

# Biofizika I

## 1. Bevezetés, sugárzások

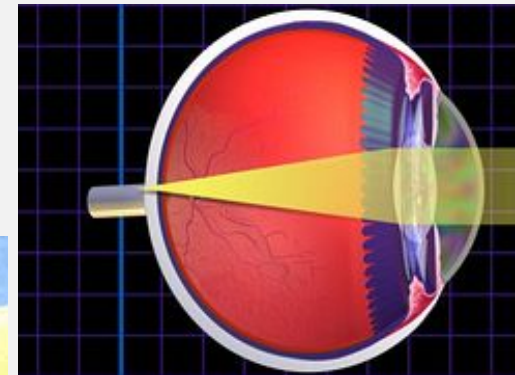
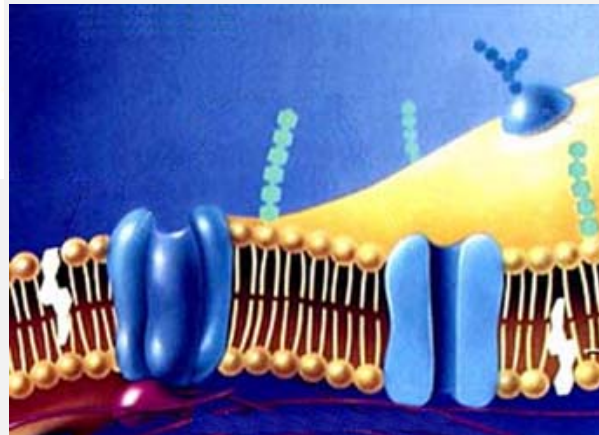
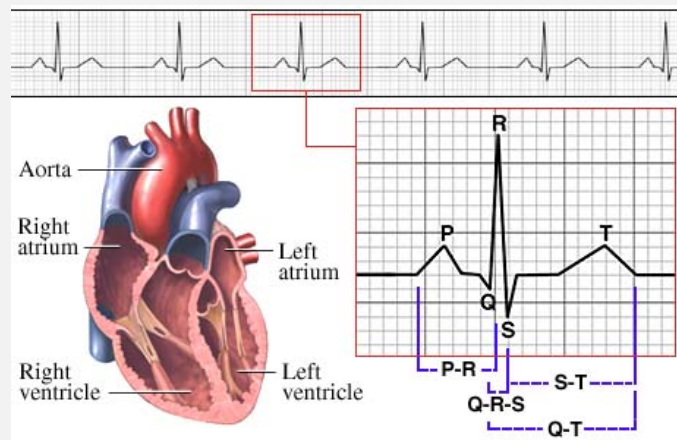
Liliom Károly

2025. 09. 10.

# Mi a biofizika tárgya?

## Biológiai jelenségek fizikai leírása/értelmezése

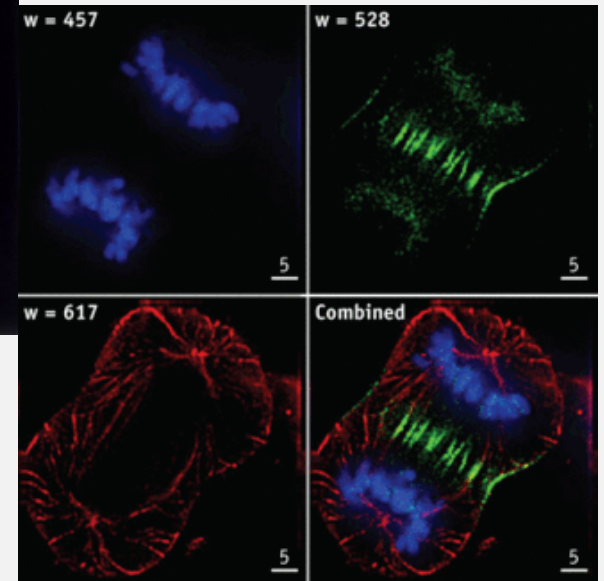
Pl. szívműködés, membránok szerkezete és működése, érzékelés stb.



# Mi a biofizika tárgya?

A biológiában és orvostudományban alkalmazott fizikai módszerek tárgyalása

Pl. EKG, röntgendiagnosztika, mikroszkópos technikák stb.



# Tudomány, tudományos módszer

Adatok gyűjtése = megfigyelés, kísérlet (tervezett megfigyelés)

Adatok elemzése = kapcsolatok keresése a megfigyelt jelenségekben

Kapcsolat = modell (függvény), 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 jellemzőivel*

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  $\approx$  a rendelkezésünkre álló modellek együttese

Orvostudomány, fogorvostudomány...

# (bio)fizika – matematika

## (képlettár)

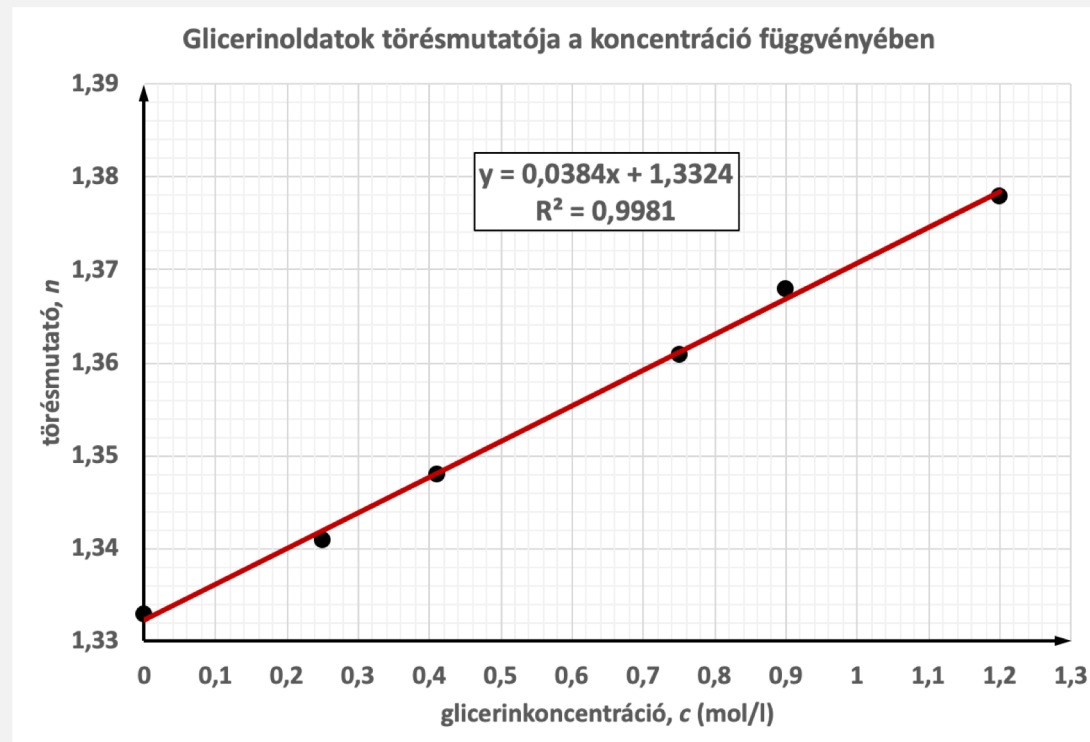
- törekszünk arra, hogy az egyes változók (paraméterek) hatását más tényezőktől függetlenül vizsgáljuk
- Occam borotvája – két, az adott jelenséget egyformán jól leíró magyarázat közül azt érdemes választani, amelyik amelyik a kevesebb számú feltételezést tartalmaz
- matematikai modell = függvénykapcsolat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

amit használunk:

- lineáris függvény
- hatványfüggvény
- exponenciális és  
logaritmussfüggvény
- szinuszfüggvény

amit érdemes átnézni:

- egyenletek rendezése
- 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 Nikoletta, 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.

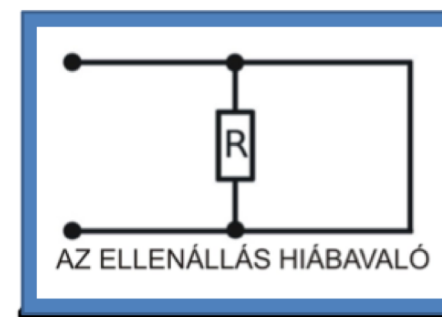
### A tantárgy elsajátításához szükséges segédanyagok (könyv, jegyzet, egyéb)

 [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	2025.09.10.
2	Geometriai optika: Fermat-elv, fénytörés, lencsék képalkotása, mikroszkóp	2025.09.17.
3	Hullámoptika: Huygens-elv, fényelhajlás, interferencia, lencsék felbontóképessége	2025.09.24.
4	Fényszóródás, abszorpció, visszaverődés, színlátás	2025.10.01.
5	Anyagszerkezet: atomok, molekulák, kristályok	2025.10.08.
6	Hőmérsékleti sugárzás, az emberi test emissziója, az infradiagnosztika alapjai	2025.10.15.
7	Lumineszcencia és alkalmazásai az orvostudományban	2025.10.22.
8	A fény biológiai hatásai, orvosi alkalmazások	2025.10.29.
9	A lézerek működési elve, típusai, orvosi alkalmazásai	2025.11.05.
10	Modern mikroszkópos technikák	2025.11.12.
11	Röntgensugárzás előállítás, spektruma, kölcsönhatása az anyaggal	2025.11.19.
12	Röntgendiagnosztikai módszerek	2025.11.26.
13	Magsugárzások jellemzői, az izotópos nyomjelzés	2025.12.03.
14	Magsugárzások klinikai alkalmazásai	2025.12.10.

