

Orvosi Biofizika I.

Bevezetés, Sugárzások
2025. szeptember 9.

Kellermayer Miklós
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet



SEMMELWEIS
EGYETEM 1769

A tudomány általános küldetése

A *valóság* minél pontosabb megismerése -
a tudományos *igazságok* feltárása

A tudomány általános módszertana

1. *Tudományos lelkiület:*

- Rácsodálkozás
- Kritikus gondolkodás
- Kérdezés és kétkedés

2. *Tudományos módszer:*

- Megfigyelés
- Megfontolás
- Hipotézisfelállítás
- *Kísérlet*

Az Orvosi Biofizika küldetése

1. Orvosi és biológiai jelenségek,
folyamatok *fizikai* leírása

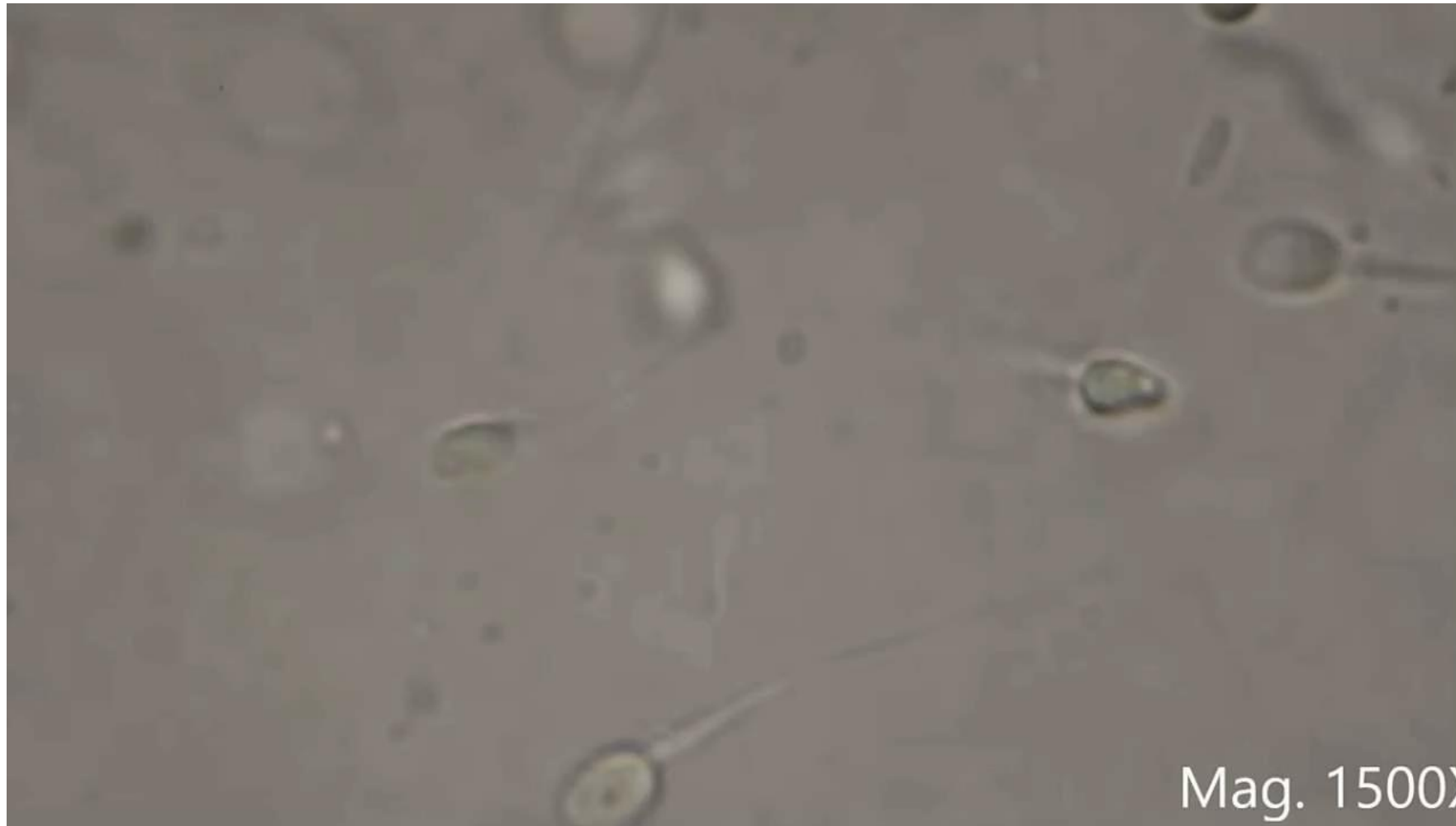
2. *Fizikai* alapú orvosi **módszerek**
megértése

Az Orvosi Biofizika módszertana

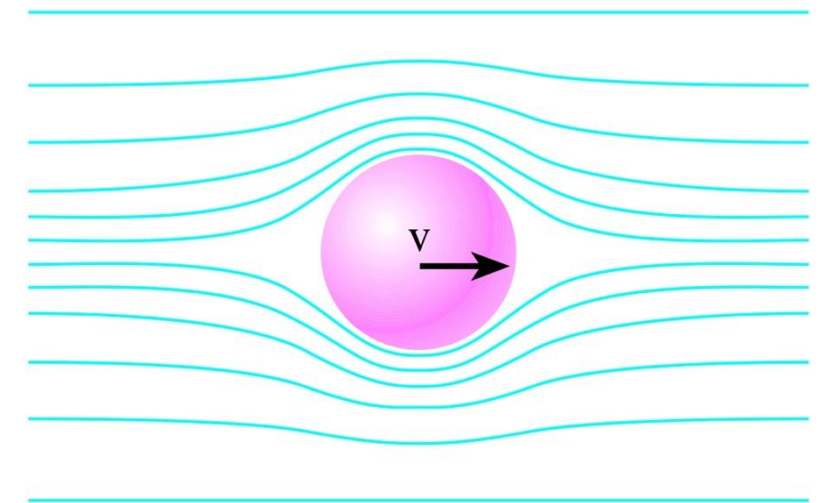
Az “élő” folyamatokat

1. **számszerűsíti**
2. **egyszerűsíti**

Biológiai jelenség fizikai leírása



Stokes törvény:



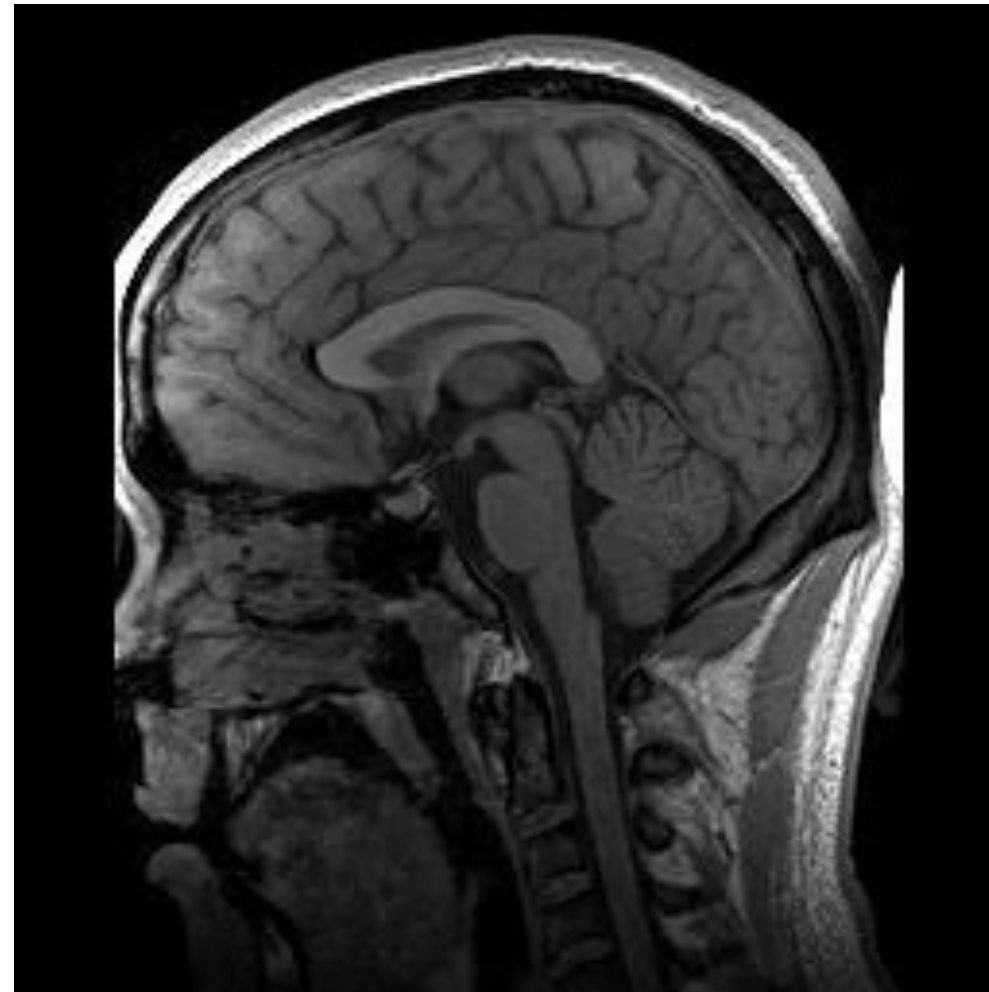
$$F=6r\pi\eta v$$

Kérdések lehetnek például:

1. Mekkora erőt (F) kell kifejteni egy spermaticitának ahhoz, hogy adott (v) sebességgel mozogjon?
2. Hogyan történik mindez (mi a pontos mechanizmus)? Tudunk predikciós erejű modellt építeni?

Fizikai alapú orvosi módszer megértése

MRI



Kérdések lehetnek például:

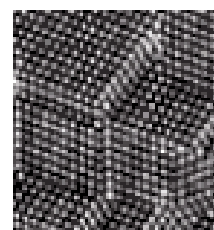
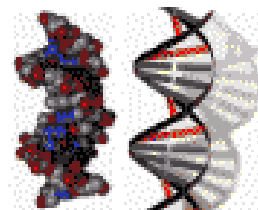
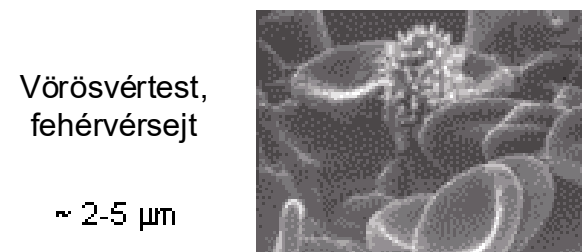
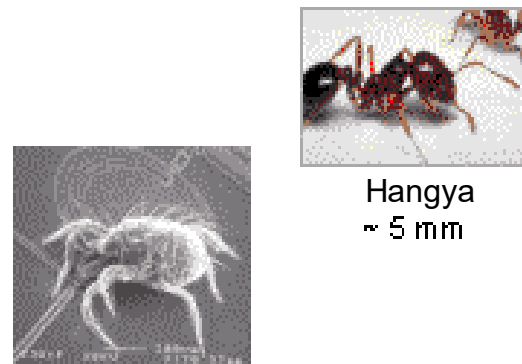
1. Ez micsoda? (Magnetic Resonance Imaging)
2. Milyen fizikai jelenségek kerülnek alkalmazásra? (mágnesség, sugárzások, stb.)
3. Mit mutat meg az MRI az emberi szervezetről? (szerkezet, működés, stb.)

