

ORVOSI BIOFIZIKA

BEVEZETÉS

KELLERMAYER MIKLÓS

A tudomány küldetése

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

“A valóság sokkal szebb, mint azt bárki elképzelhetné...!”
Richard P. Feynman (Nobel-díjas)

Megközelítési módjaink:

1. Tudományos lelkelet:

- Rácsodálkozás (kíváncsiság)
- Kritikus gondolkodás (mások és önmagunk kritikája)
- Kérdezés és kétkedés

2. Tudományos módszer:

- Megfigyelés
- Megfontolás
- Hipotézisfelállítás
- **Kísérlet**

„bármely tudományos igazság próbaköve a **kísérlet**”

Orvosi Biofizika

Küldetése:

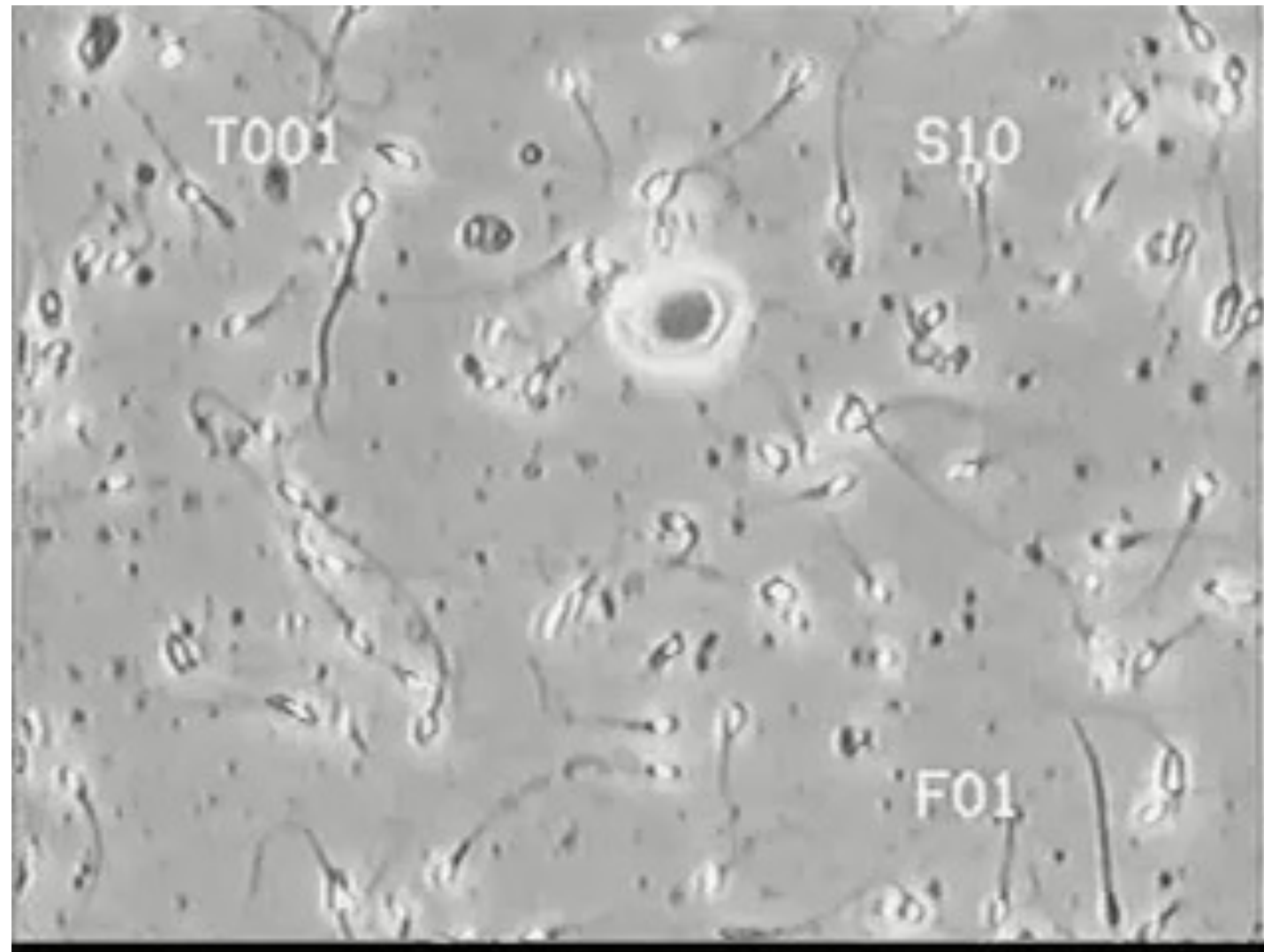
1. Orvosi és biológiai jelenségek, folyamatok *fizikai* leírása
2. *Fizikai* alapú orvosi módszerek megértése