# Sugárzások

Sugárzás: energia kibocsátása és terjedése

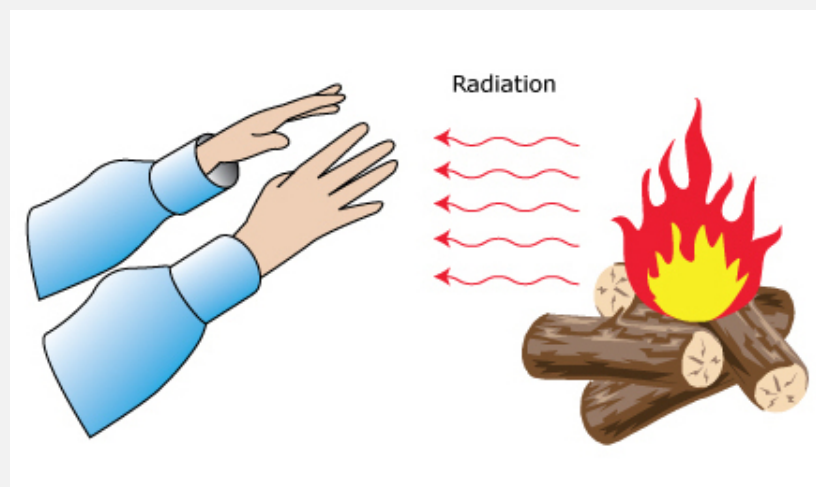
Milyen példákat tapasztalunk magunk körül?

hang

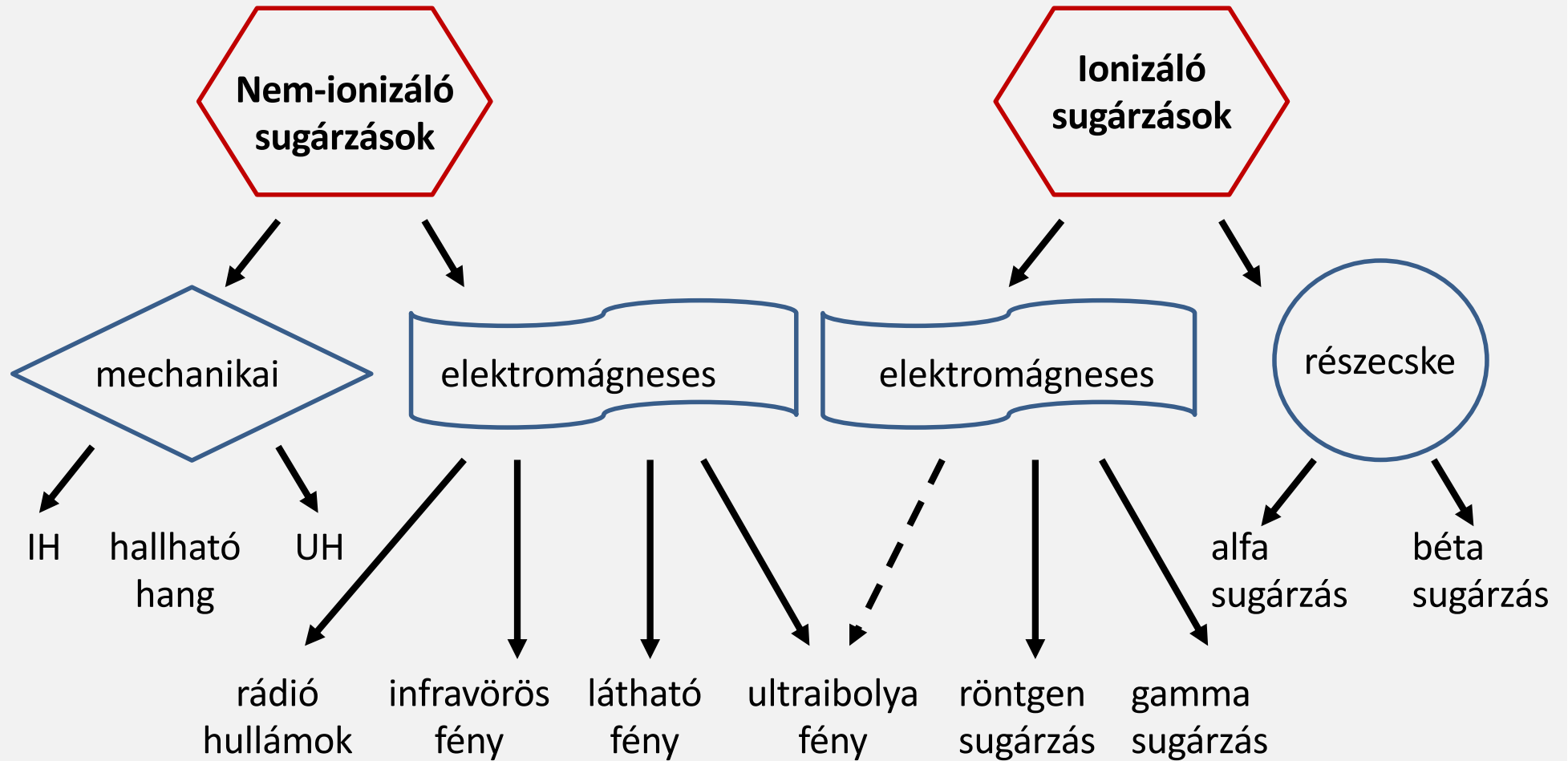
fény

rádióhullámok

magsugárzások



# Sugárzások osztályozása



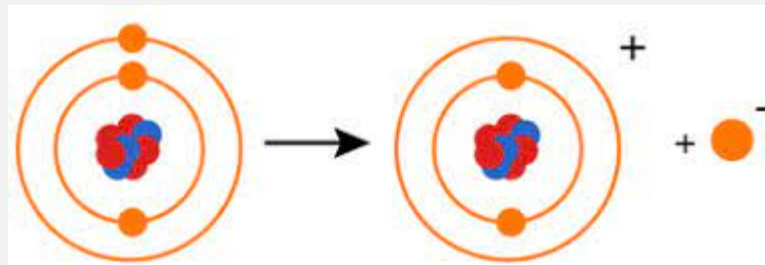
# Sugárzások osztályozása

Nem-ionizáló  
sugárzások

Ionizáló  
sugárzások

Mi az osztályozás alapja?

## IONIZÁCIÓ

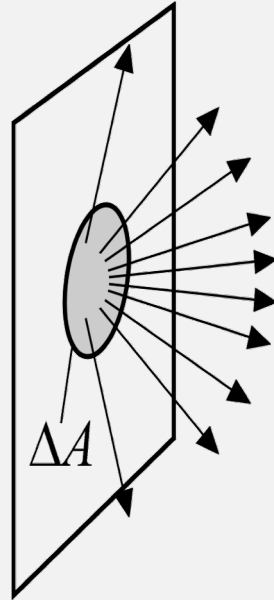


Az ionizáció létrejöttéhez az elektronnak energiát kell felvennie a sugárzásból.  
Az ionizációs energia (fémeknél kilépési munka) az adott anyagra jellemző.

# Sugárzásokat jellemző mennyiségek

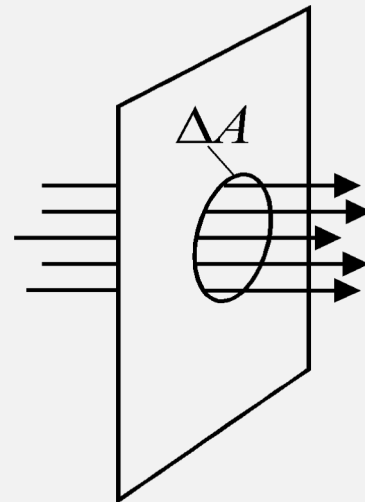
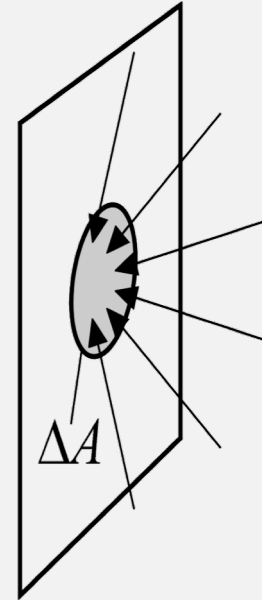
kisugárzott felületi teljesítmény:

$$M = \Delta P / \Delta A = \Delta E / \Delta t \Delta A$$



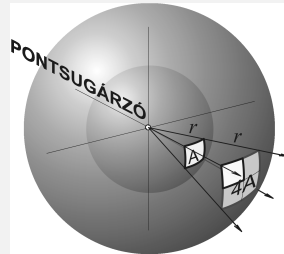
besugárzott felületi teljesítmény:

$$E_{be} = \Delta P / \Delta A \text{ (W/m}^2\text{)}$$



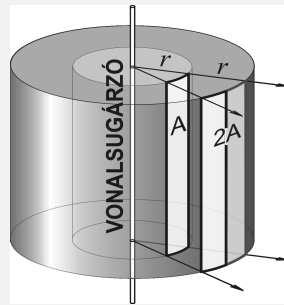
sugárzás intenzitása = sugárzásra merőleges irányban egységnyi felületen egységnyi idő alatt átáramló energia  
 $J_E = \Delta E / \Delta t \Delta A$