Számszerűsítsünk

Biológiai rendszer méretskálája

Termodinamika

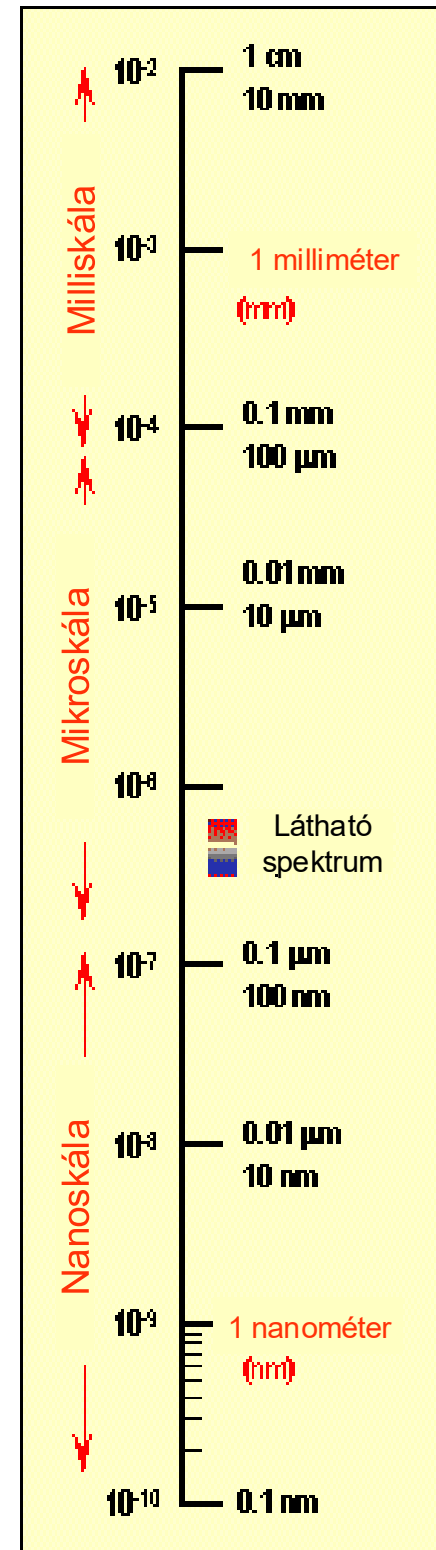
10^{23} Atom



Mezoscála

Kvantumkémia

Kvantumfizika



10^{10} Atom

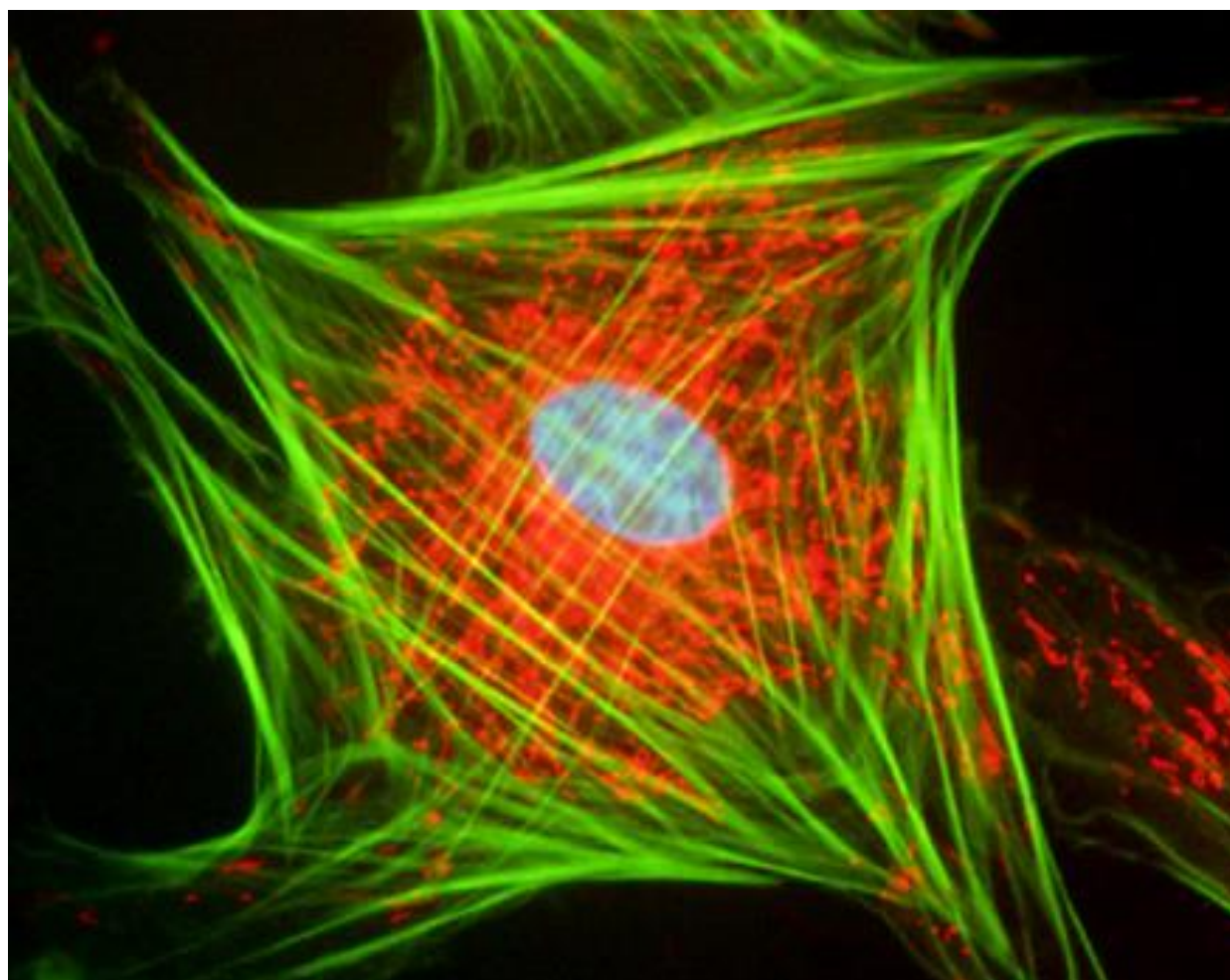
10^3 Atom

10^1 Atom

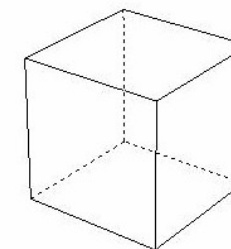
10^0 Atom

Egyszerűsítsünk

Sejt és molekula modellje

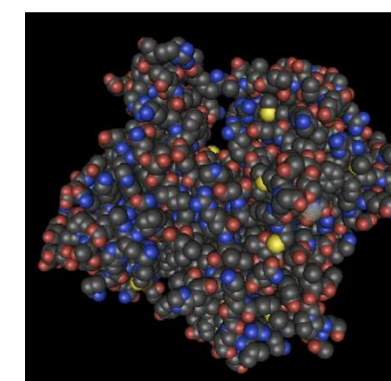
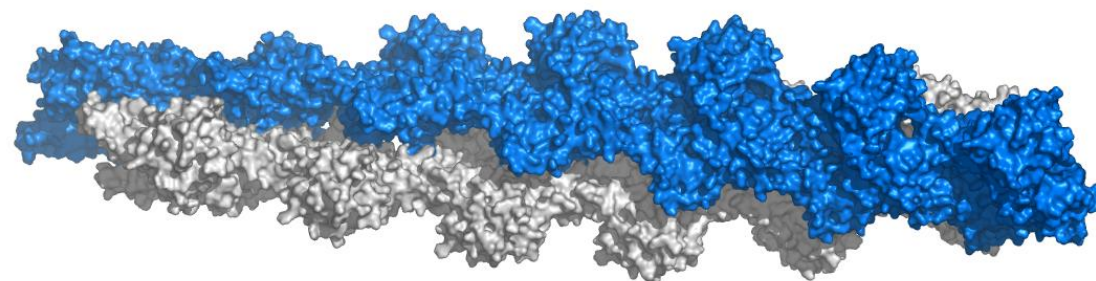