Módszertana:

Az “élő” folyamatokat

1. számszerűsíti
2. egyszerűsíti

1. Biológiai jelenség fizikai leírása



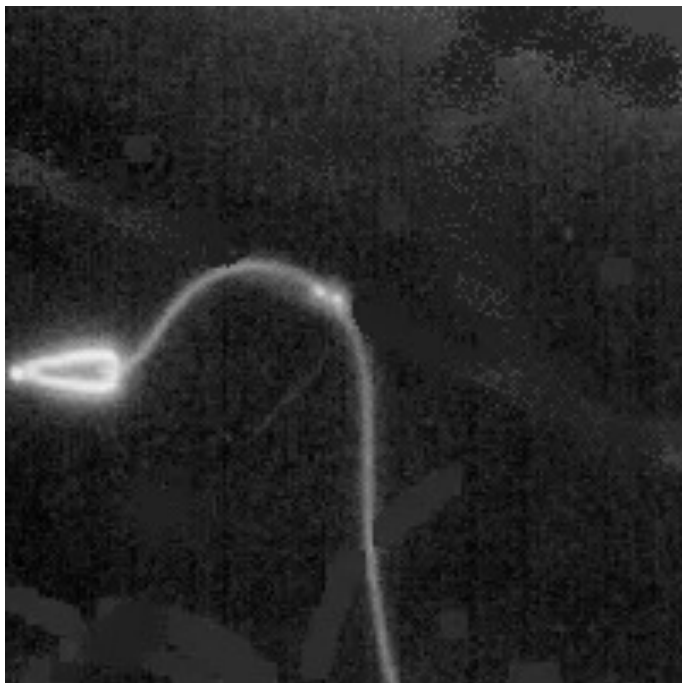
Kérdések lehetnek például:

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?

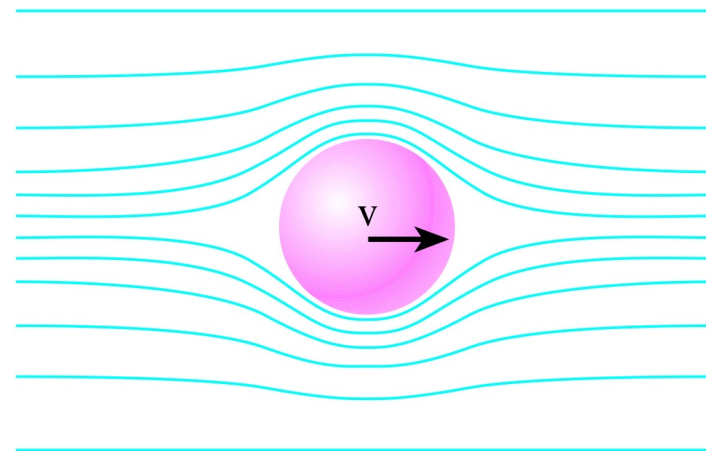
A spermocita által érzékelt közegellenállás

Mekkora erőt (F) kell kifejteni egy spermocitának ahhoz, hogy adott (v) sebességgel mozogjon?

