

Biofizika I

1. Bevezetés, sugárzások

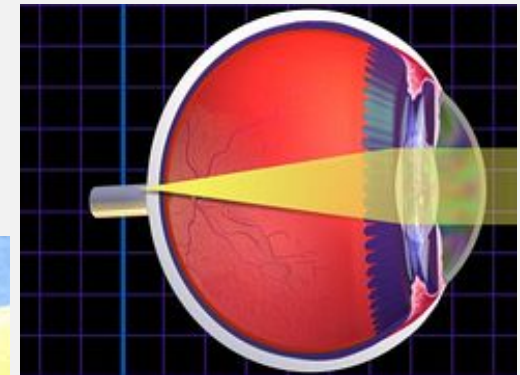
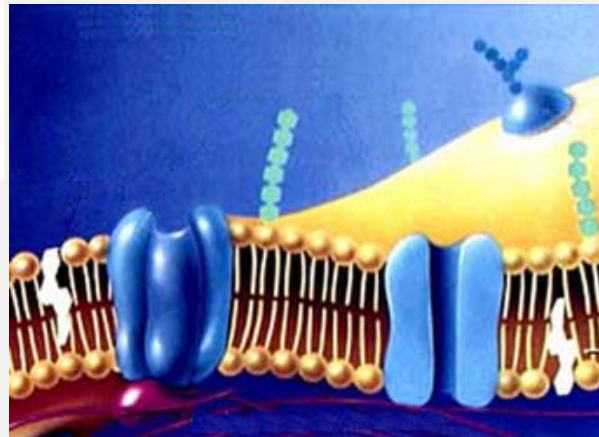
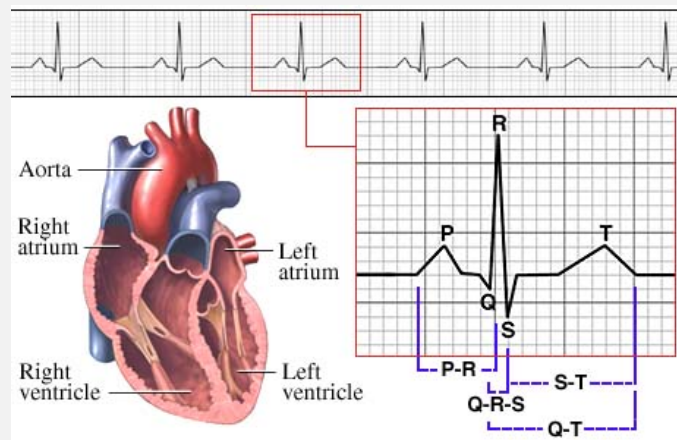
Liliom Károly

2023. 09. 06.

Mi a biofizika tárgya?

Biológiai jelenségek fizikai leírása/értelmezése

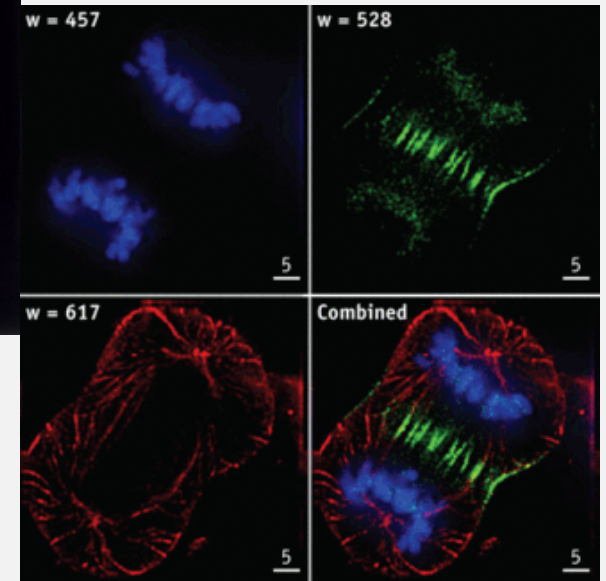
Pl. szívműködés, membránok szerkezete és működése, érzékelés stb.



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) alkotása, amely leírja az ismert jelenségek (függő változó) tulajdonságait adott körülmények (független változó) mellett
például változtatom egy röntgencső 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)

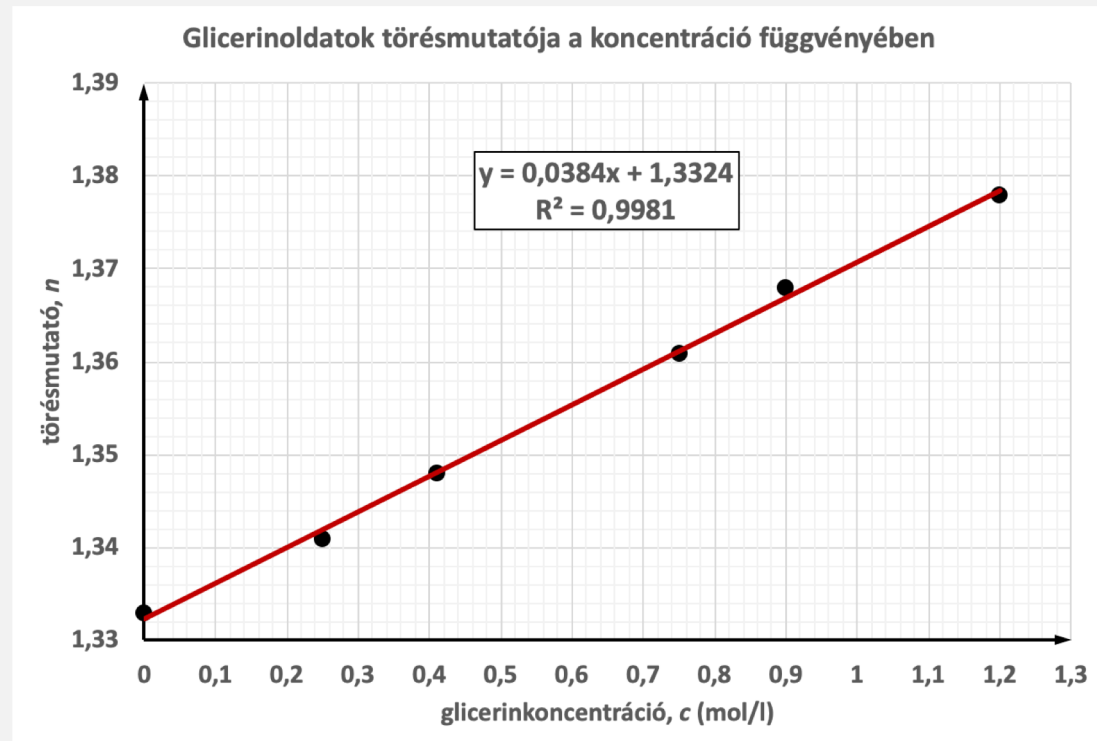
- törekszünk arra, hogy az egyes változók (paraméterek) hatását más tényezőktől függetlenül vizsgáljuk
- Occam borotvája – két, az adott jelenséget egyformán jól leíró magyarázat közül azt érdemes választani, amelyik amelyik a kevesebb számú feltételezést tartalmaz
- matematikai modell = függvénykapcsolat
- 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

[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.

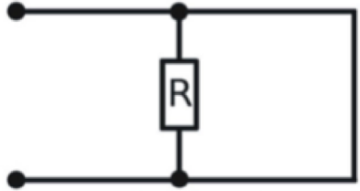
A tantárgy elsajátításához szükséges segédanyagok (könyv, jegyzet, egyéb)

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

Fizikai alapismeretek

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

Összeállította: Dr. Tölgyesi Ferenc, egyetemi docens



AZ ELLENÁLLÁS HIÁBAVALÓ

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 | 2023.09.06 | Dr. Liliom Károly |
| 2 | Geometriai optika: Fermat-elv, fénytörés, lencsék képalkotása, mikroszkóp | 2023.09.13 | Dr. Schay Gusztáv |
| 3 | Hullámoptika: Huygens-elv, fényelhajlás, interferencia, lencsék felbontóképessége | 2023.09.20 | Dr. Schay Gusztáv |
| 4 | Fényszóródás, abszorpció, visszaverődés, színlátás | 2023.09.27 | Dr. Liliom Károly |
| 5 | Anyagszerkezet: atomok, molekulák, kristályok | 2023.10.04 | Dr. Liliom Károly |
| 6 | Hőmérsékleti sugárzás, az emberi test emissziója, az infradiagnosztika alapjai | 2023.10.11 | Dr. Schay Gusztáv |
| 7 | Lumineszcencia és alkalmazásai az orvostudományban | 2023.10.18 | Dr. Liliom Károly |
| 8 | A lézerek működési elve, típusai, orvosi alkalmazásai | 2023.10.25 | Dr. Haluszka Dóra |
| 9 | Modern mikroszkópos technikák | 2023.11.01 | Dr. Haluszka Dóra |
| 10 | A fény biológiai hatásai, orvosi alkalmazások | 2023.11.08 | Dr. Haluszka Dóra |
| 11 | Röntgensugárzás előállítása, spektruma, kölcsönhatása az anyaggal | 2023.11.15 | Dr. Liliom Károly |
| 12 | Röntgendiagnosztikai módszerek | 2023.11.22 | Dr. Liliom Károly |
| 13 | Magsugárzások jellemzői, az izotópos nyomjelzés | 2023.11.29 | Dr. Liliom Károly |
| 14 | Magsugárzások klinikai alkalmazásai: | 2023.12.06 | Dr. Liliom Károly |