# Sugárforrások osztályozása



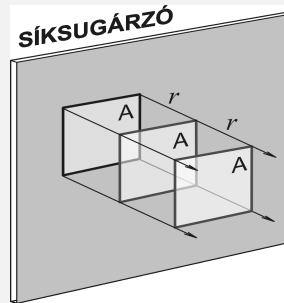
Pontsugárzó forrás:

$$A \sim r^2 \rightarrow J \sim 1/r^2$$



Vonalsugárzó forrás:

$$A \sim r \rightarrow J \sim 1/r$$



Síksugárzó forrás:

$$A \sim \text{állandó} \rightarrow J \sim \text{állandó}$$

# Hullámok általános leírása

Rezgés (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*

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

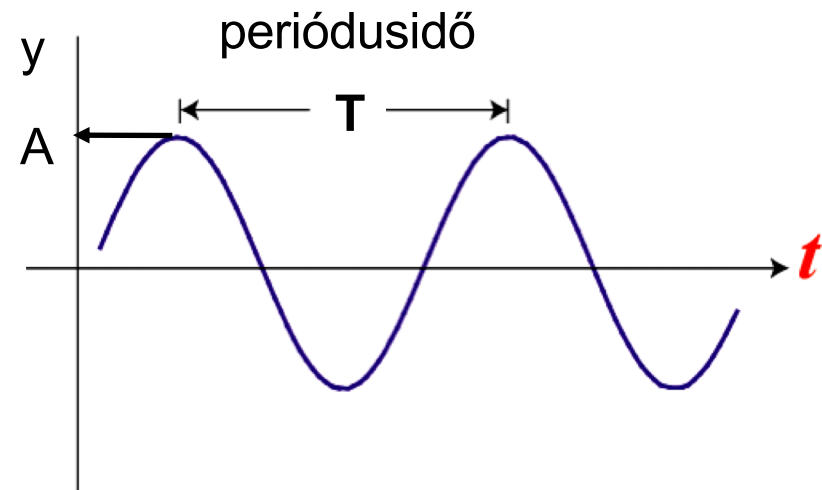
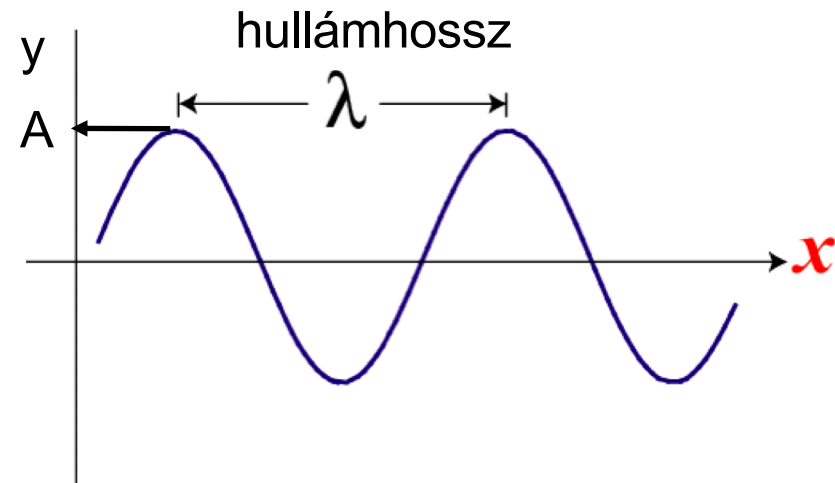
Maximális kitérés - *amplitúdó*

$$E \sim A^2$$

Időbeli periodicitás

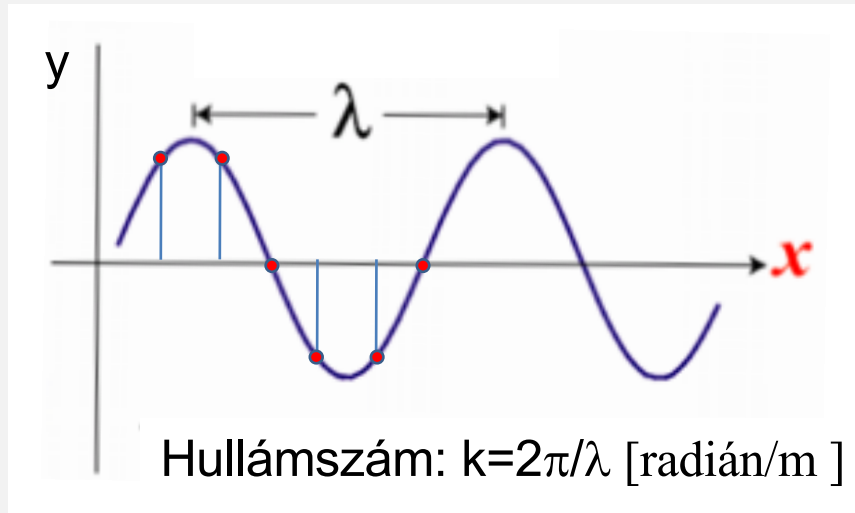
$$f = \frac{1}{T} \left[ \frac{1}{\text{s}} \right] \quad \begin{array}{l} \text{- periódusidő} \\ \text{- frekvencia} \end{array}$$