Spermium modell:
kör keresztmetszetű tárgy



Stokes törvény:



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

Súrlódási
együttható:

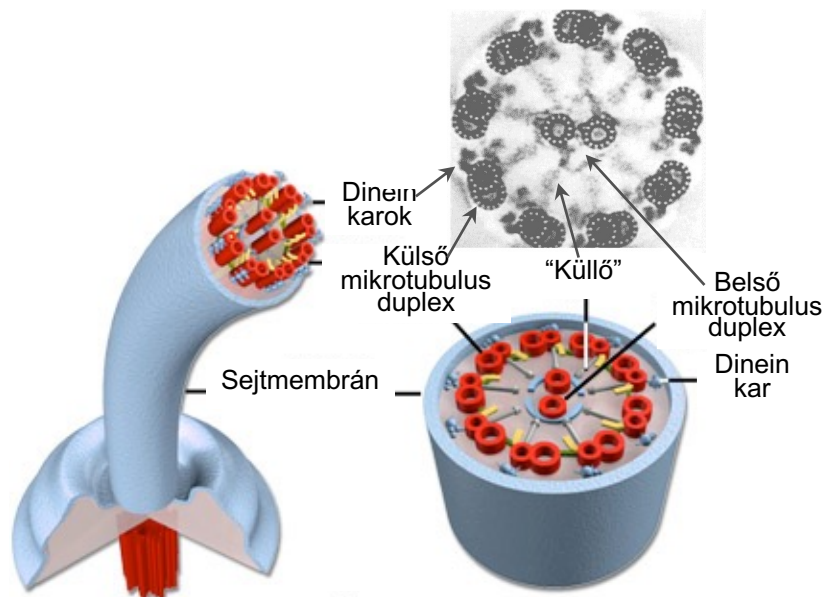
$$\gamma = 6r\pi\eta = 6 \cdot 1.6 \times 10^{-6} (m) \cdot \pi \cdot 10^{-3} (Pas) = 3 \times 10^{-8} Ns/m$$

Erő: $F = \gamma = 3 \times 10^{-8} Ns/m \cdot 5 \times 10^{-5} m/s = 1.5 \times 10^{-12} N = 1.5 pN$

Spermatoocita motilitás molekuláris mechanizmusa

Hogyan történik mindez (mi a pontos mechanizmus)? Tudunk predikciós erejű modellt építeni?