Sugárzások

Sugárzás: energia kibocsátása és terjedése

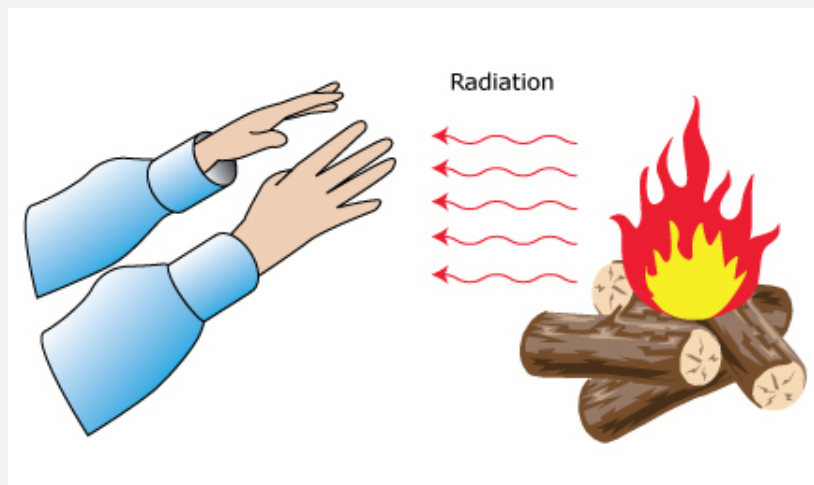
Milyen példákat tapasztalunk magunk körül?

hang

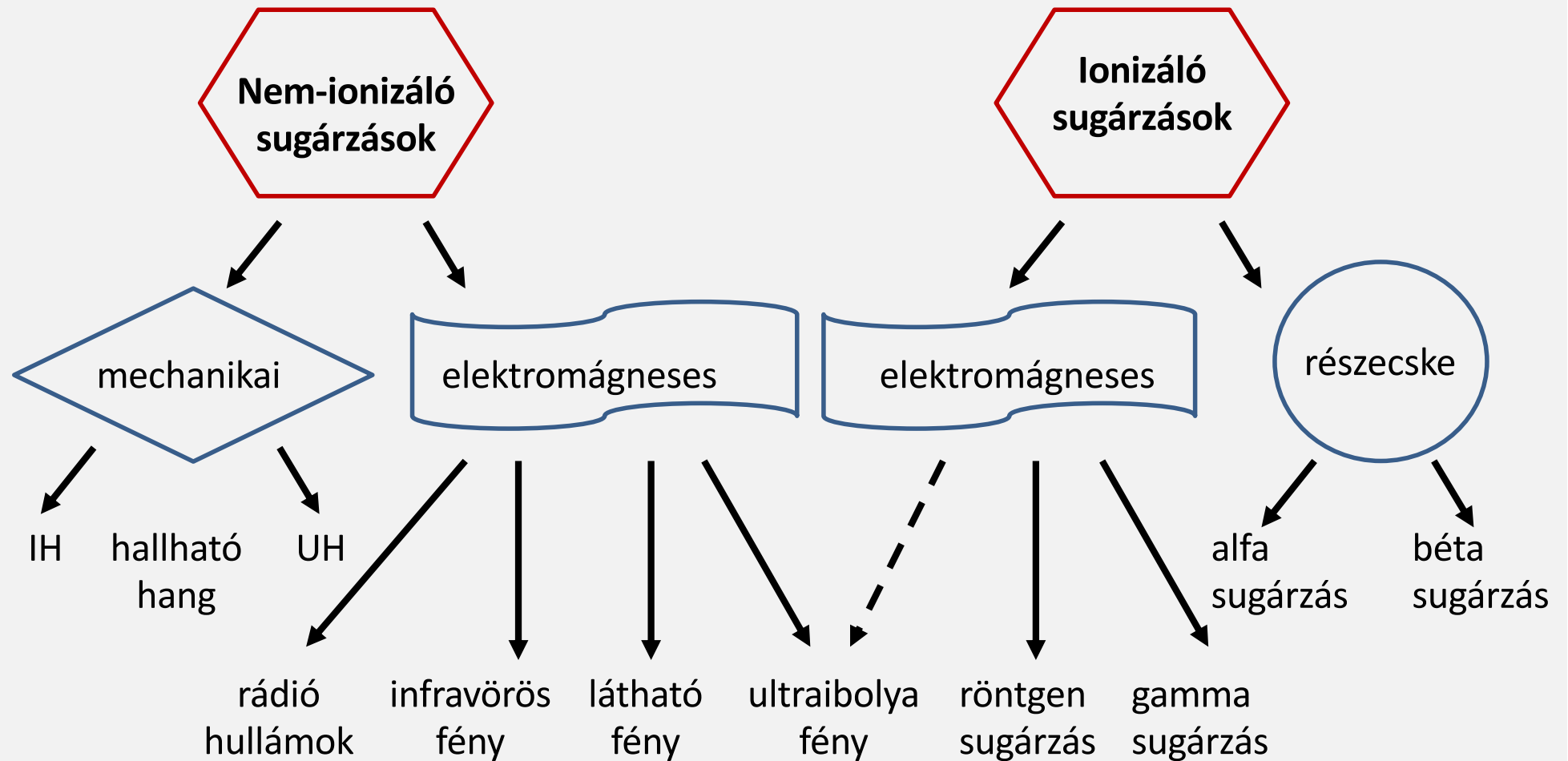
fény

rádióhullámok

magsugárzások



Sugárzások osztályozása



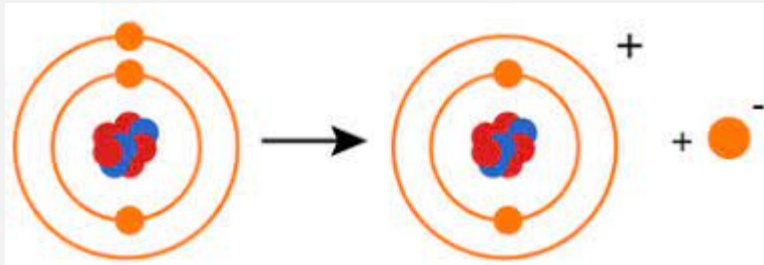
Sugárzások osztályozása

Nem-ionizáló
sugárzások

Ionizáló
sugárzások

Mi az osztályozás alapja?

IONIZÁCIÓ

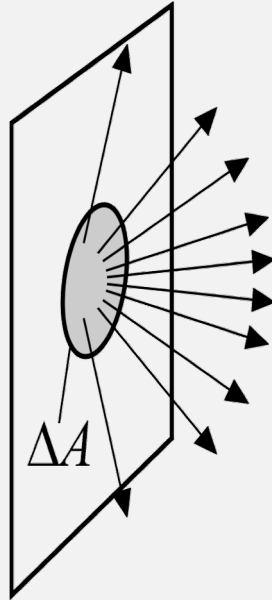


Az ionizáció létrejöttéhez az elektronnak energiát kell felvennie a sugárzásból.
Az ionizációs energia (fémeknél kilépési munka) az adott anyagra jellemző.

Sugárzásokat jellemző mennyiségek

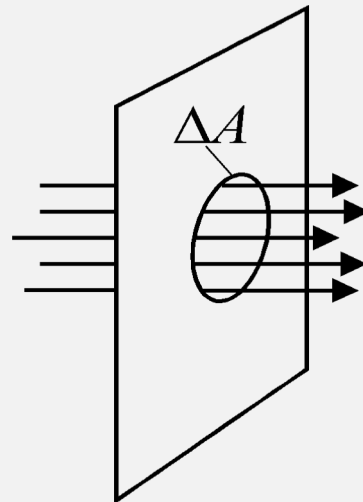
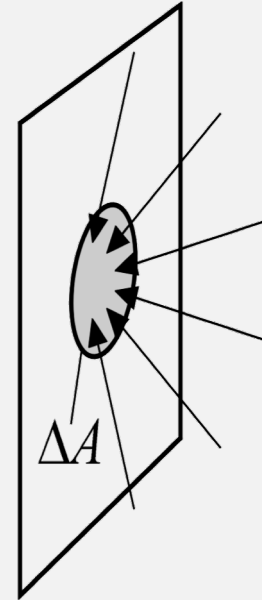
kisugárzott felületi teljesítmény:

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



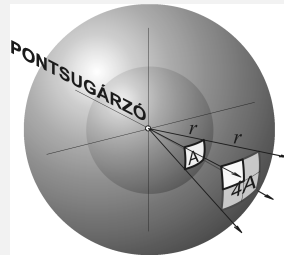
besugárzott felületi teljesítmény:

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



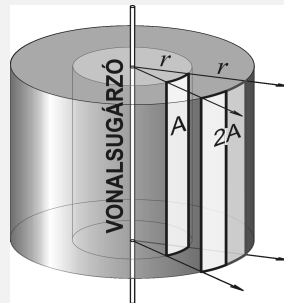
sugárzás intenzitása = sugárzásra
merőleges irányban egységnyi
felületen egységnyi idő alatt
átáramló energia
 $J_E = \Delta E / \Delta t \Delta A$

Sugárforrások osztályozása



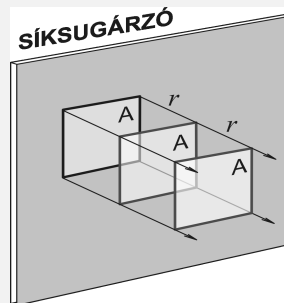
Pontsugárzó forrás:

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



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*

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

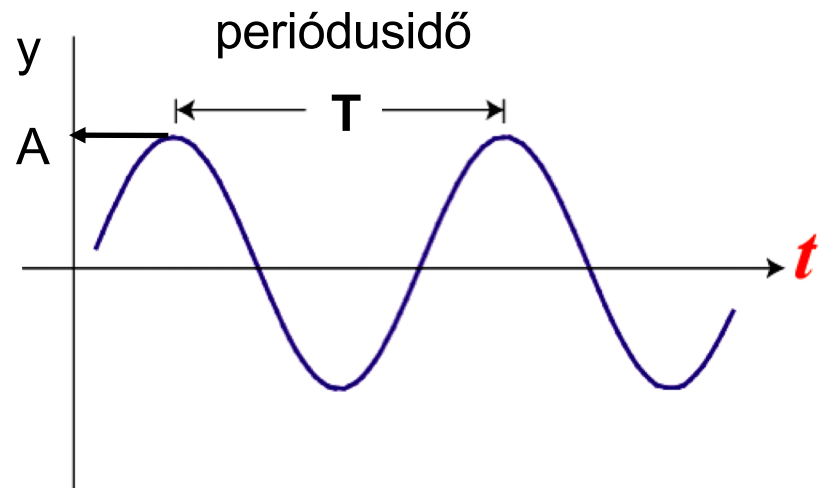
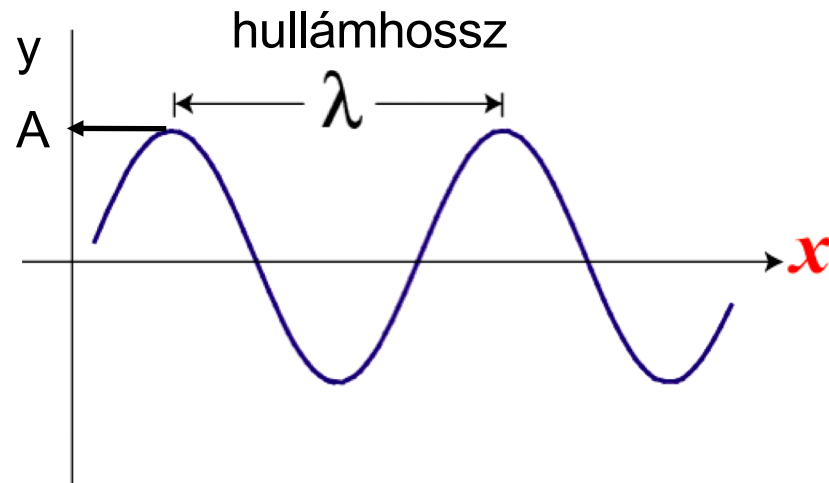
Maximális kitérés - *amplitúdó*

$$E \sim A^2$$

Időbeli periodicitás

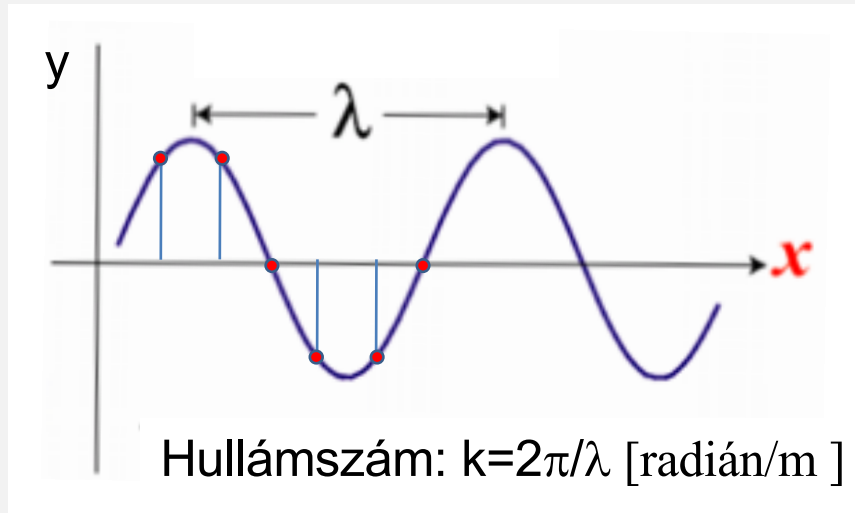
$$f = \frac{1}{T} \left[\frac{1}{s} \right] \quad \begin{array}{l} \text{- periódusidő} \\ \text{- frekvencia} \end{array}$$