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

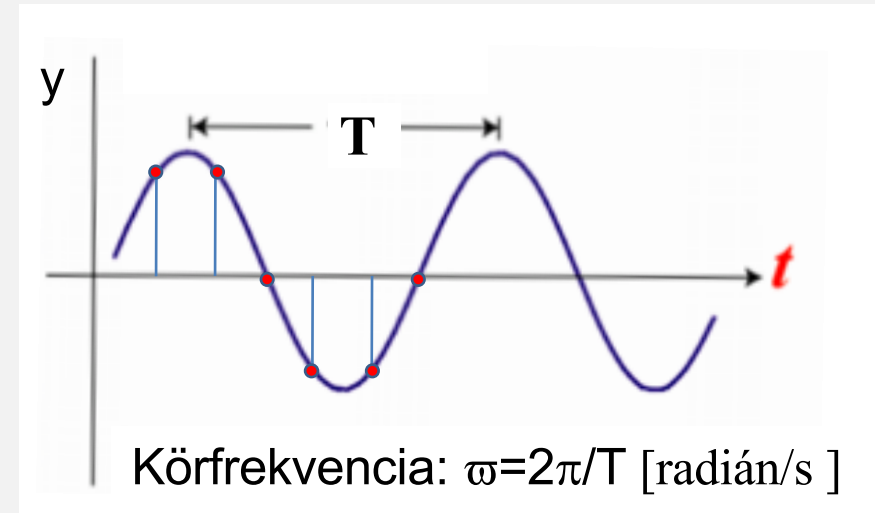


# Fázis: kitéréségi állapot

térben vizsgálva



időben vizsgálva



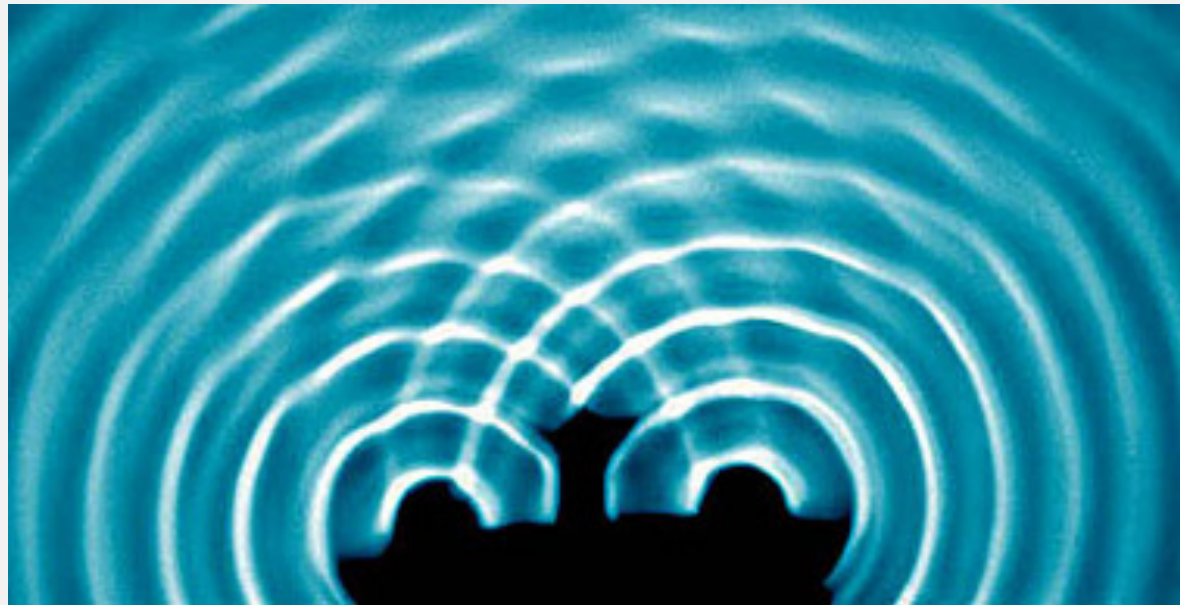
$$\phi(x)=kx+\phi_0$$

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

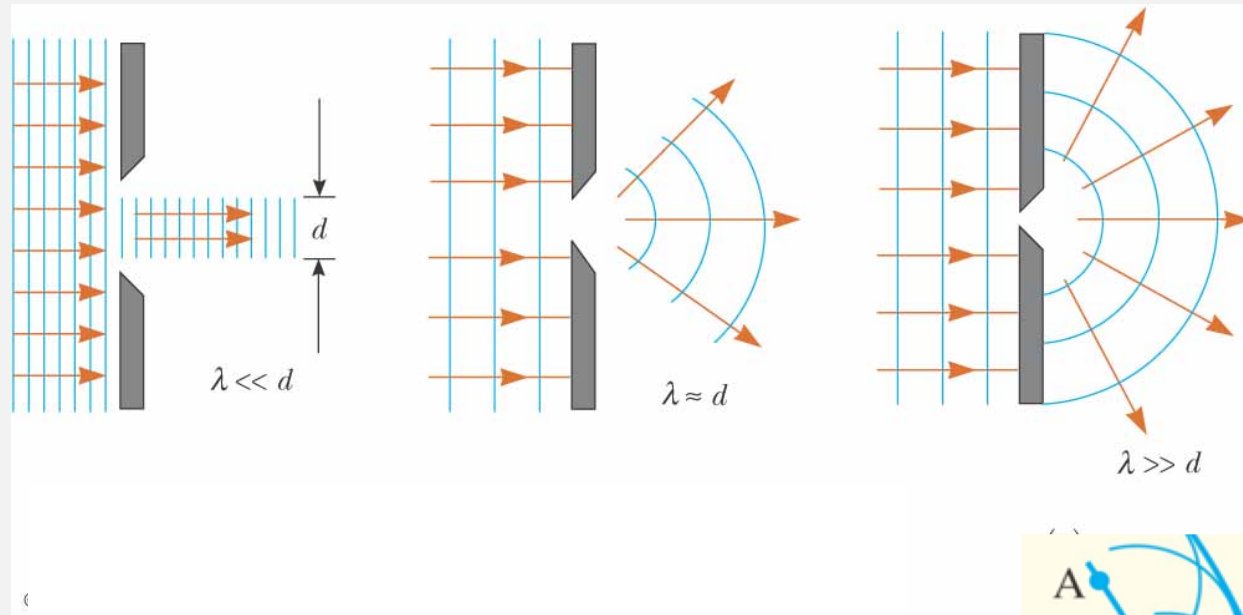
$$\phi=\omega t+kx+\phi_0$$

## Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

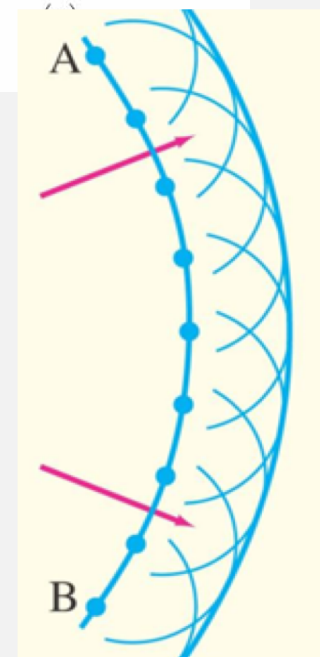
- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció



# Hullámok elhajlása

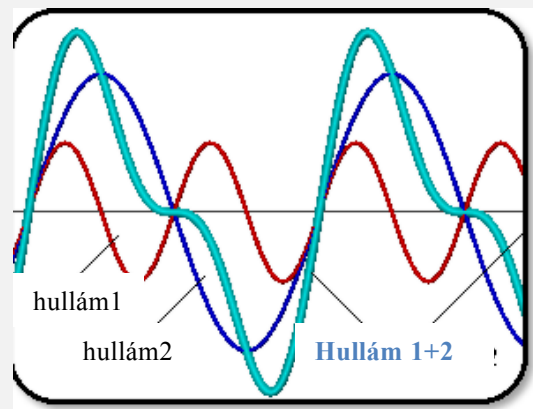


Huygens-elv: egy hullámfelület minden pontjából elemi hullámok indulnak ki. Az új hullámfelület az elemi hullámok burkolófelülete.

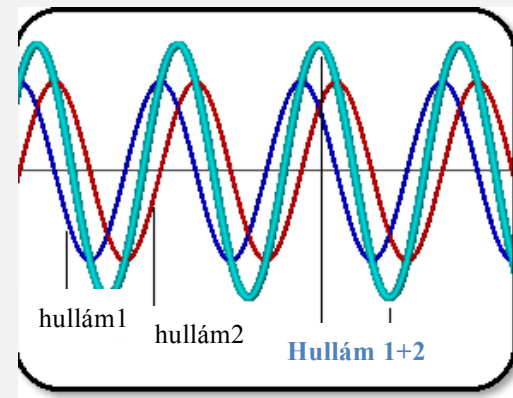


## *Szuperpozíció: az eredő kitérés a találkozó*

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

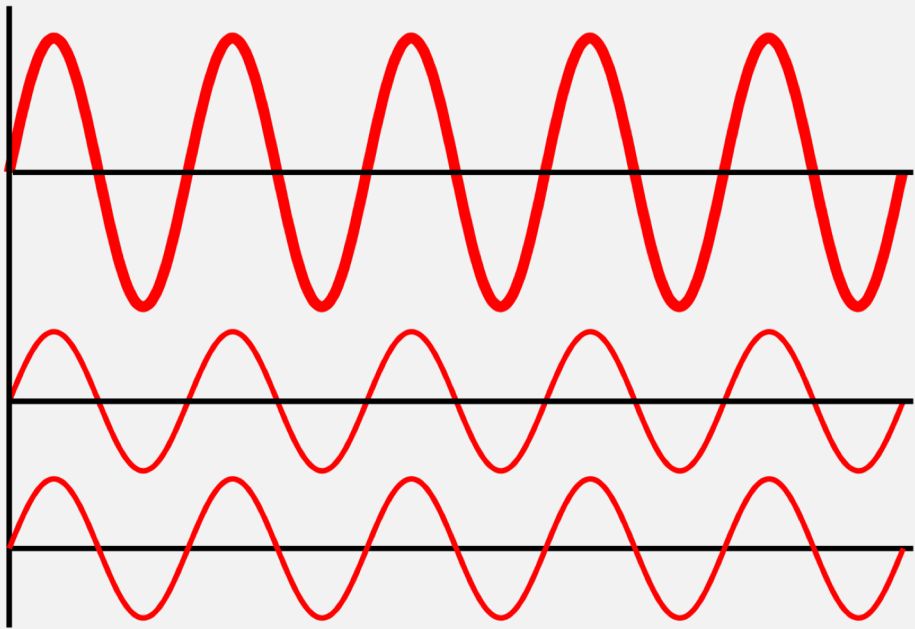


nem azonos frekvencia



azonos frekvencia

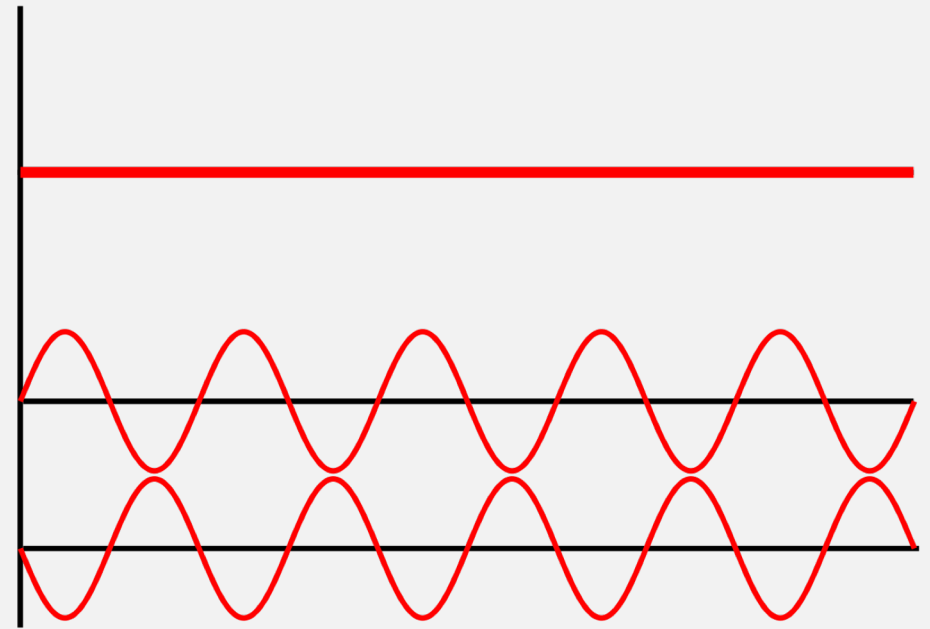
# *Interferencia* - koherens hullámok szuperpozíciója (koherens hullámok: a fáziskülönbség állandó)



azonos fázis

pozitív interferencia

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



ellentétes fázis

negatív interferencia

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

# A fény természete

Hullám?

