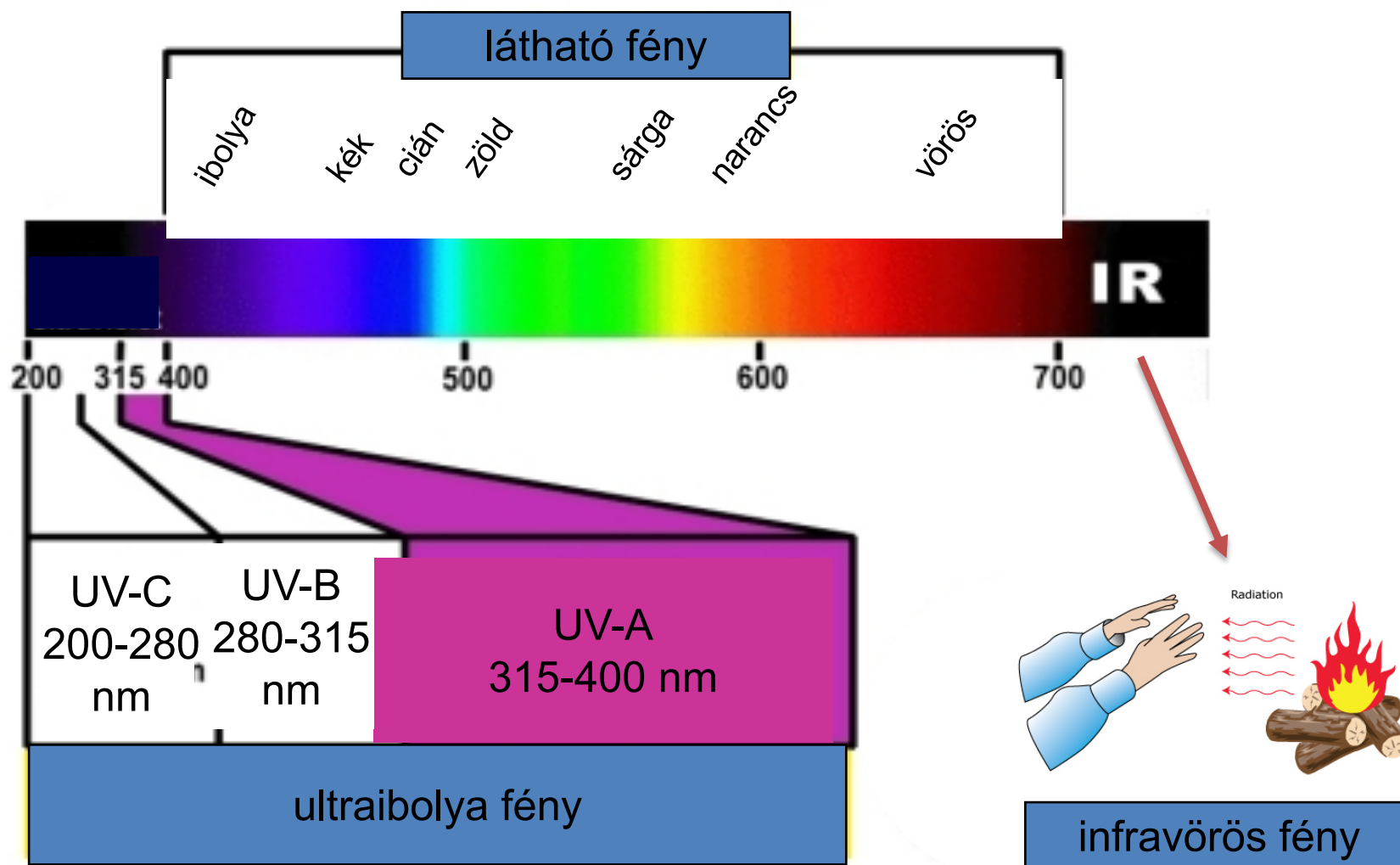


# Az elektromágneses spektrum





# Az optikai tartomány

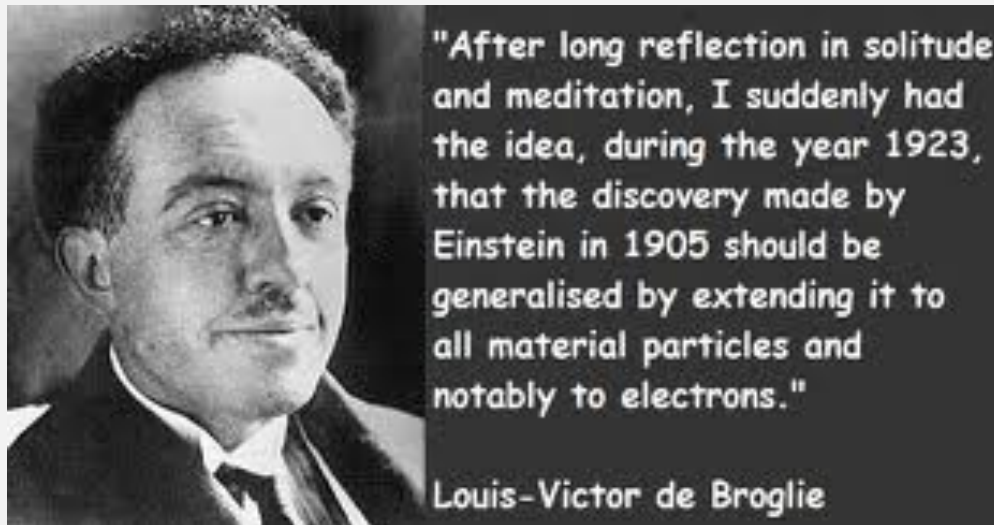


# Miért csak a fény lenne kettős természetű?

De Broglie hipotézise:

*minden* anyagnak van hullámtermészete

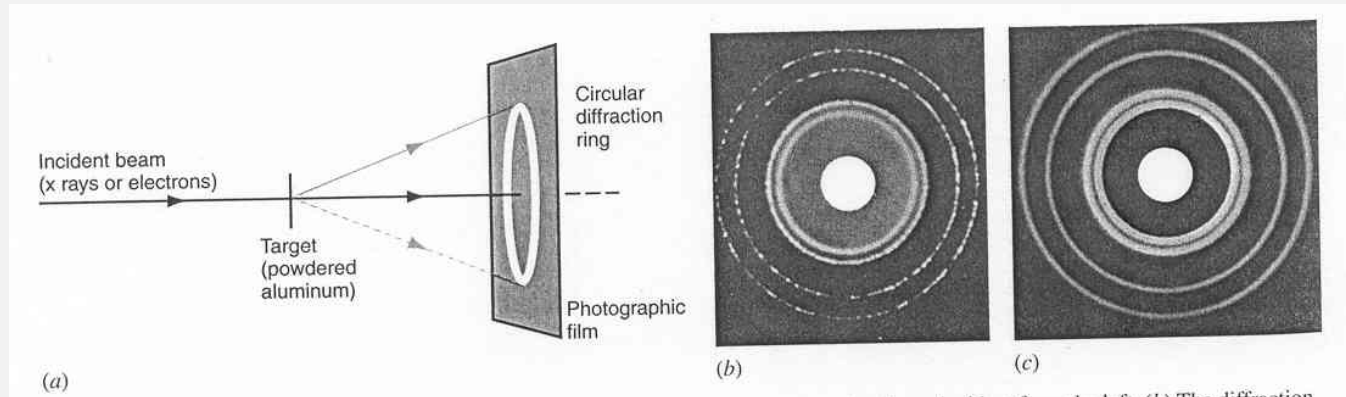
Az elektron impulzusa:  $p = m_e v$   
az elektronhullám hullámhossza:



$$\lambda = h / p$$

fizikai Nobel-díj: 1929

# A részecskék hullámtermészete



Az elektronnyaláb olyan elhajlási (interferencia) képet hoz létre, mint a fény.



**Clinton Joseph  
Davisson**



**George Paget  
Thomson**

fizikai Nobel-díj, 1937

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

## Ellenőrző kérdések

Mi a sugárzás?

A hullámok paraméterei

Fizikai mennyiségek és mértékegységük  
hullámhossz

frekvencia

energia

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