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



Fázis: kitérési állapot

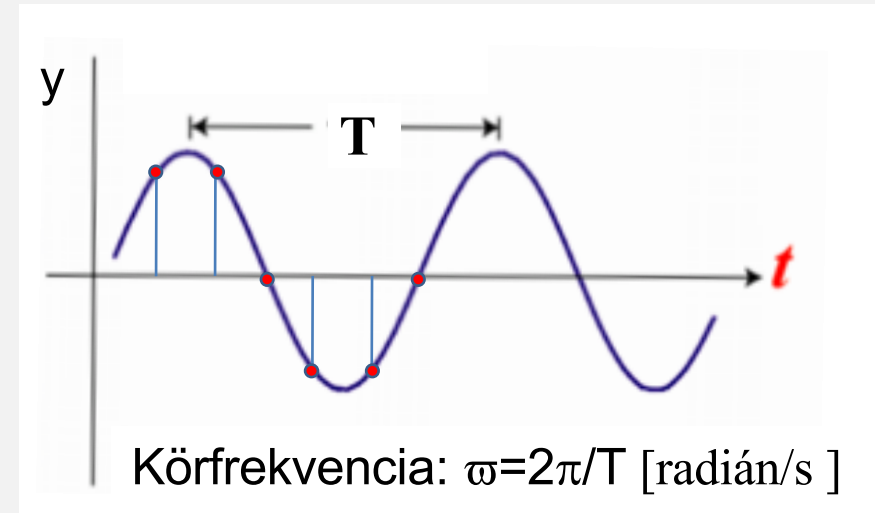
térben vizsgálva



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



időben vizsgálva



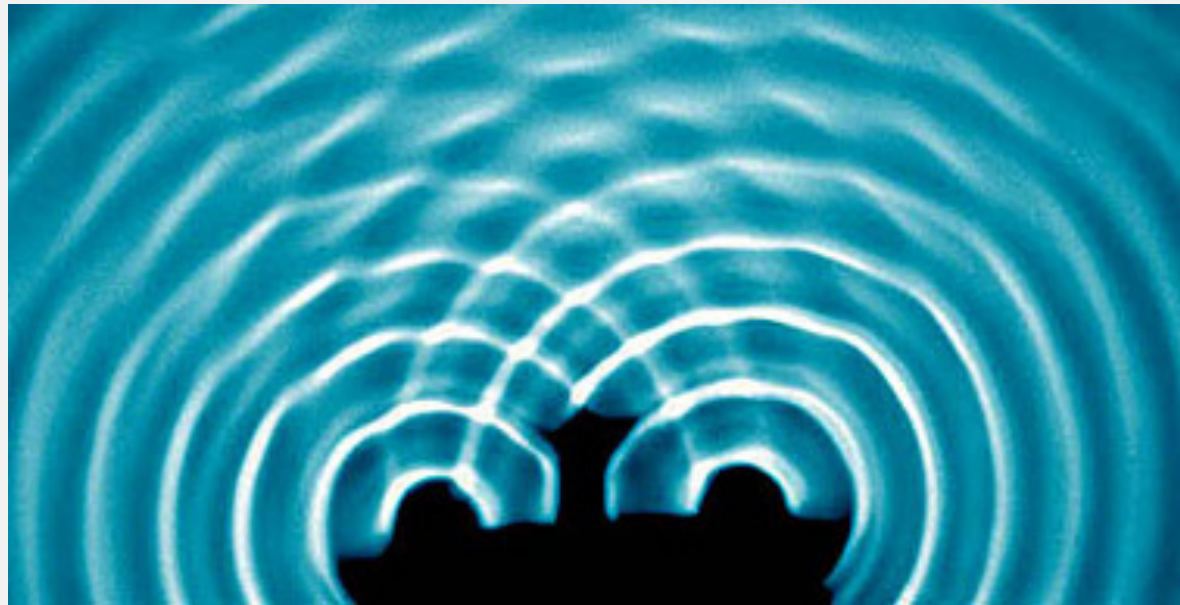
$$\phi(t)=\omega t+\phi_0$$



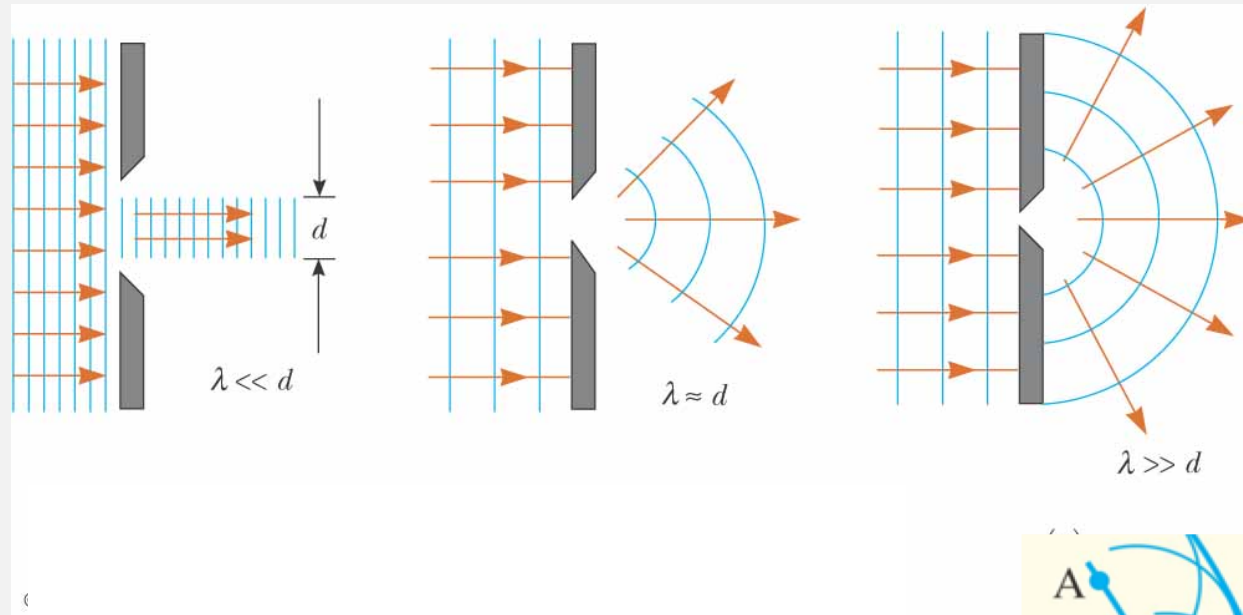
$$\phi=\omega t+kx+\phi_0$$

Hullámtermészetet bizonyító jelenségek:

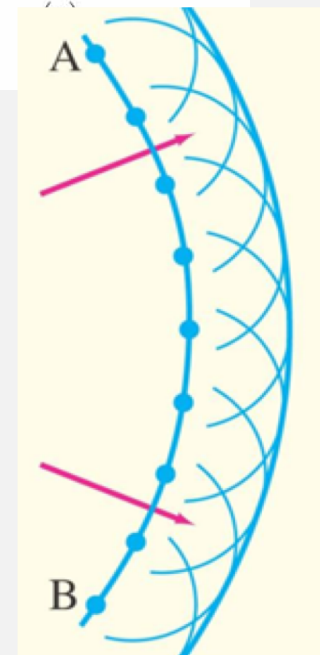
- elhajlás
- szuperpozíció/interferencia
- polarizáció



Hullámok elhajlása

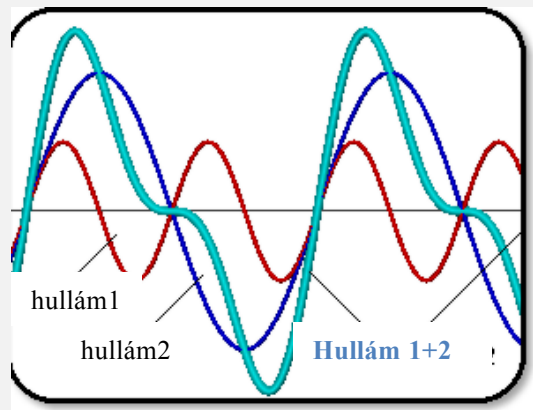


Huygens-elv: egy hullámfelület minden pontjából elemi hullámok indulnak ki. Az új hullámfelület az elemi hullámok burkolófelülete.

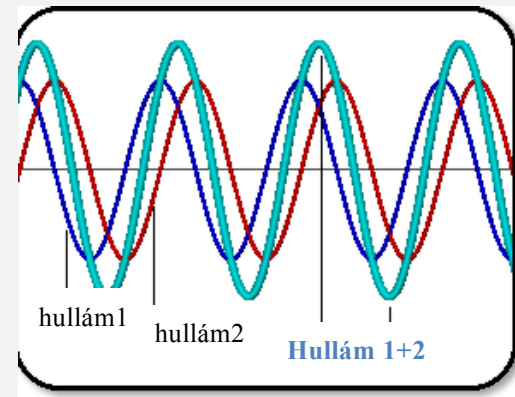


Szuperpozíció: az eredő kitérés a találkozó

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



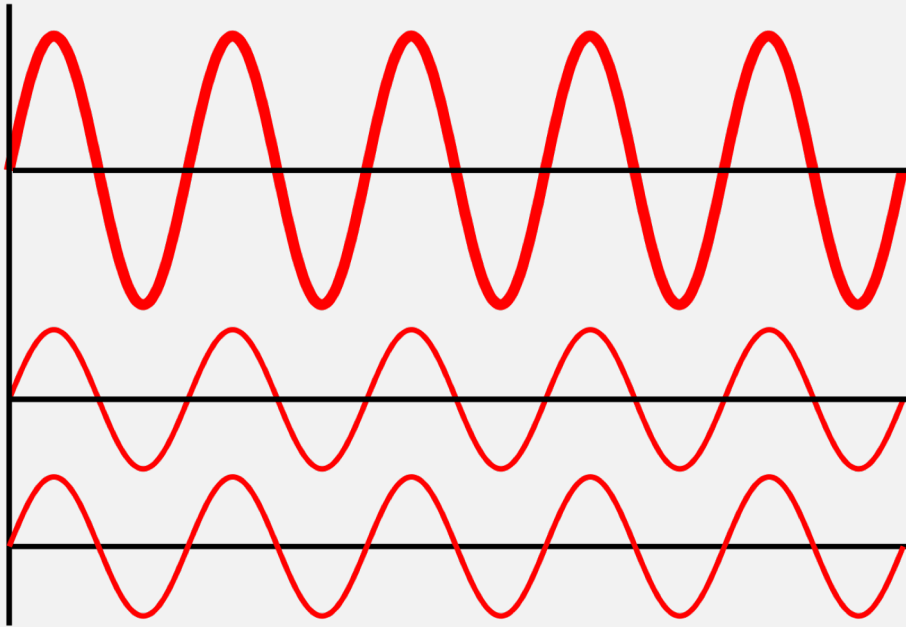
nem azonos frekvencia



azonos frekvencia

Interferencia - koherens hullámok szuperpozíciója

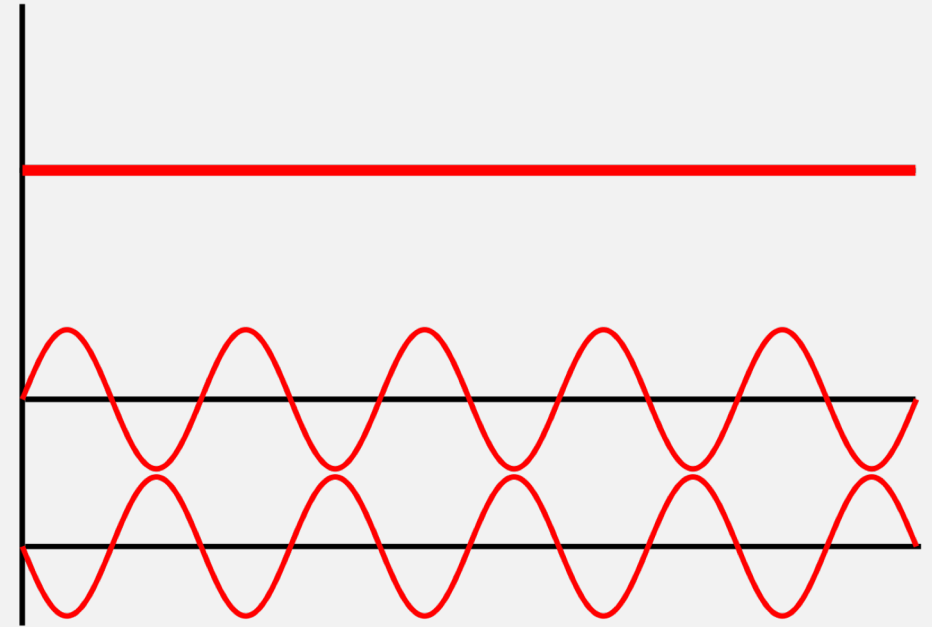
(koherens hullámok: a fáziskülönbség állandó)



azonos fázis

pozitív interferencia

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



ellentétes fázis

negatív interferencia

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

A fény természete

Hullám?