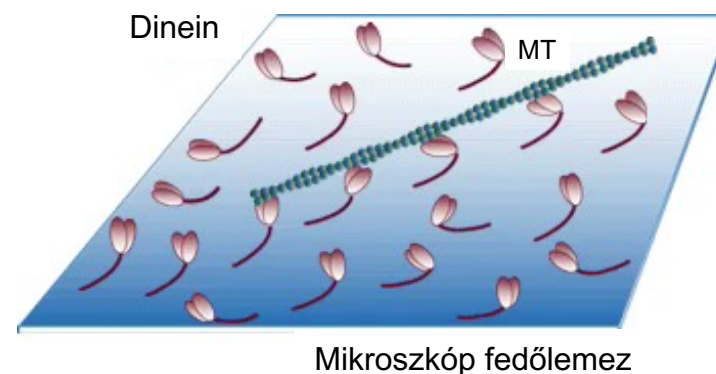
A flagellum szerkezete



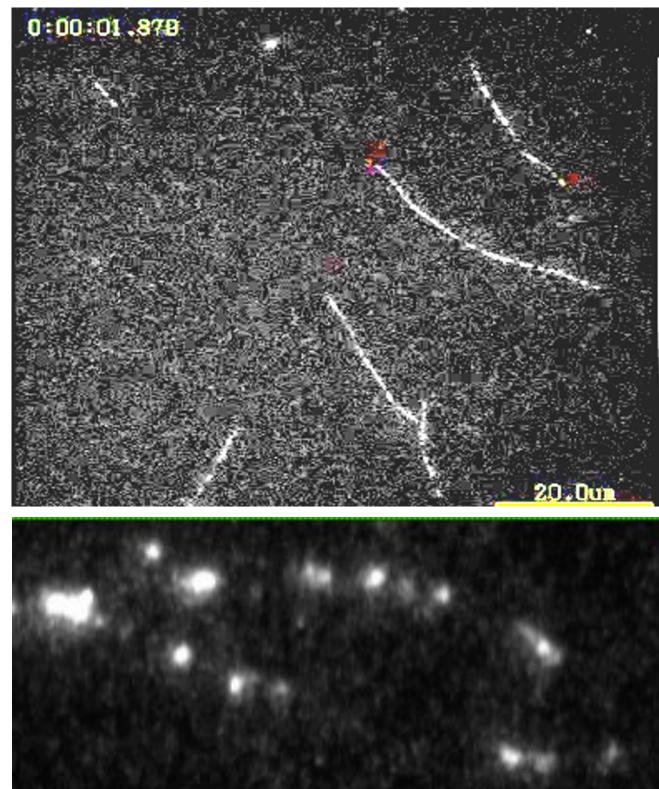
N.B.:

1. Gyűjtsük össze az összes releváns adatot a vizsgált rendszerről.
2. Fogalmazzunk meg tesztelhető kérdéseket.

Biomolekuláris *funkcionális* teszt: "In vitro motilitási próba"