Egyszerűsített
sejtmodell: kocka



	Sejt: 20 μm oldalfalú kocka	Analógia - Tanterem: 20 m oldalfalú kocka
Aktinmolekula mérete	5 nm	5 mm
Aktinmolekulák száma	~500 millió	~500 millió
Aktin átlagos távolsága	~25 nm	~25 mm

Aktin filamentum
($d=7$ nm)



G-aktin
($d=5$ nm,
 $cc \sim 100 \mu\text{M}$)

A modell hiányosságai: a valóságban a koncentrációk lokálisan változnak, dinamika és kölcsönhatások vannak jelen.

Sugárzások: mindenütt



H-atom emissziós spektruma



Orion Nebula



Krepuszkuláris sugarak



Forrás



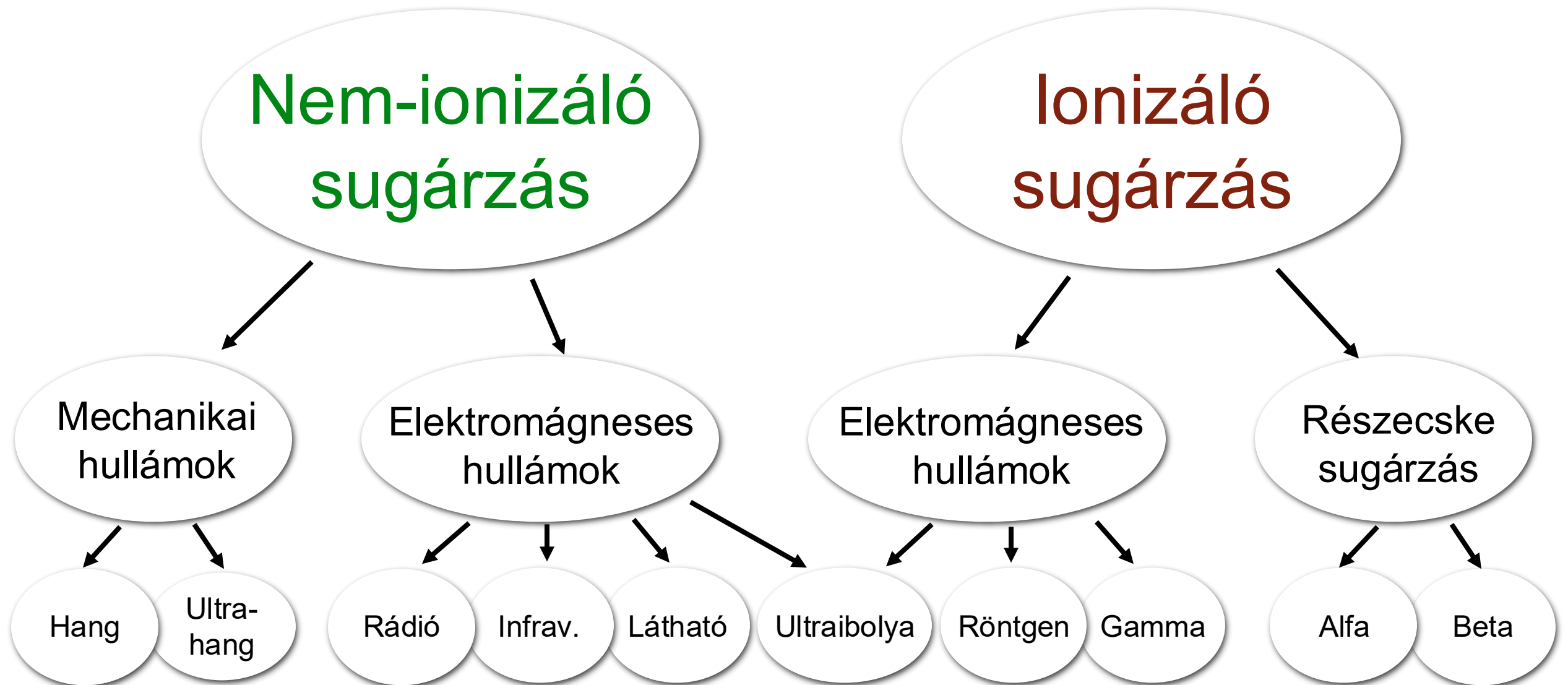
Sugárzás



Besugárzott test



Sugárzások fajtái



Minden sugárzásban *energia* terjed

Hullámok vagy részecskék formájában.

Energia, E :

$$[E] = \text{J (Joule)}$$

Energia-áram = teljesítmény:

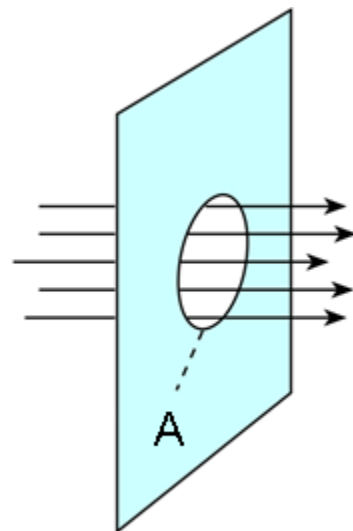
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$[P] = \text{W (Watt)}$$

ΔE : a Δt idő alatt szállított energia

Energiaáram-sűrűség = teljesítmény-sűrűség:

$$[J] = \text{W/m}^2$$



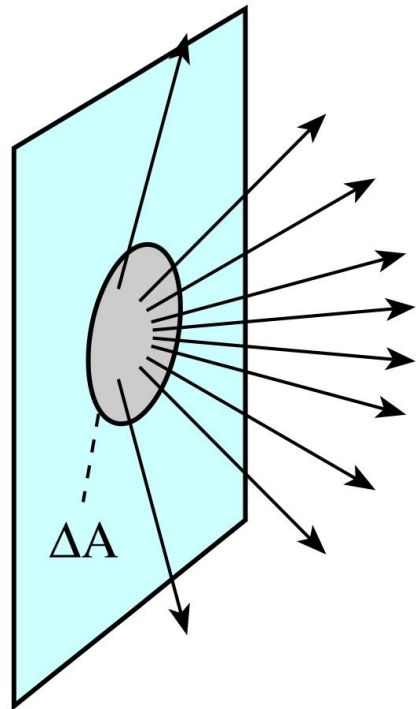
$$J = \frac{P}{A} = \frac{1}{A} \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