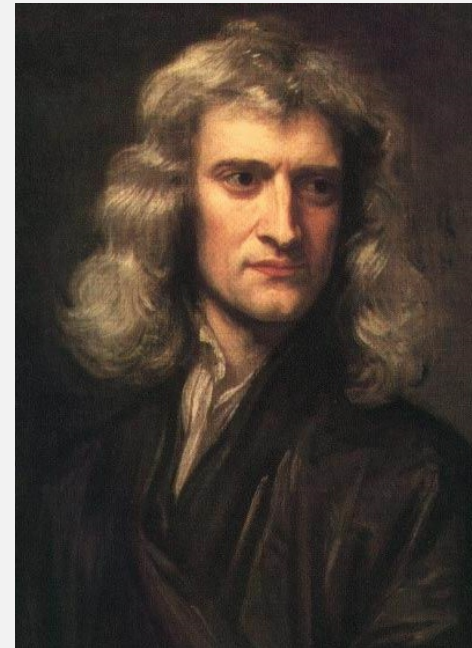


Christian Huygens

(1629 - 1695)

Traité de la lumière
1690

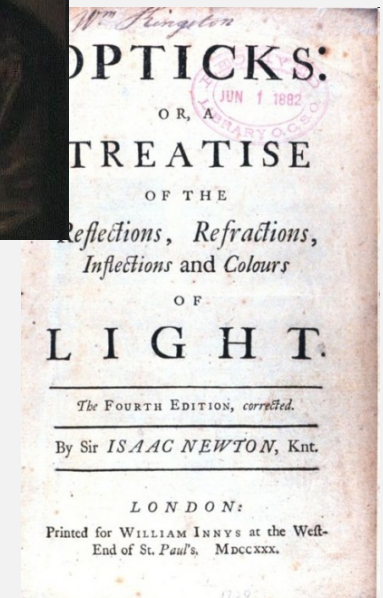
Részecske?



Isaac Newton

(1642 - 1727)

Opticks
1704





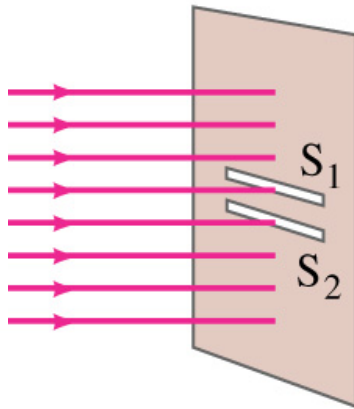
Thomas Young
(1773-1829)

A fény hullám vagy részecske?

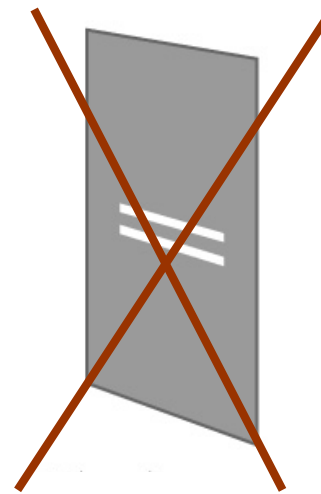
1. Young kétréses kísérlete

Mit látunk az ernyőn?

Fénysugár



ha részecske



ha hullám



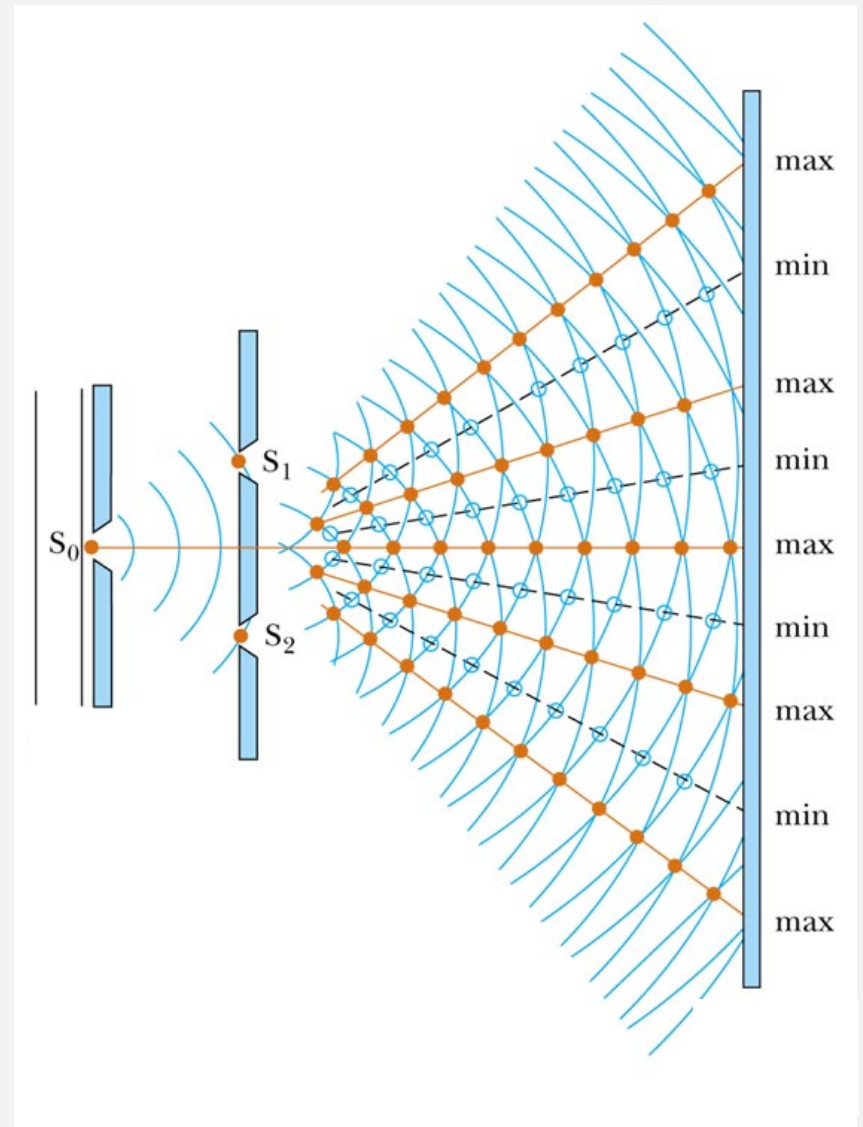
Young kísérletének magyarázata

S_1 és S_2 rések elemi hulláforrások

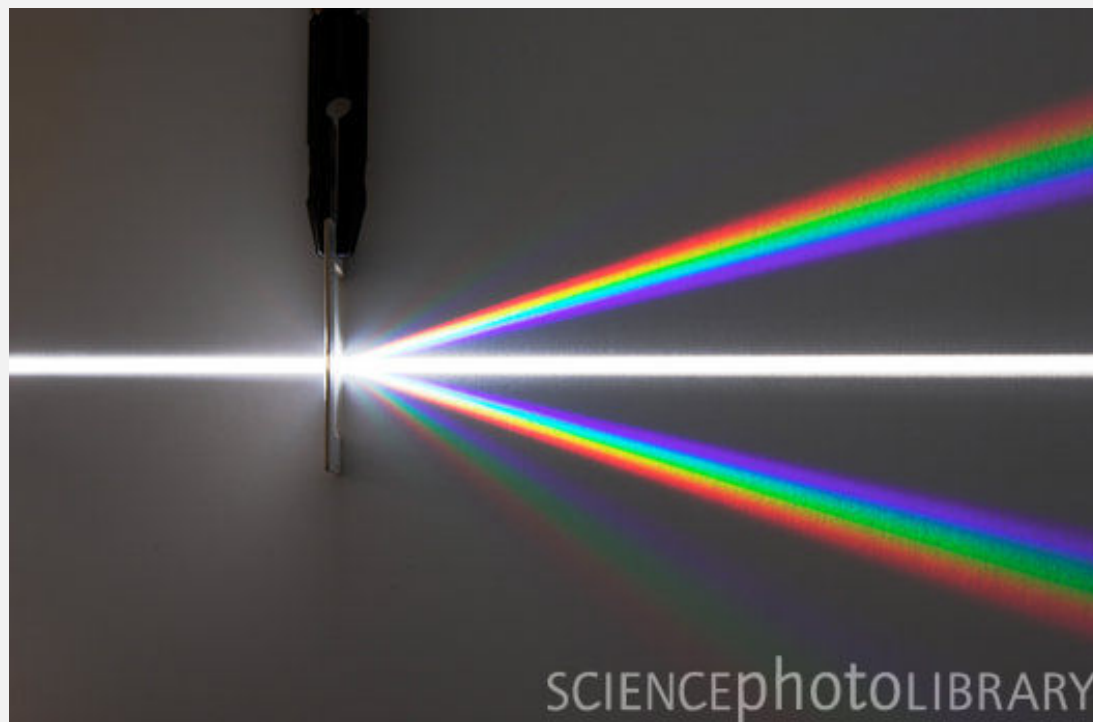
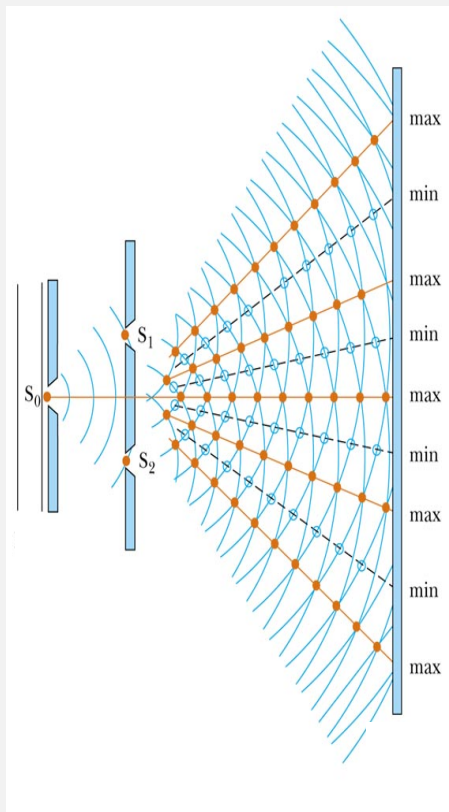
A résekből kiinduló hullámok ugyanabból
a hullámfrontból származnak, tehát azonos
fázisban vannak!