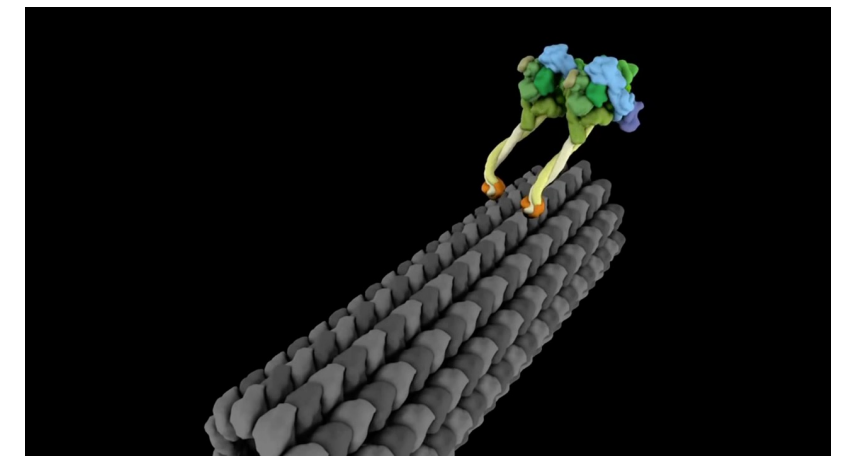
Fluoreszcencia videomikroszkópia



Mikrotubulus
mozog a
dineinen

Dinein mozog a
mikrotubuluson

Prediktív modell



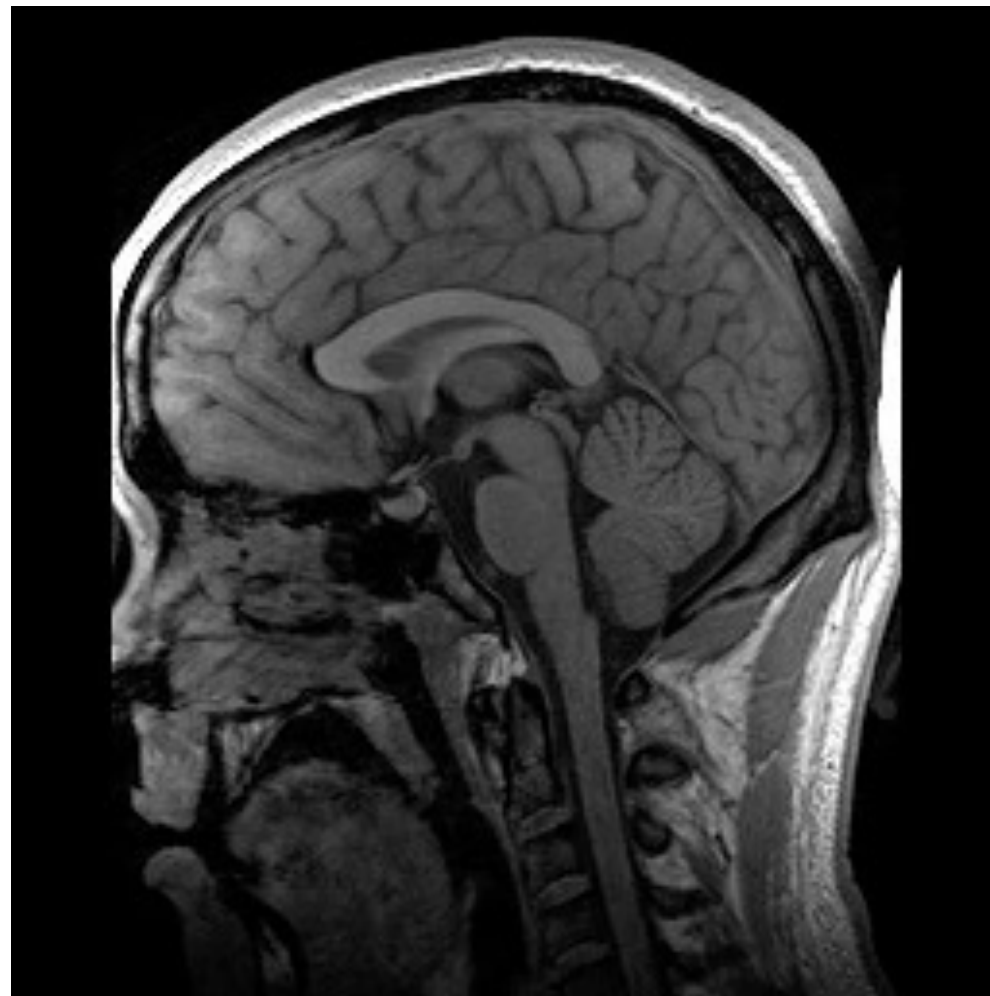
"Részeg tengerész" lépegetési
mechanizmus

N.B.:

1. Modell - megjeleníti a rendszer bizonyos fontos (de nem az összes) tulajdonságát.
2. Prediktív - általános körülményekre vonatkozó állításokat tud tenni.

2. 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.)