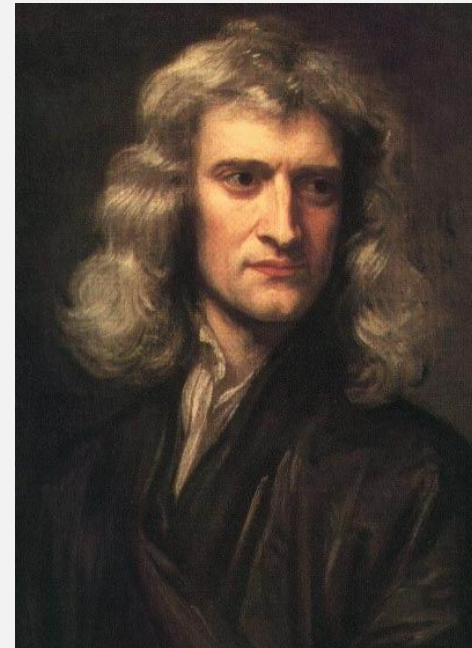


**Christian Huygens**

(1629 - 1695)

*Traité de la lumière*  
1690

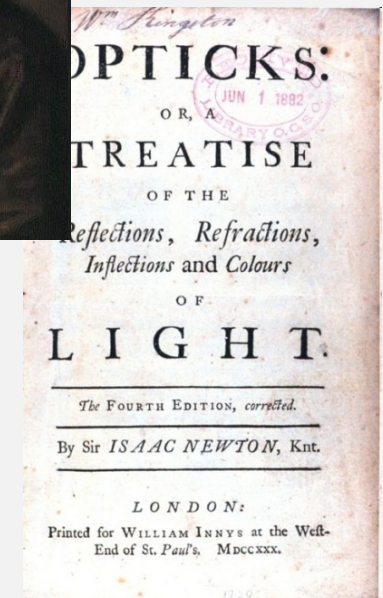
Részecske?



**Isaac Newton**

(1642 - 1727)

*Opticks*  
1704





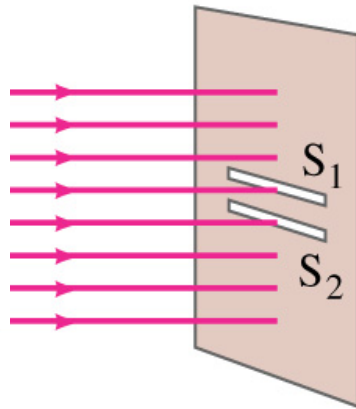
**Thomas Young**  
(1773-1829)

# A fény hullám vagy részecske?

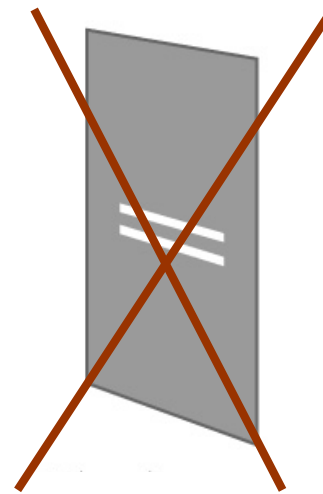
## 1. Young kétréses kísérlete

Mit látunk az ernyőn?

Fénysugár



ha részecske



ha hullám



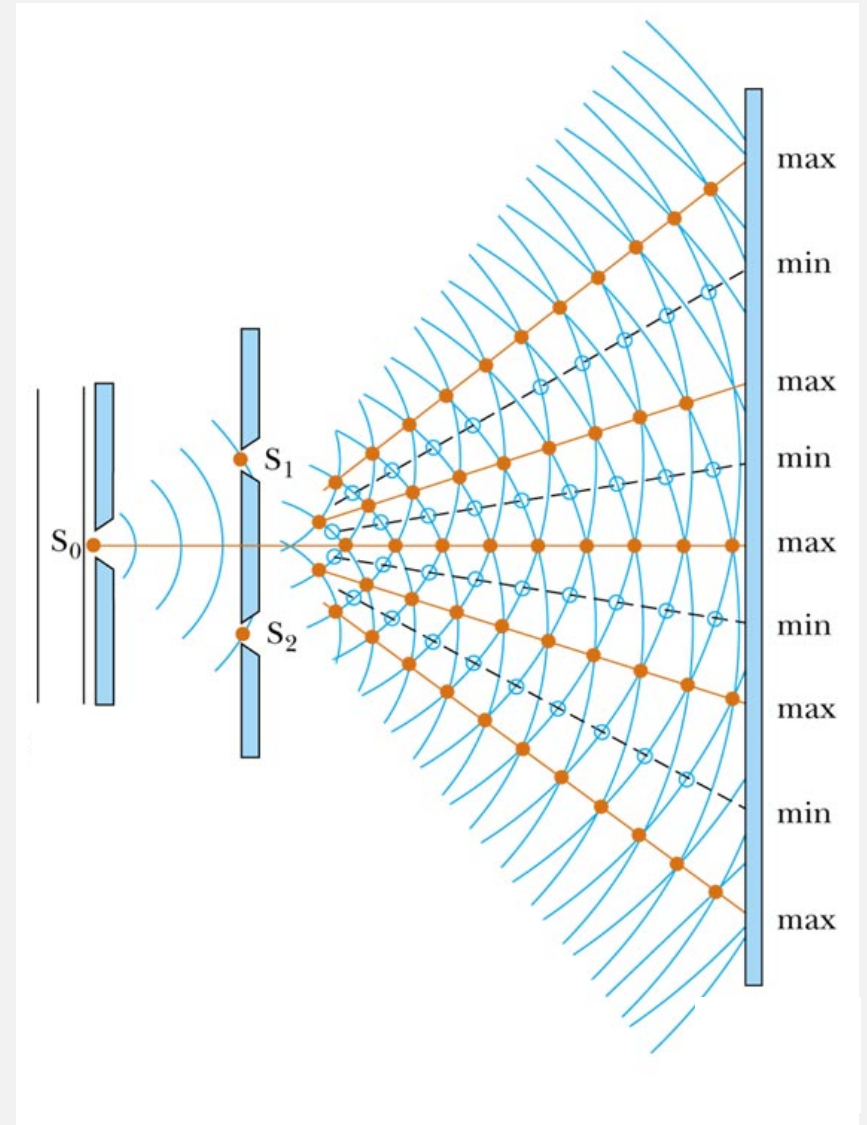
# *Young kísérletének magyarázata*

$S_1$  és  $S_2$  rések elemi hulláforrások

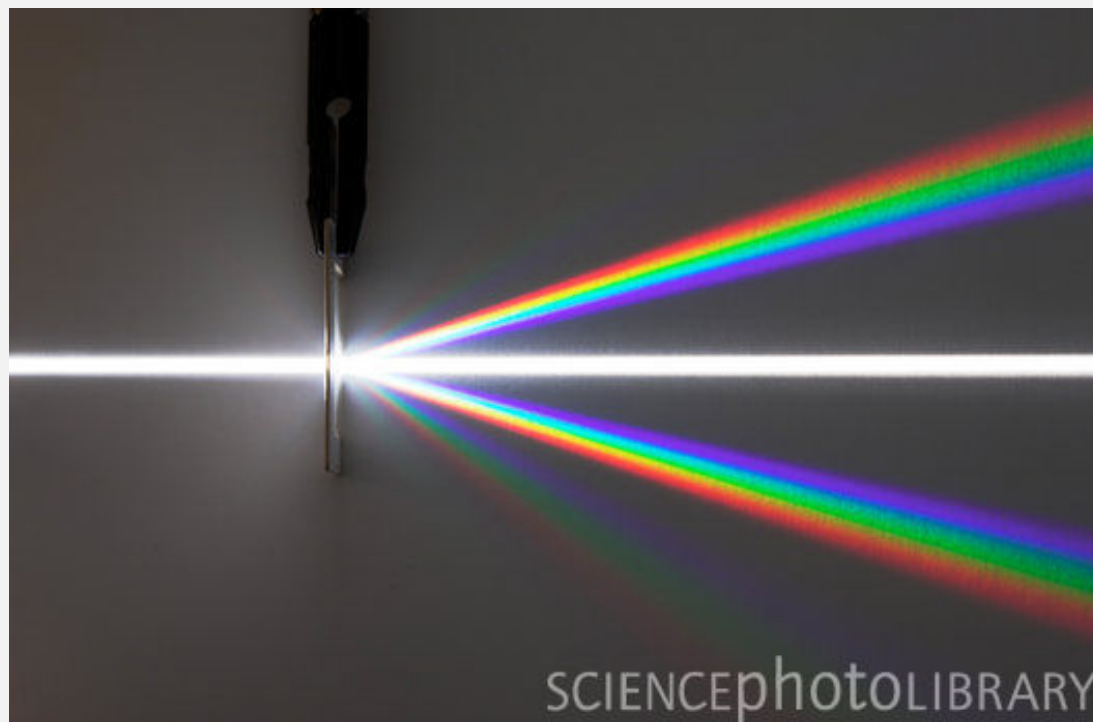
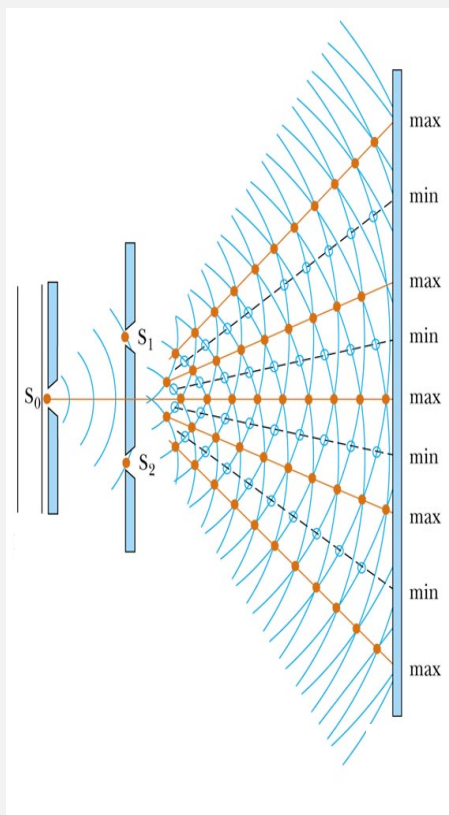
A résekből kiinduló hullámok ugyanabból a hullámfrontból származnak, tehát azonos fázisban vannak!