interferencia



Fehér fény felbontása optikai ráccsal

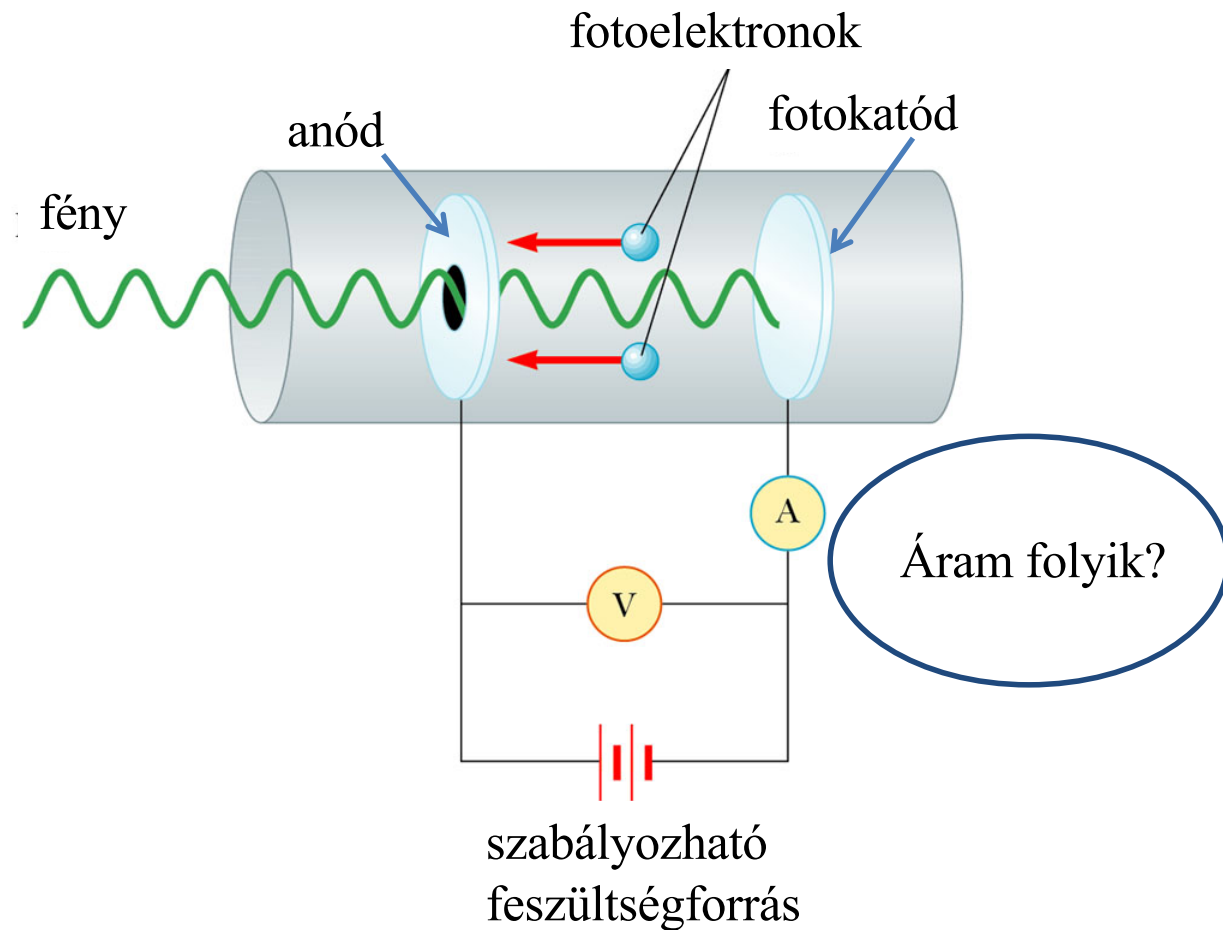


A fény hullám vagy részecske?

2. Hertz kísérlete



Heinrich Hertz
1887



Fotoelektromos effektus

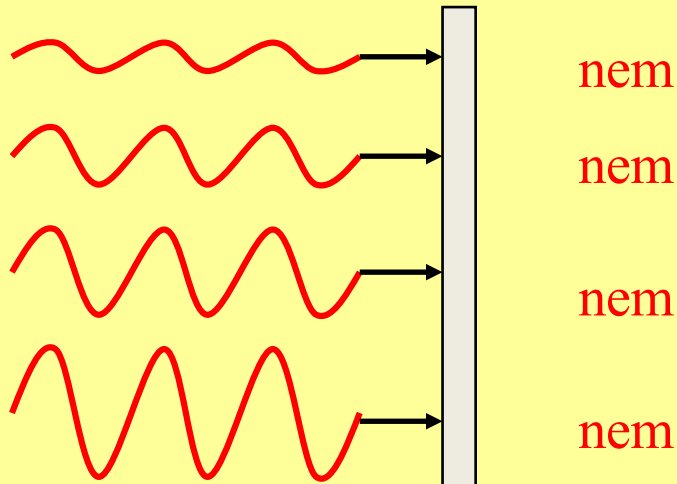
Megvilágító fény

azonos szín / hullámhossz

azonos amplitúdó

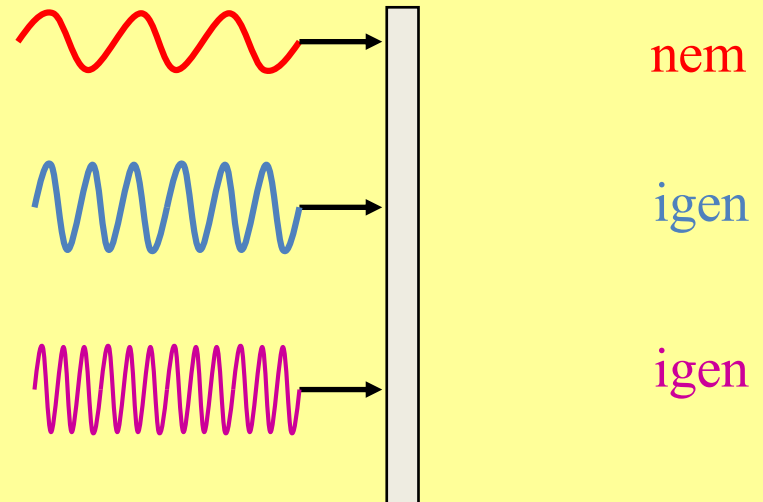
növekvő
amplitúdó / intenzitás

Folyik áram?



változó szín / hullámhossz

Folyik áram?



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

Mi a jelenség magyarázata?