1. Számszerűsítsünk...!

Biomolekuláris rendszerek méretskálája

Termodinamika

10^{23} Atom

Mezoscála

10^{10} Atom

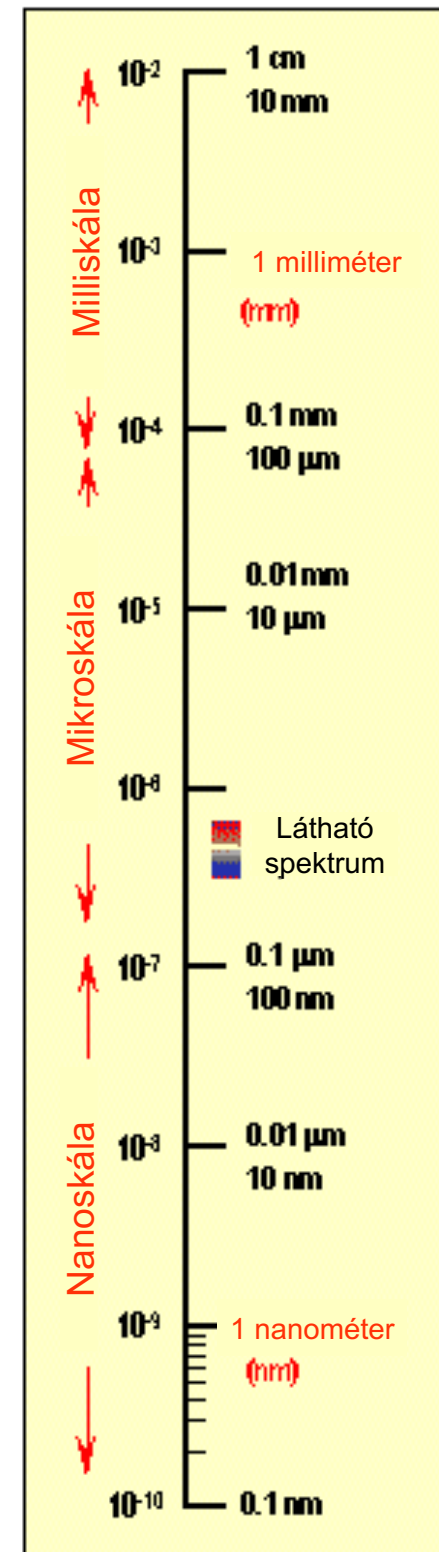
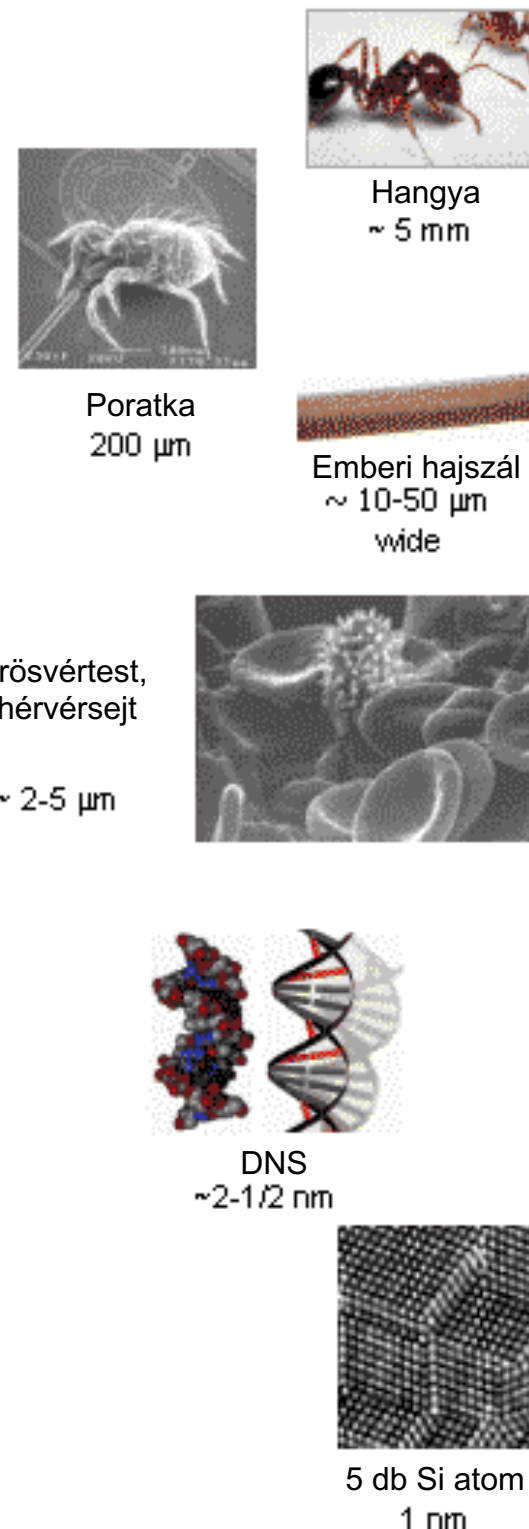
Kvantumkémia