**interferencia**



# *Fehér fény felbontása optikai ráccsal*

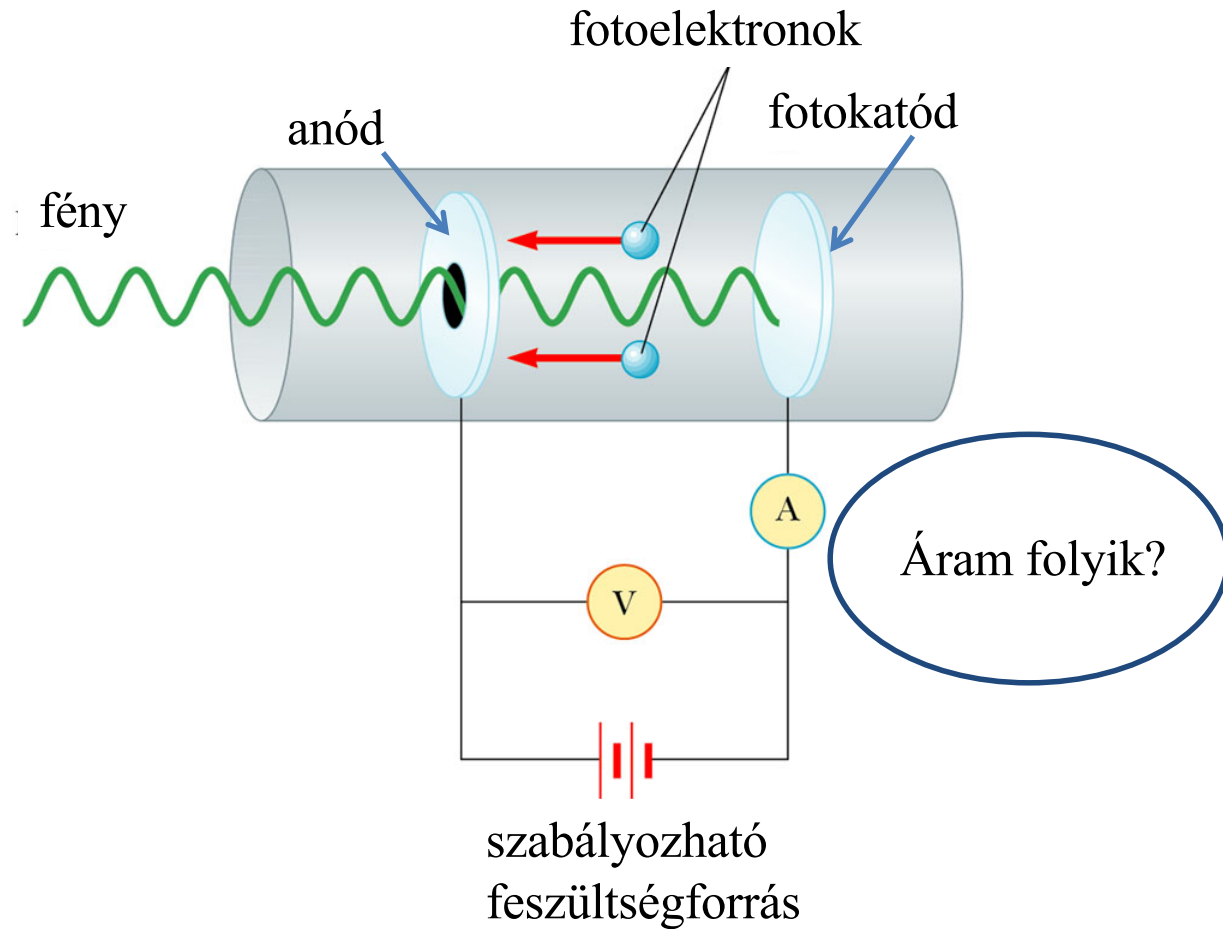


# A fény hullám vagy részecske?

## 2. Hertz kísérlete



**Heinrich Hertz**  
**1887**



**Fotoelektromos effektus**

# Megvilágító fény

azonos szín / hullámhossz

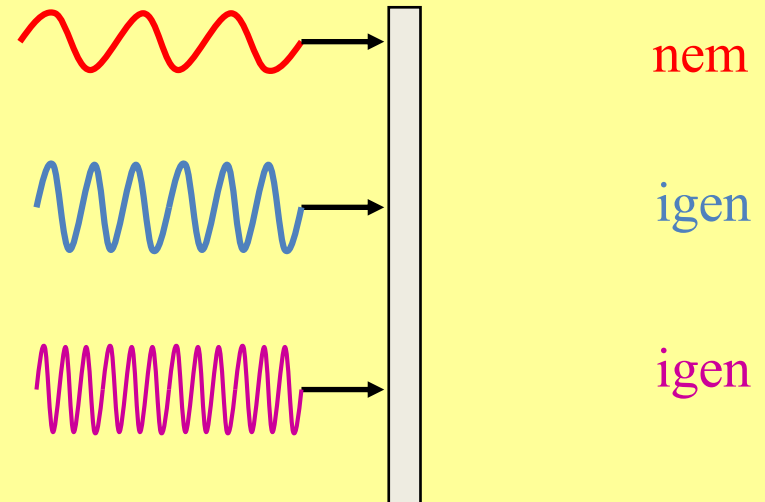
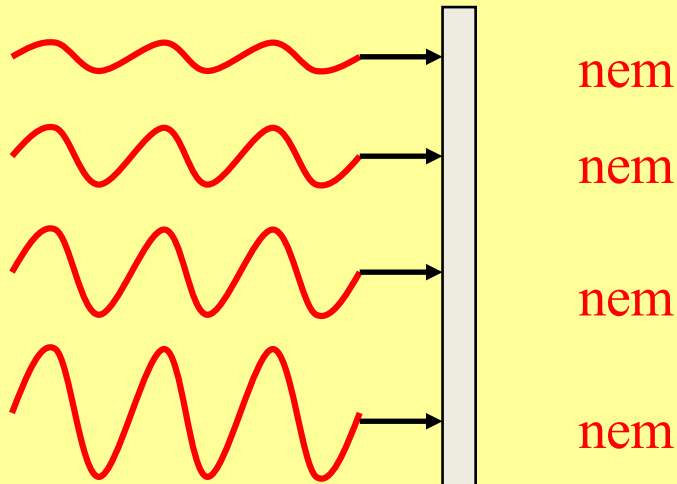
azonos amplitúdó

növekvő  
amplitúdó / intenzitás

változó szín / hullámhossz

Folyik áram?

Folyik áram?



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

## Mi a jelenség magyarázata?

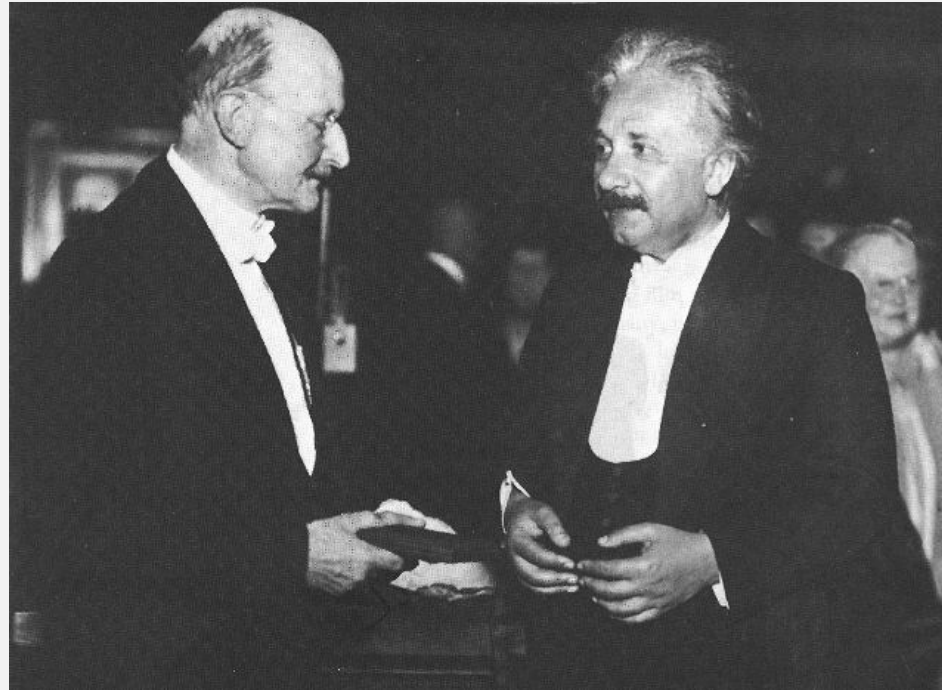
- A jelenség értelmezése a hullámtermészettel nem lehetséges
- Plank (1900): az elektromágneses hullámok energiája csak diszkrét értékeket vehet fel:

$$E = hf$$

*(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 magyarázatáért

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

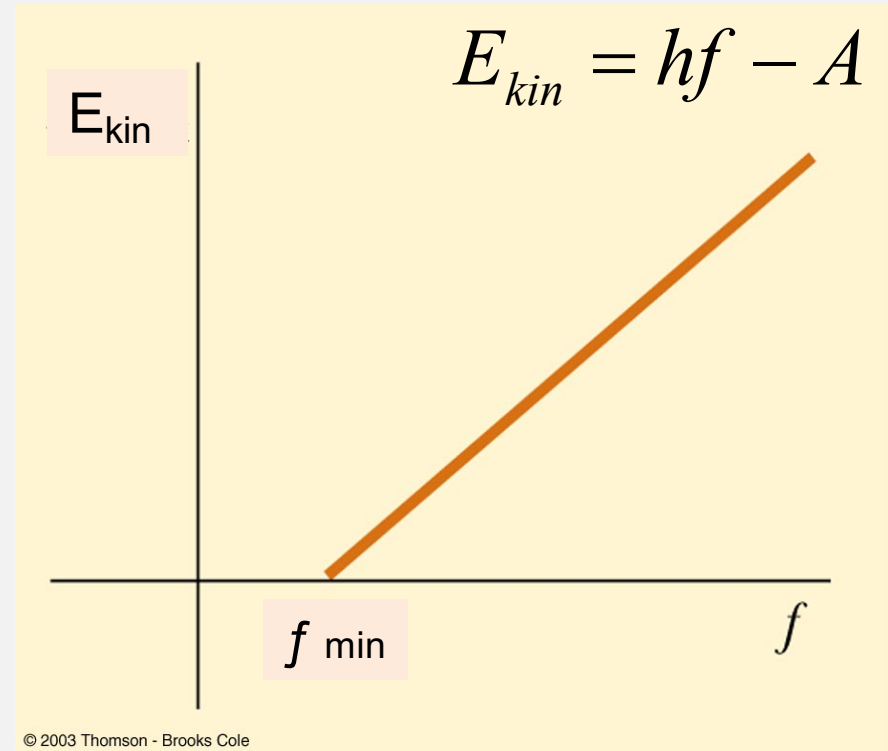
## *Einstein magyarázata (1905)*

- A fény kvantált természetű, energiacsomagokban terjed
- A foton energiája:  $E = hf$
- A foton az elektronnal való ütközéskor átadja teljes energiáját, ha ez az energia *legalább akkora*, mint az elektron kilépési munkája (= A)
- Ha az energia kisebb, mint a kilépési munka, 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

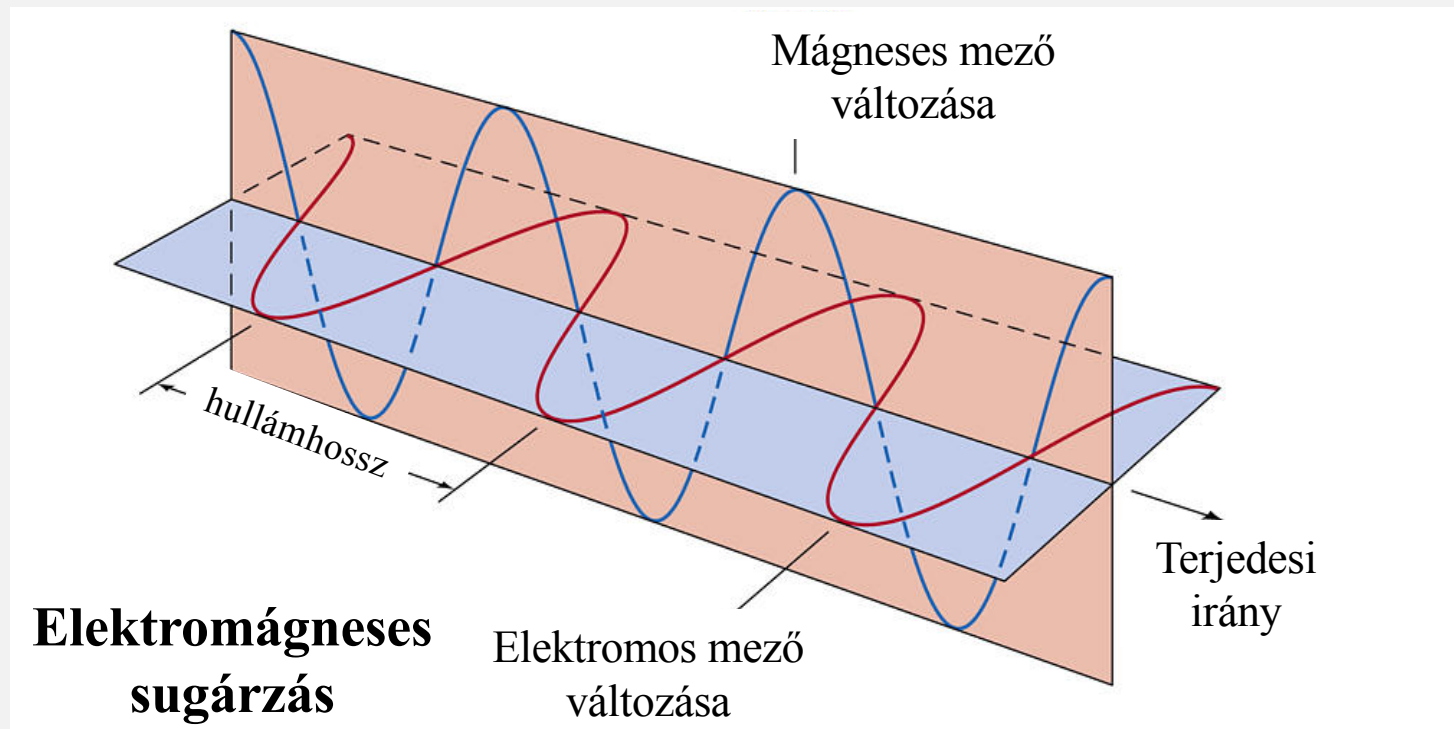
**Részecske** – energiája kvantált, “adagja” a foton

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

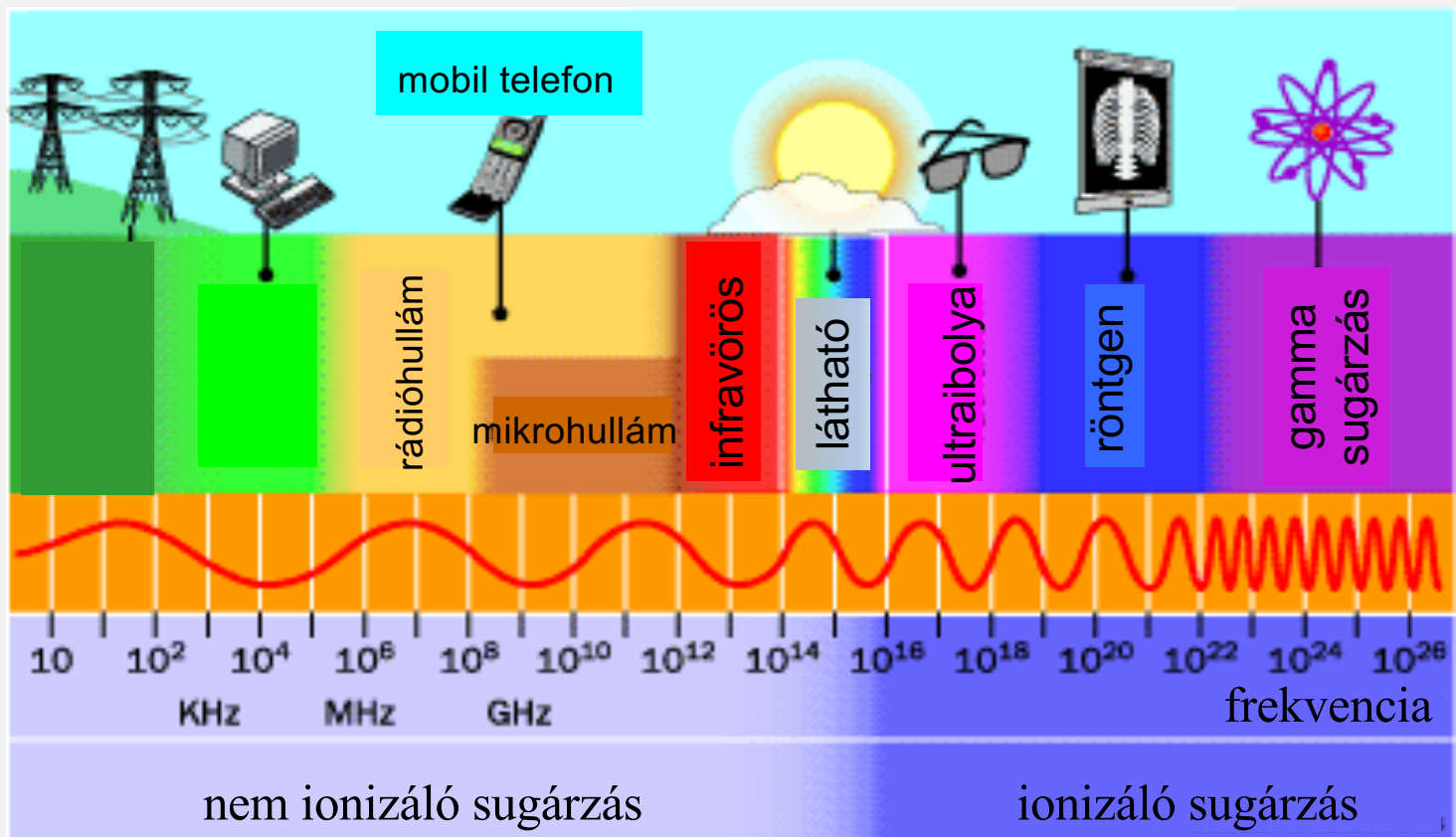
Nyugalmi tömege nincs!