A: felület (az energiaterjedés irányára merőleges)

A radiometria mennyiségei

Kisugárzott felületi teljesítmény

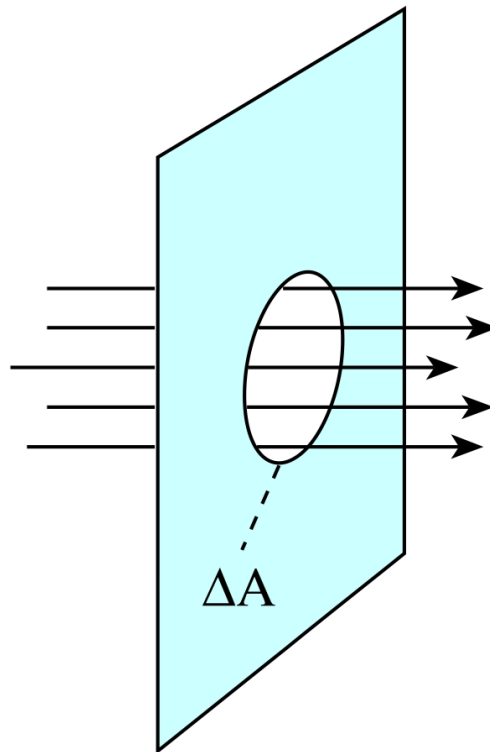
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felület által 2π térszögben mekkora a kisugárzott teljesítmény

Sugárintenzitás

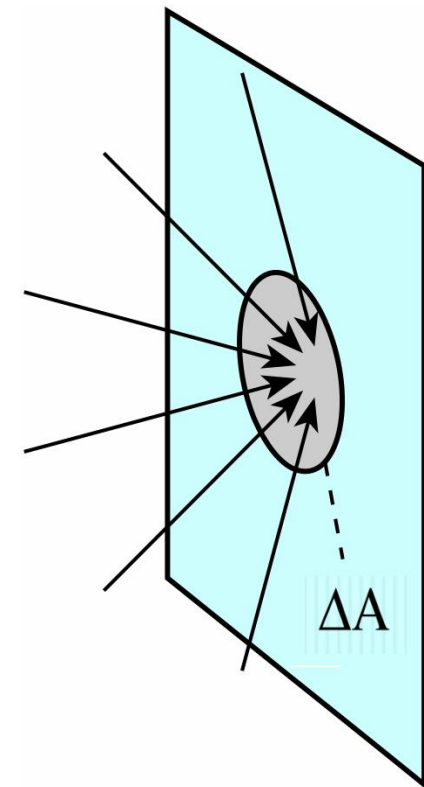
$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felületen mekkora teljesítmény áramlik át

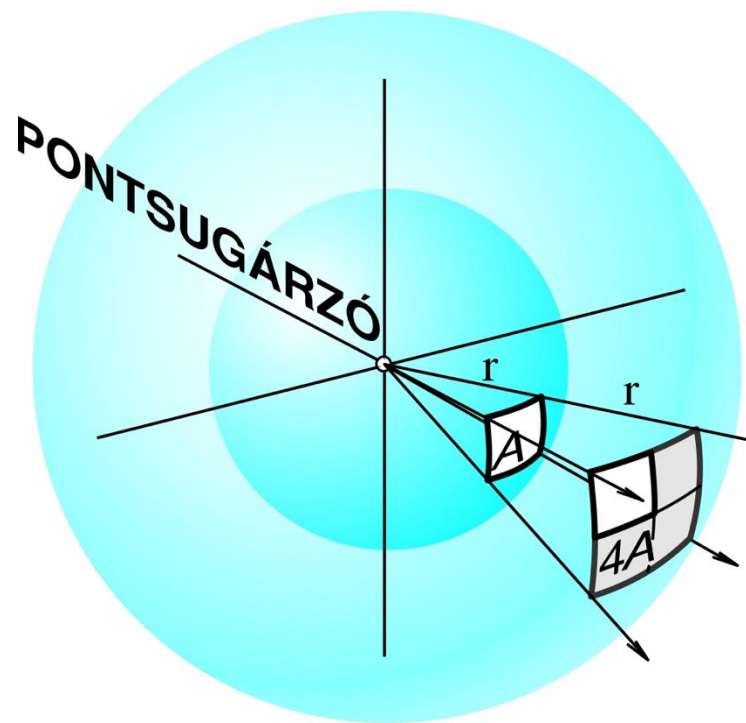
Besugárzott felületi teljesítmény

$$\varepsilon = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felületre eső teljesítmény, ha az minden irányból érkezhethet

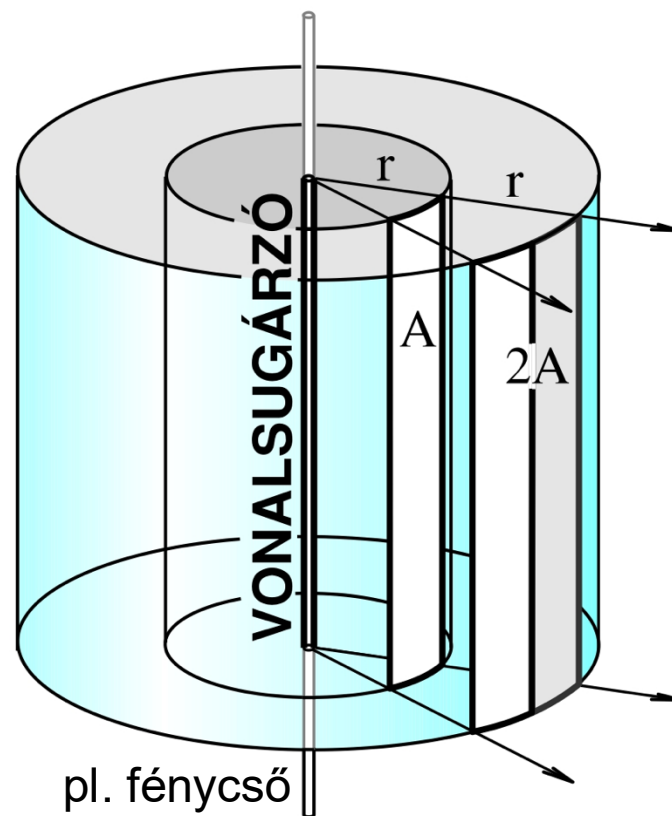
Felületi teljesítmény távolságfüggése különböző geometriájú sugárforrások esetén