10^3 Atom

Kvantumfizika

10^1 Atom

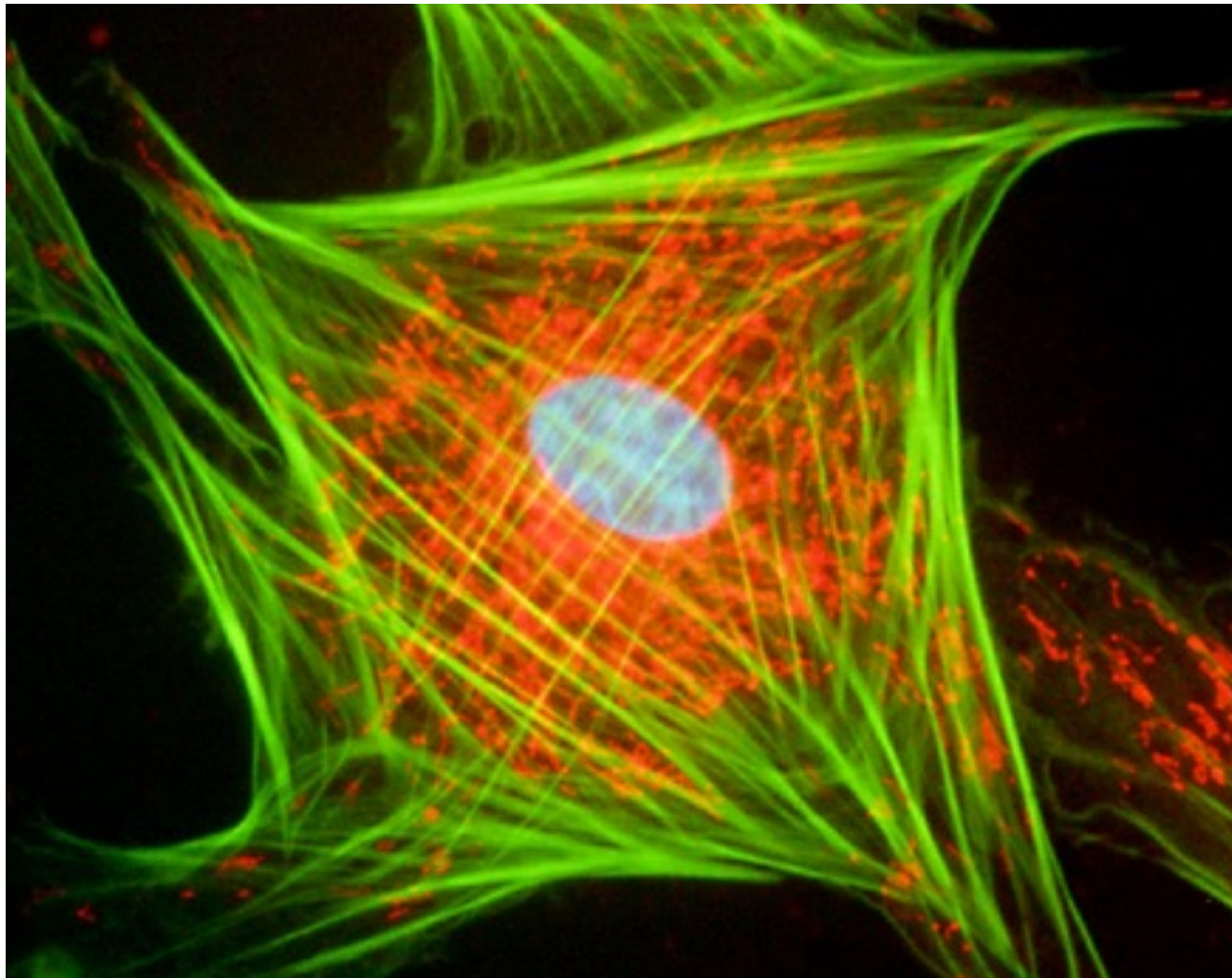
10^0 Atom



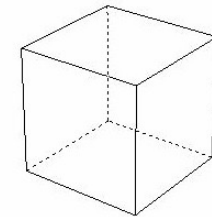
2. Egyszerűsítsünk...!