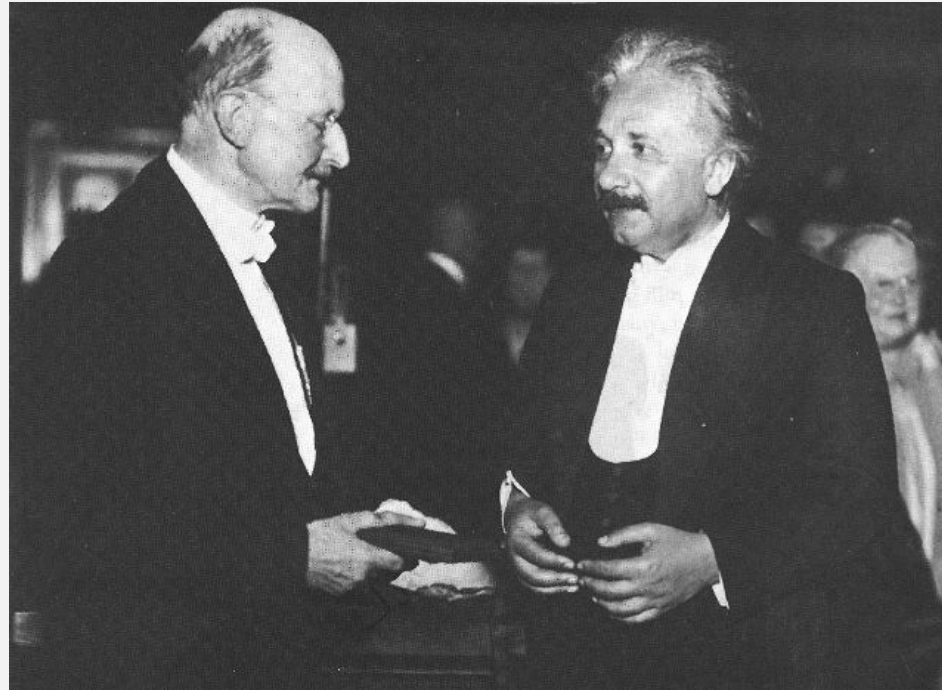
- A jelenség értelmezése a hullámtermészettel nem lehetséges
- Plank (1900): az elektromágneses hullámok energiája csak diszkrét értékeket vehet fel:

$$E = hf$$

(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".*

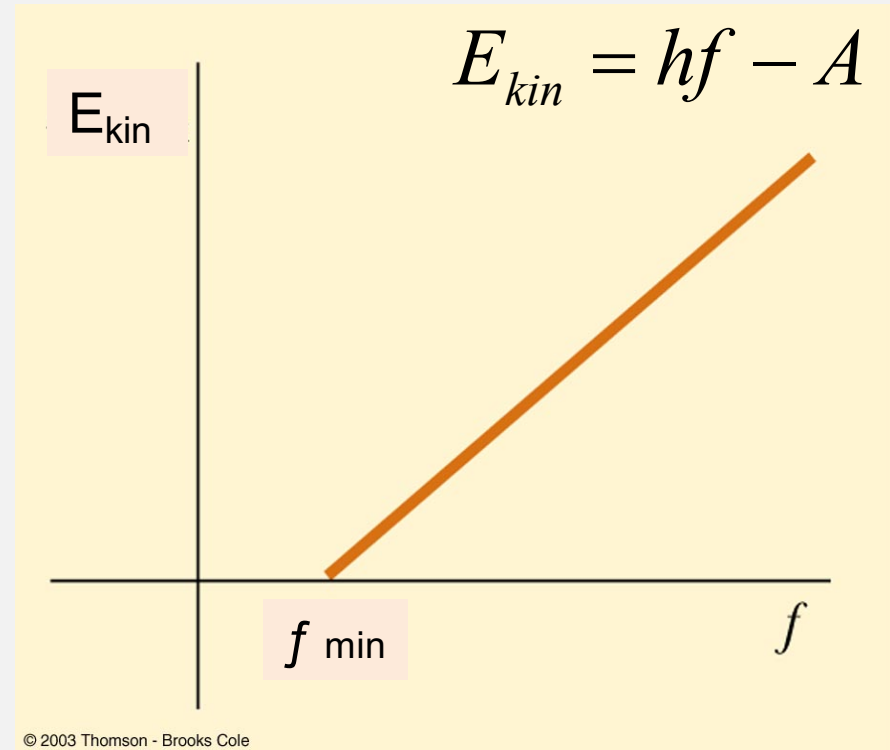
Einstein magyarázata (1905)

- 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

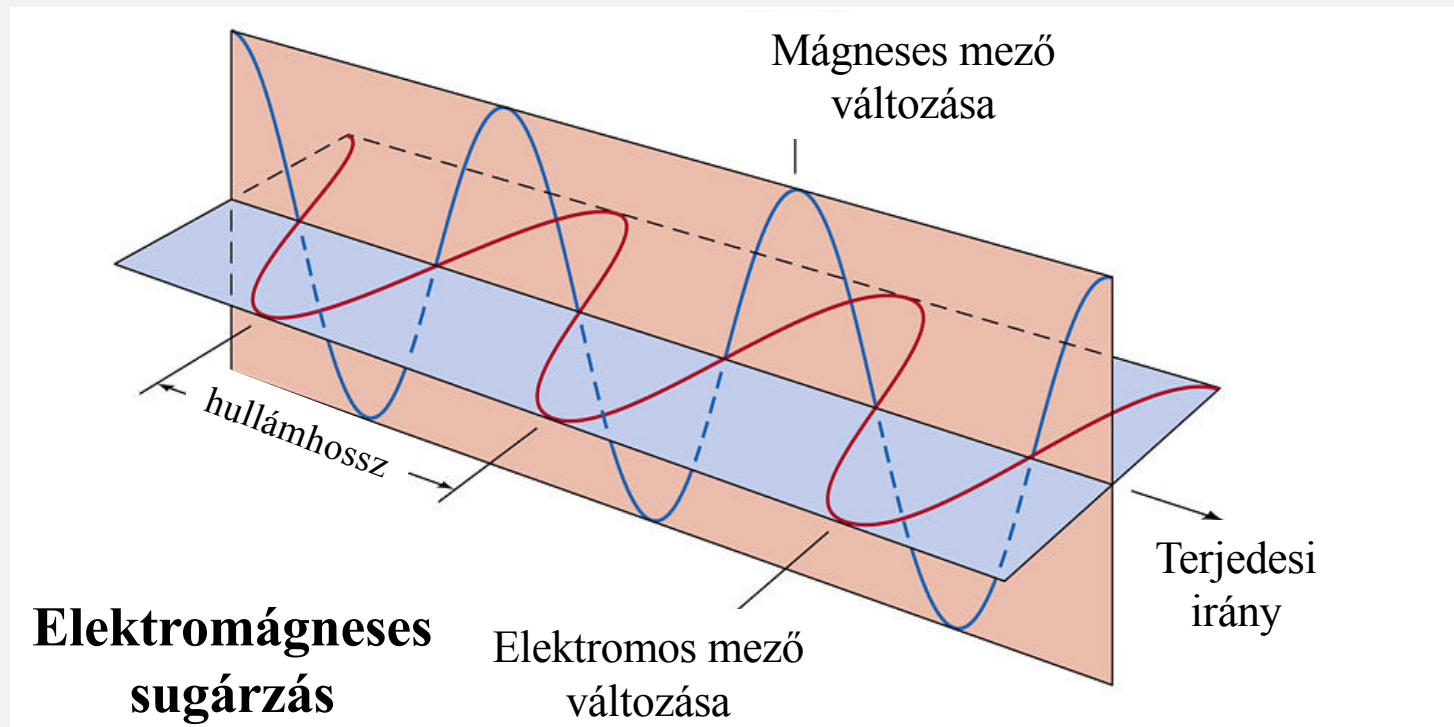
Egy foton energiája:

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

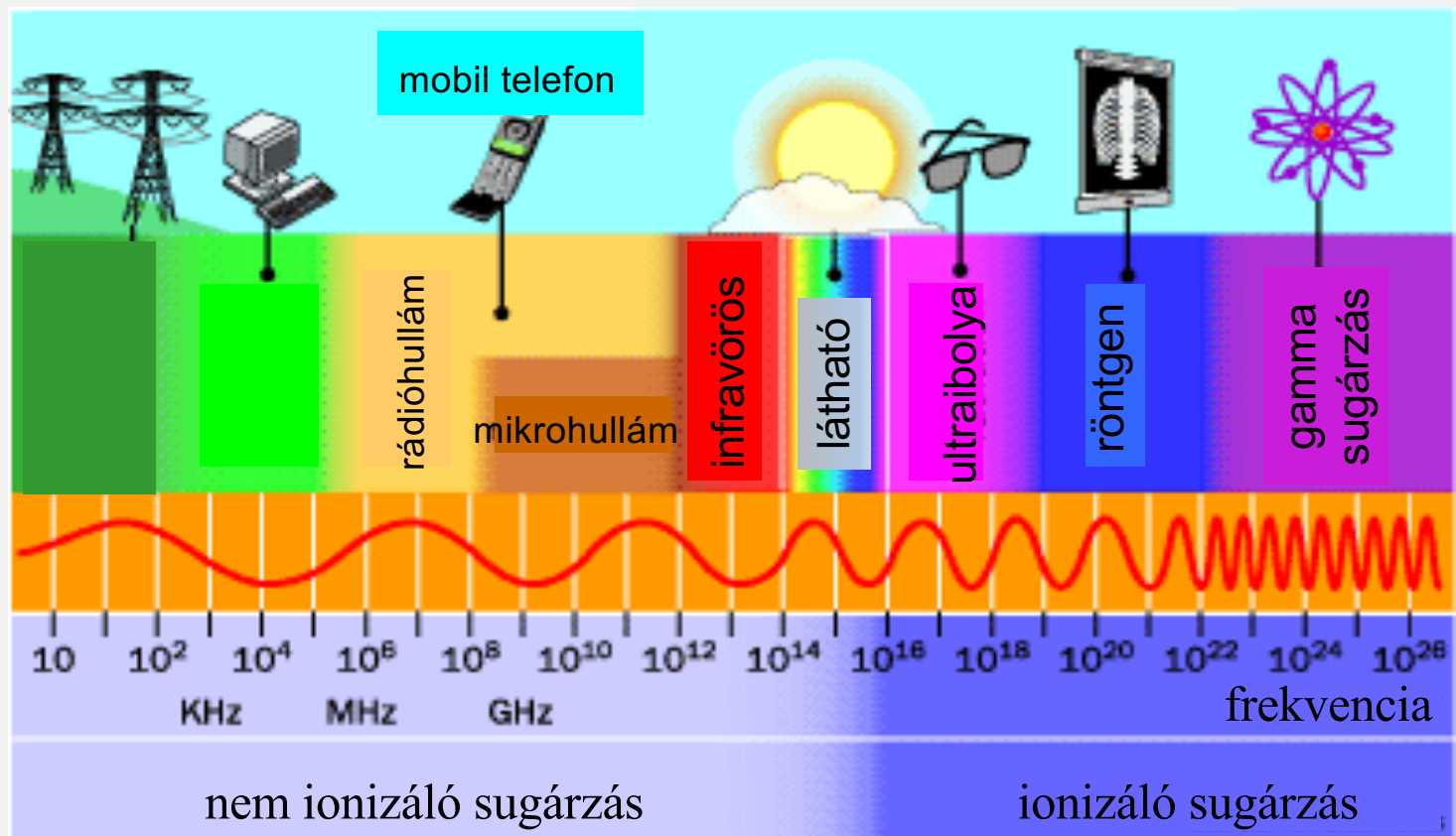
Nyugalmi tömege nincs!