pl. izzó

$$A_{\text{gömb}} \sim r^2$$

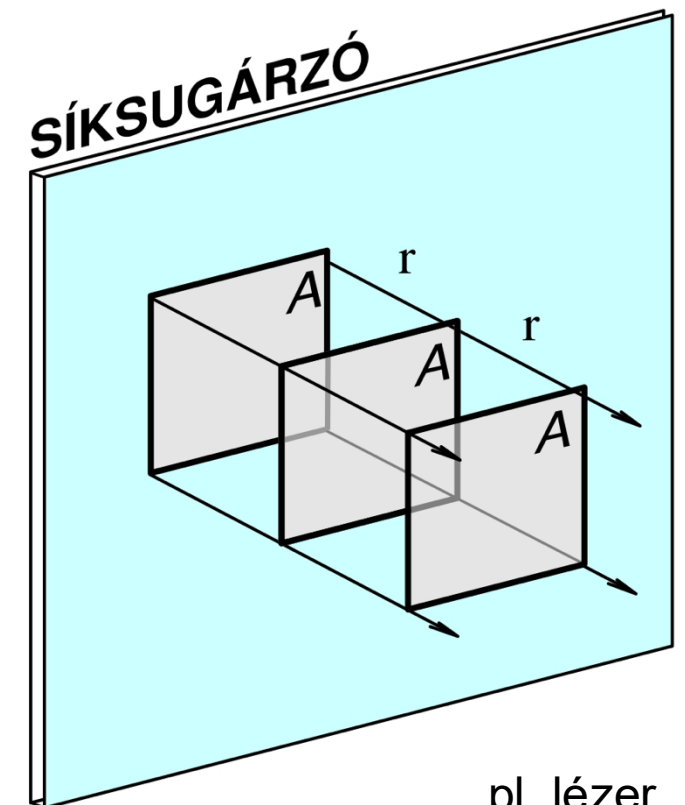
$$E_{be} \sim 1/r^2$$



pl. fénycső

$$A_{\text{henger}} \sim r$$

$$E_{be} \sim 1/r$$

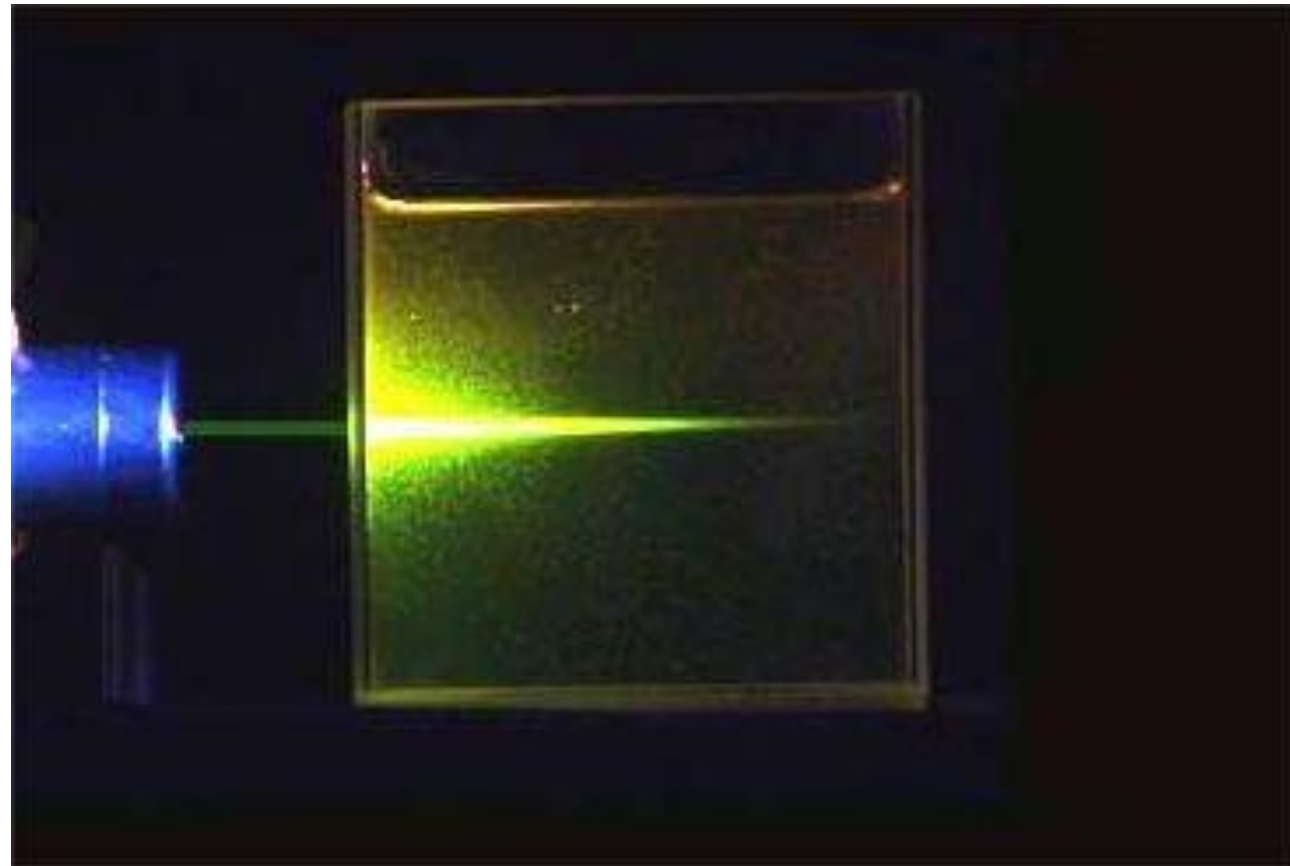


pl. lézer

$$A = \text{konstans}$$

$$E_{be} = \text{konstans}$$

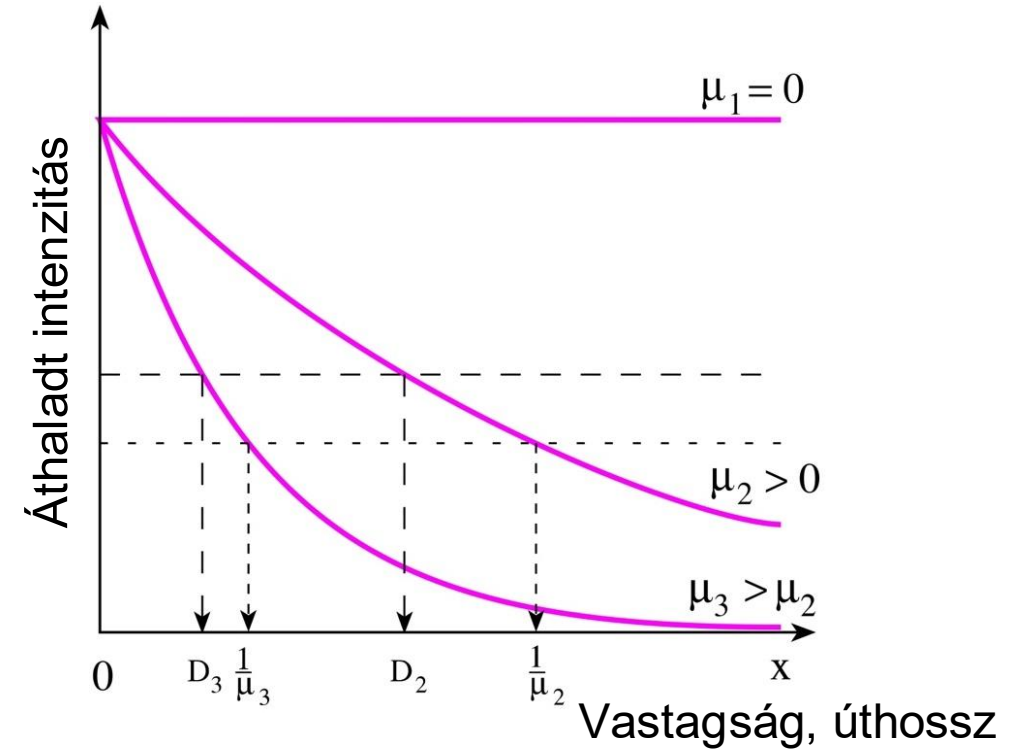
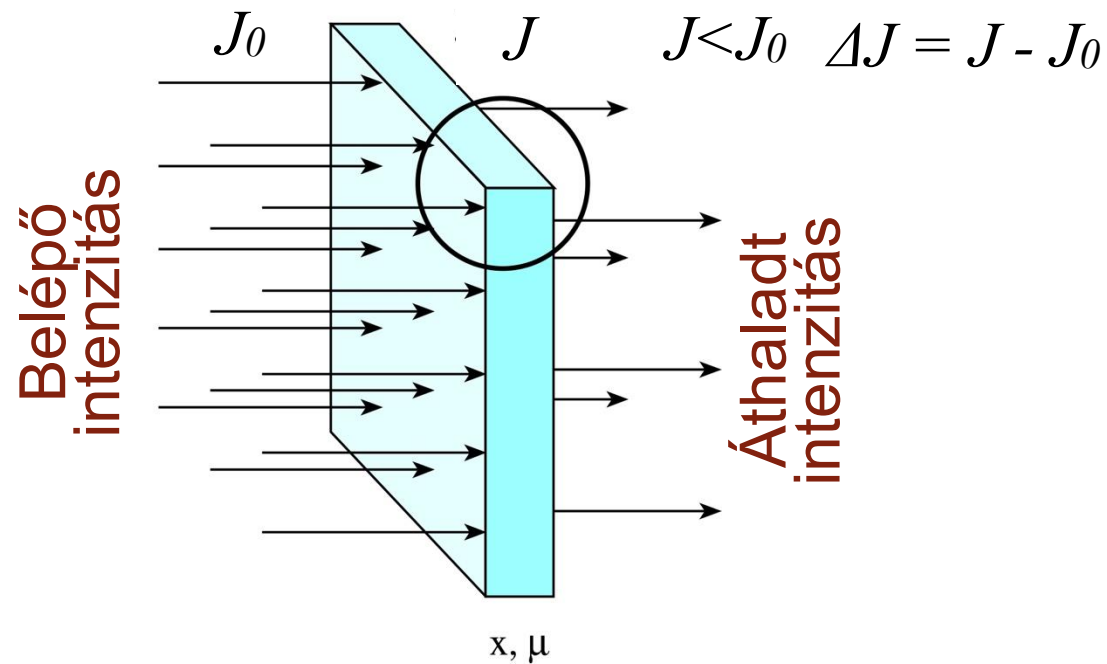
Miközben a sugárzás áthalad az anyagon, intenzitása csökken



(A kilépő sugárzás "gyengébb" mint a belépő)

Le tudjuk írni ezt a jelenséget egyszerű törvényszerűséggel?

Általános sugárgyengítési törvény



Általánosan elmondható, hogy a gyengülés mértéke függ a belépő intenzitástól, az úthossztól és az anyagi minőségtől:

$$\Delta J \sim J; \quad \Delta J \sim \Delta x; \quad \Delta J \sim \mu$$

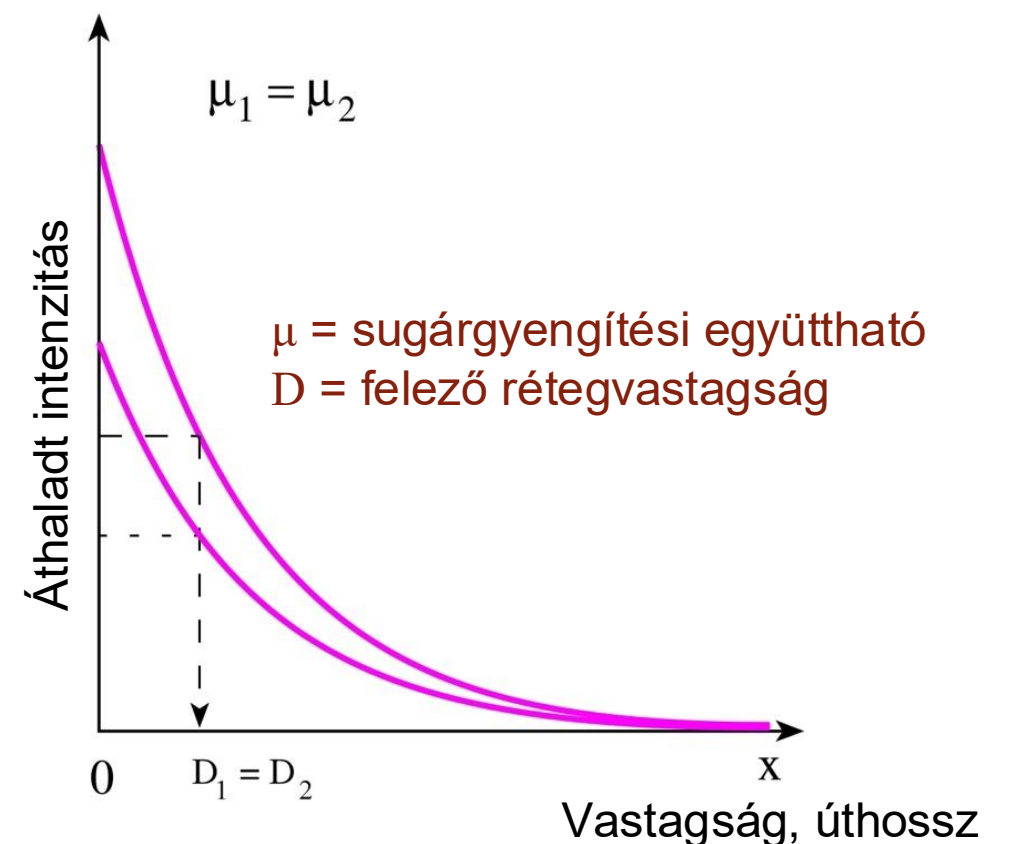
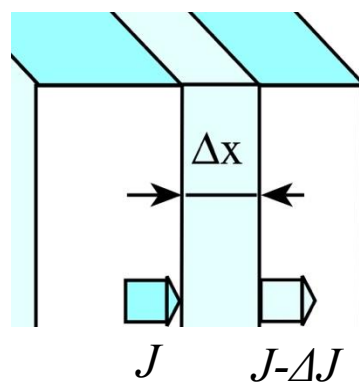
A mennyiség (J) és annak változása (ΔJ) egymással arányosak:

$$\Delta J = -\mu \Delta x J$$

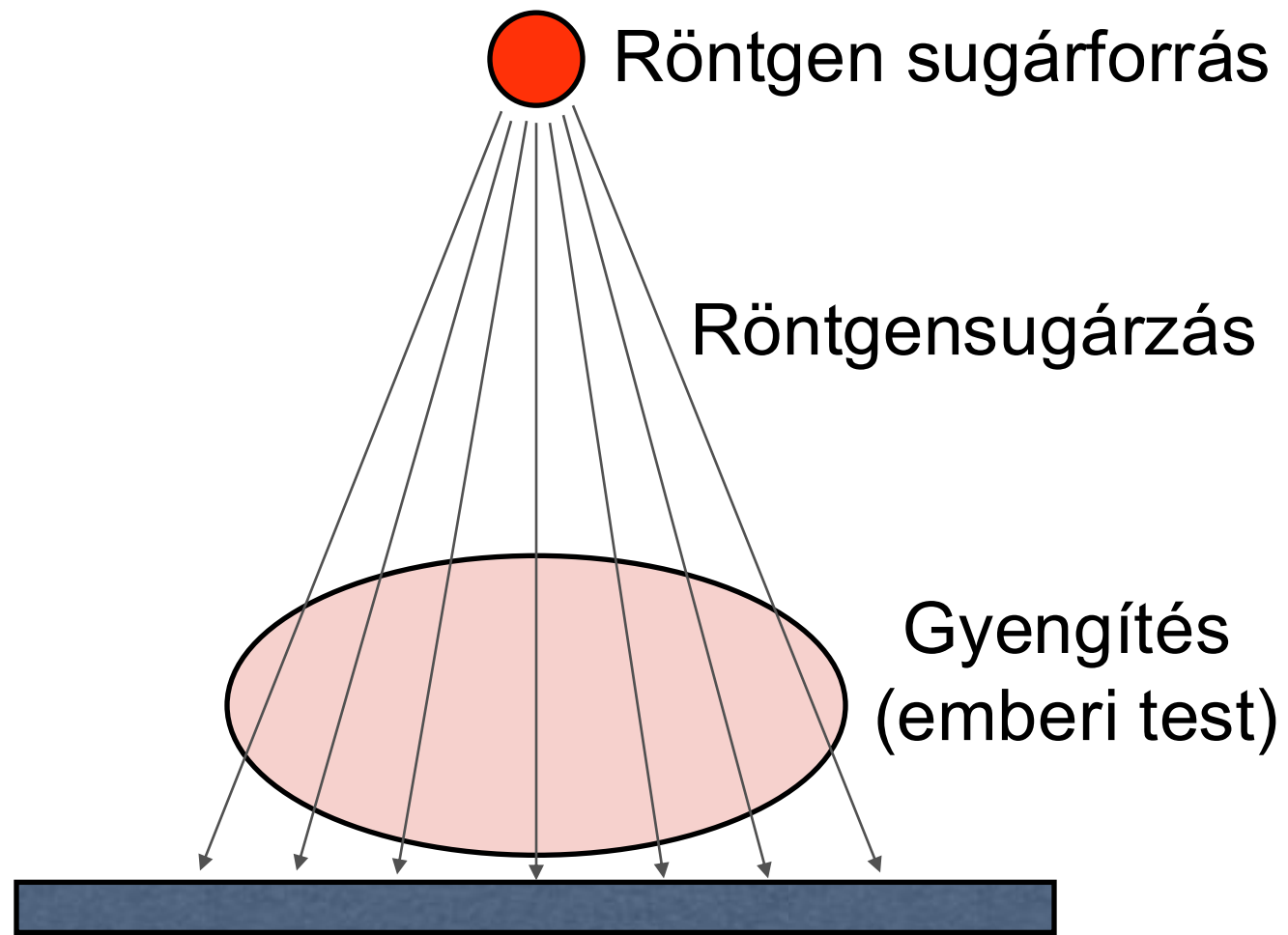


Exponenciális függvény:

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$



Orvosi jelentőség



Detektor (film, szenzor, képernyő)



Mellkas röntgen felvétel

OMHV



<https://feedback.semmelweis.hu/feedback/index.php?feedback-qr=WNP1TX6ANI15YWOZ>