# A fény kettős természetű

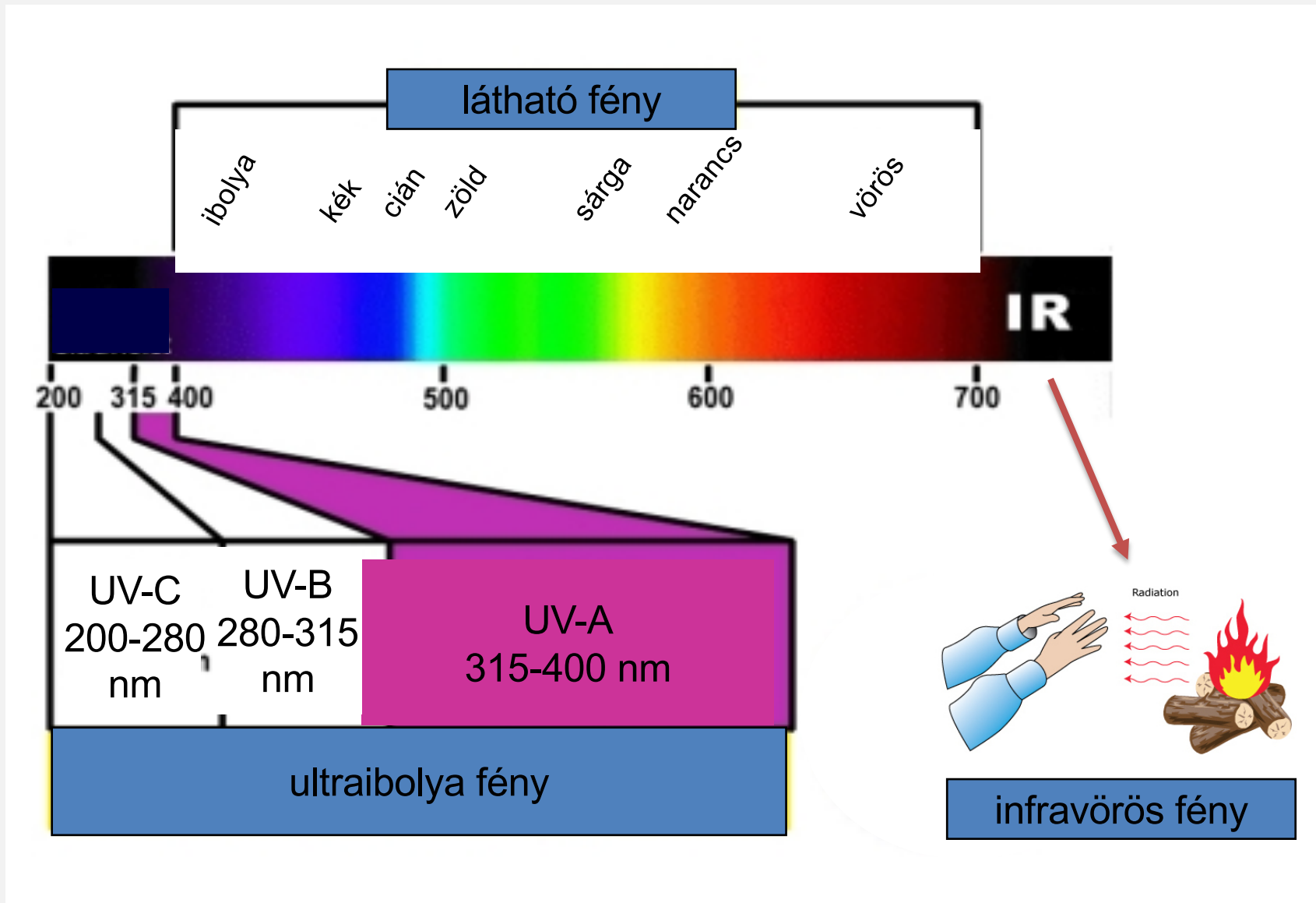
**Hullám** – transzverzálisan, szinuszosan változó elektromos és mágneses térerősség, elhajlási- és interferenciajelenségeket mutat, hullámként terjed



# Az elektromágneses spektrum



# Az optikai tartomány

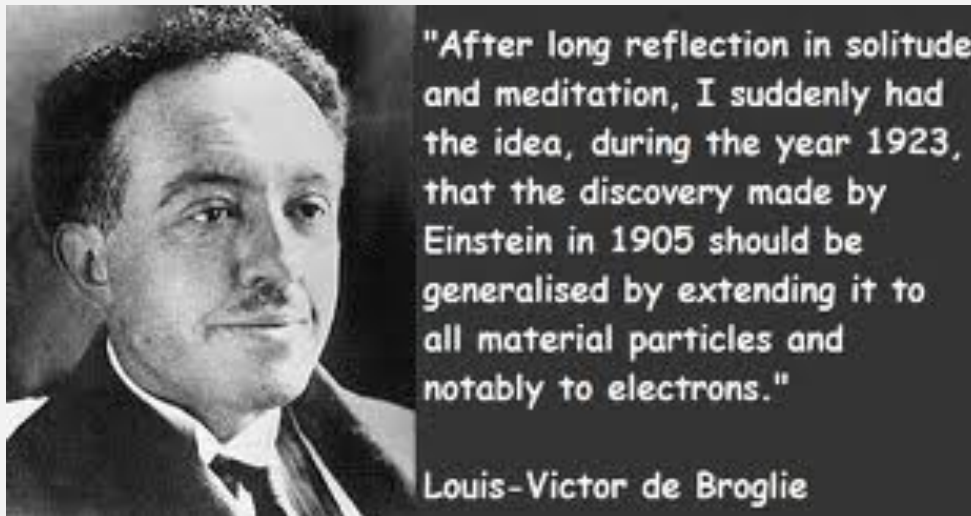


# Miért csak a fény lenne kettős természetű?

Louis de Broglie hipotézise:

*minden* részecskének van hullámtermészete

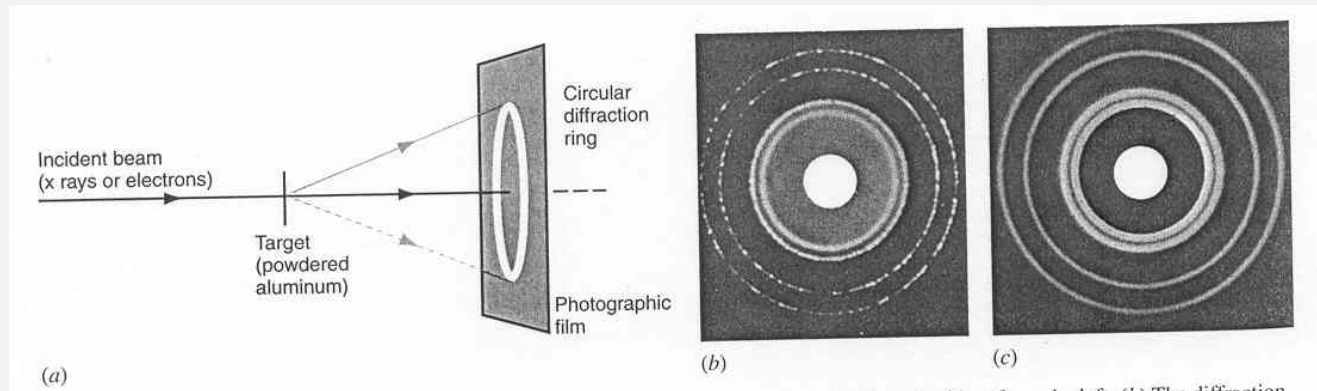
Az elektron impulzusa:  $p = m_e v$   
az elektronhullám hullámhossza:



$$\lambda = h / p$$

fizikai Nobel-díj: 1929

# A részecskék hullámtermészete



Az elektronnyaláb olyan elhajlási vagy 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 jellemző paraméterei

A fény kettős természete

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

**Herényi Levente: Orvosegyetemi fizika - Megérthető összefüggésekkel és matematikai alapokkal kezdőknek és haladóknak. Semmelweis Kiadó 2024**