A fény kettős természetű

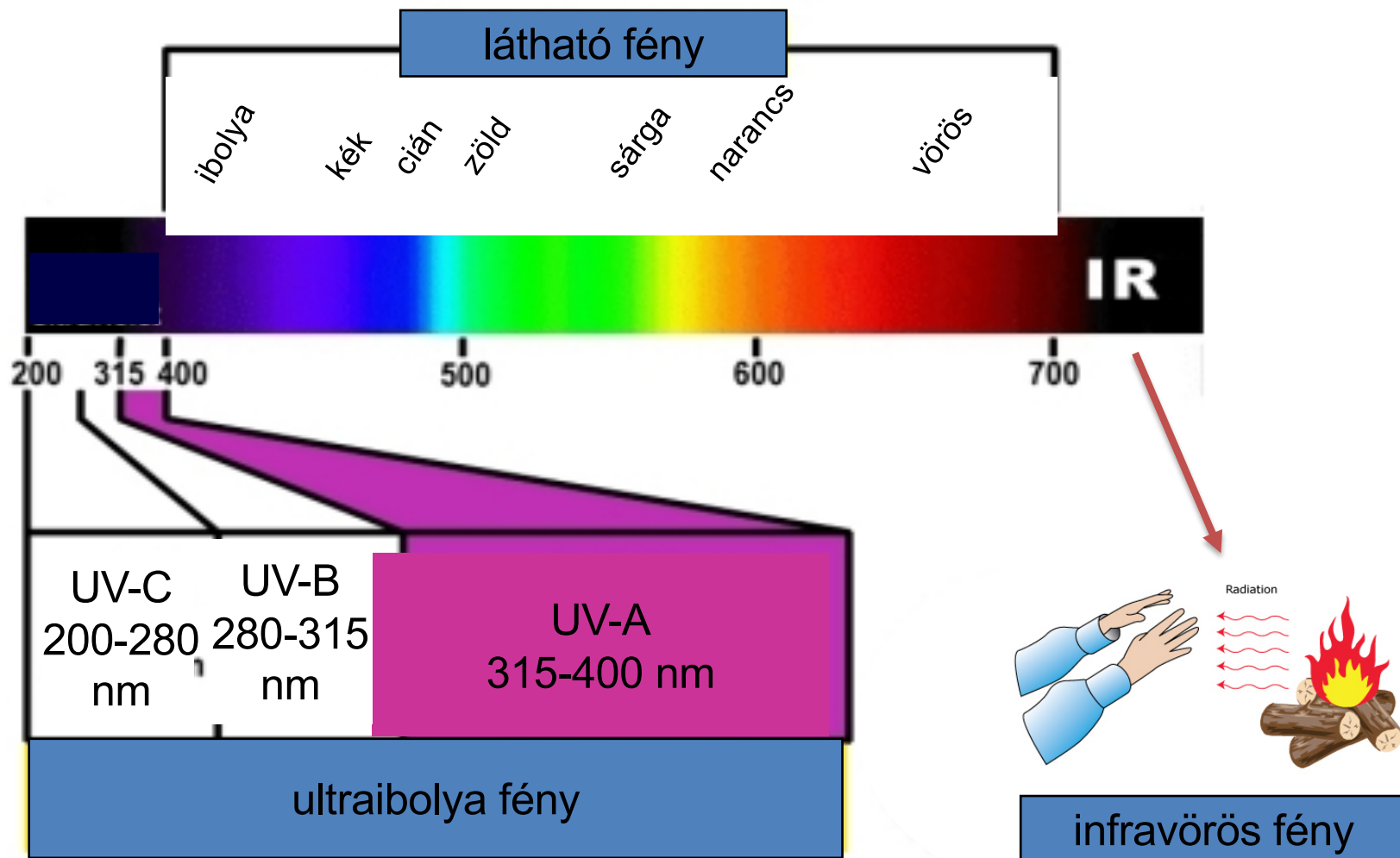
Hullám – transzverzálisan, szinuszosan változó elektromos és mágneses térerősség, elhajlási- és interferencia-jelenségeket mutat, hullámként terjed



Az elektromágneses spektrum



Az optikai tartomány

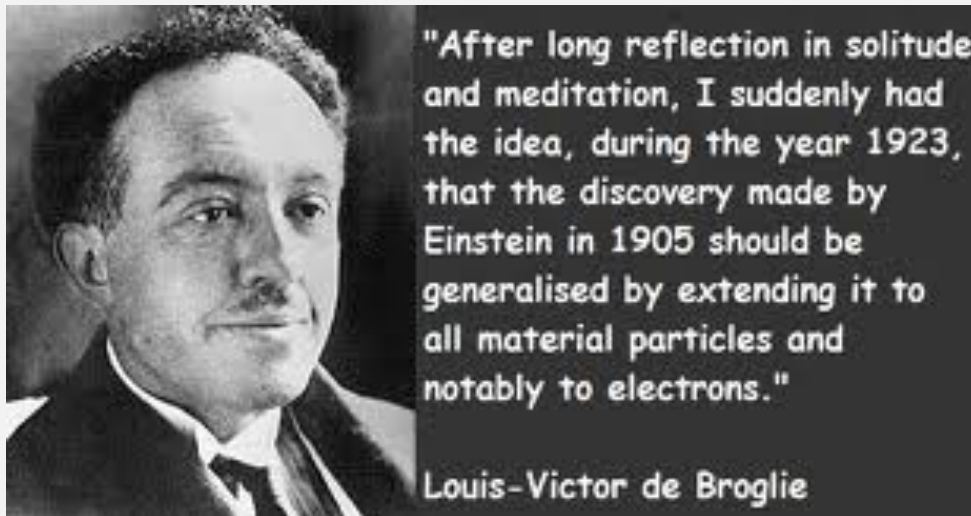


Miért csak a fény lenne kettős természetű?

Louis de Broglie hipotézise:

minden részecskének van hullámtermészete

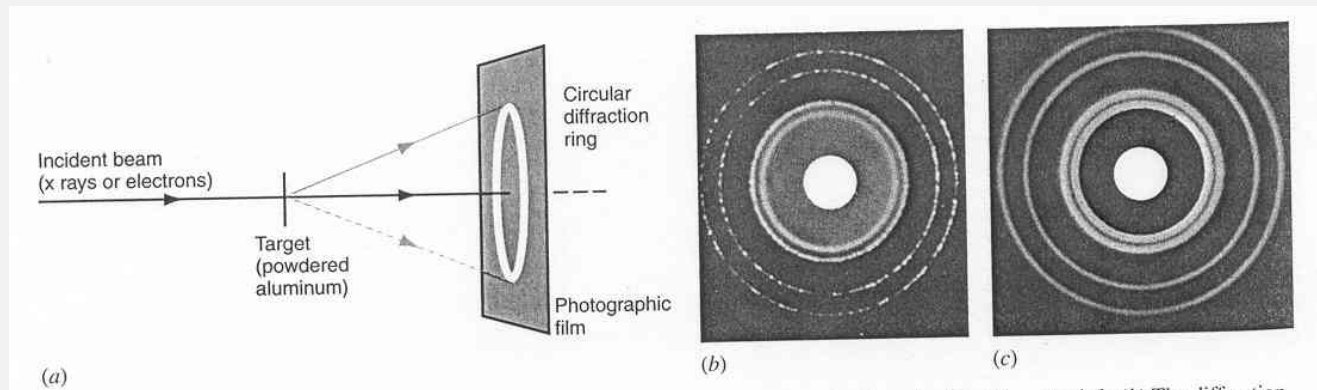
Az elektron impulzusa: $p = m_e v$
az elektronhullám hullámhossza:



$$\lambda = h / p$$

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