Az élő sejt (és egy molekula) modellje

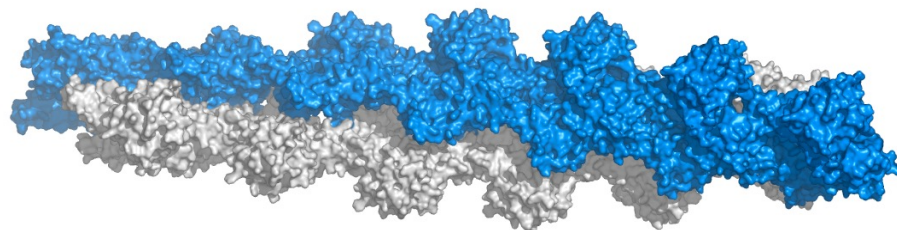
Rudolf Virchow (1855): “*Omnis cellula e cellula*”



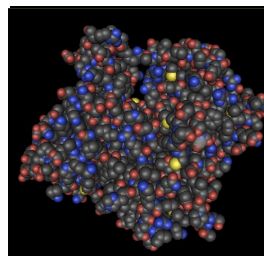
Egyszerűsített
sejtmodell: kocka



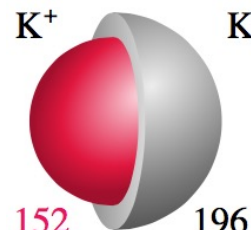
	Sejt: 20 μm oldalfalú kocka	Analógia - Tanterem: 20 m oldalfalú kocka
Aktinmolekula mérete	5 nm	5 mm
Aktinmolekulák száma	~500 millió	~500 millió
Aktin átlagos távolsága	~25 nm	~25 mm
Kálium ion mérete	0.15 nm	0.15 mm
Kálium ionok száma	~ 10^9	~ 10^9
Kálium ionok átlagos távolsága	~20 nm	~2 cm



Aktin filamentum ($d=7\text{ nm}$)



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



Kálium ion
($d=0.15\text{ nm}$,
 $cc\sim 150\text{ mM}$)

A modell hiányosságai:

- a koncentrációk lokálisan változnak
- dinamika: állandó mozgás, ütközés
- kölcsönhatások, a dinamika miatt sokféle

Orvosi biofizika: előadástematika

I. félév

1. Bevezető. Sugárzások.
2. Geometriai optika
3. Hullámoptika
4. A fény kettős tulajdonsága
5. Anyagszerkezet, anyaghullám
6. Sokrészecskés rendszerek. A Boltzmann-eloszlás. Folyadékok
7. Gázok, szilárd anyagok
8. Fényszóródás, abszorpció
9. Termikus sugárzás. Lumineszcencia.
10. Fényerősítés. Lézer
11. Atommag. Radioaktivitás
12. Dozimetria
13. Nukleáris medicina
14. Jelfeldolgozás. Elektromos alapáramkörök. Jelátalakítás

II. félév

1. Röntgensugárzás előállítása és tulajdonságai
2. Röntgendiagnosztikai alapok
3. Termodinamika - egyensúly, változás, főtételek
4. Diffúzió, Brown-mozgás, Ozmózis
5. Folyadékok és gázok áramlása. A vér mint folyadék
6. Bioelektromosság. Nyugalmi potenciál
7. Hang, ultrahang
8. Érzékszervek biofizikája, látás, hallás
9. Az élő anyag építőkövei: víz, makromolekulák, szupramolekuláris rendszerek
10. A biológiai mozgás molekuláris mechanizmusai. Biomechanika, biomolekuláris és szöveti rugalmasság
11. A biomolekuláris szerkezet és dinamika vizsgálómódszerei. Rtg-diffrakció, tömegspektrometria, IR spektroszkópia
12. A biomolekuláris szerkezet és dinamika vizsgálómódszerei. Az MRI alapjai
13. A vérkeringés és szívműködés biofizikája
14. A légzés biofizikája. A fizikális vizsgálat biofizikai alapjai



Komplexitás

Sugárzások: mindenütt



H-atom emissziós spektruma



Orion Nebula

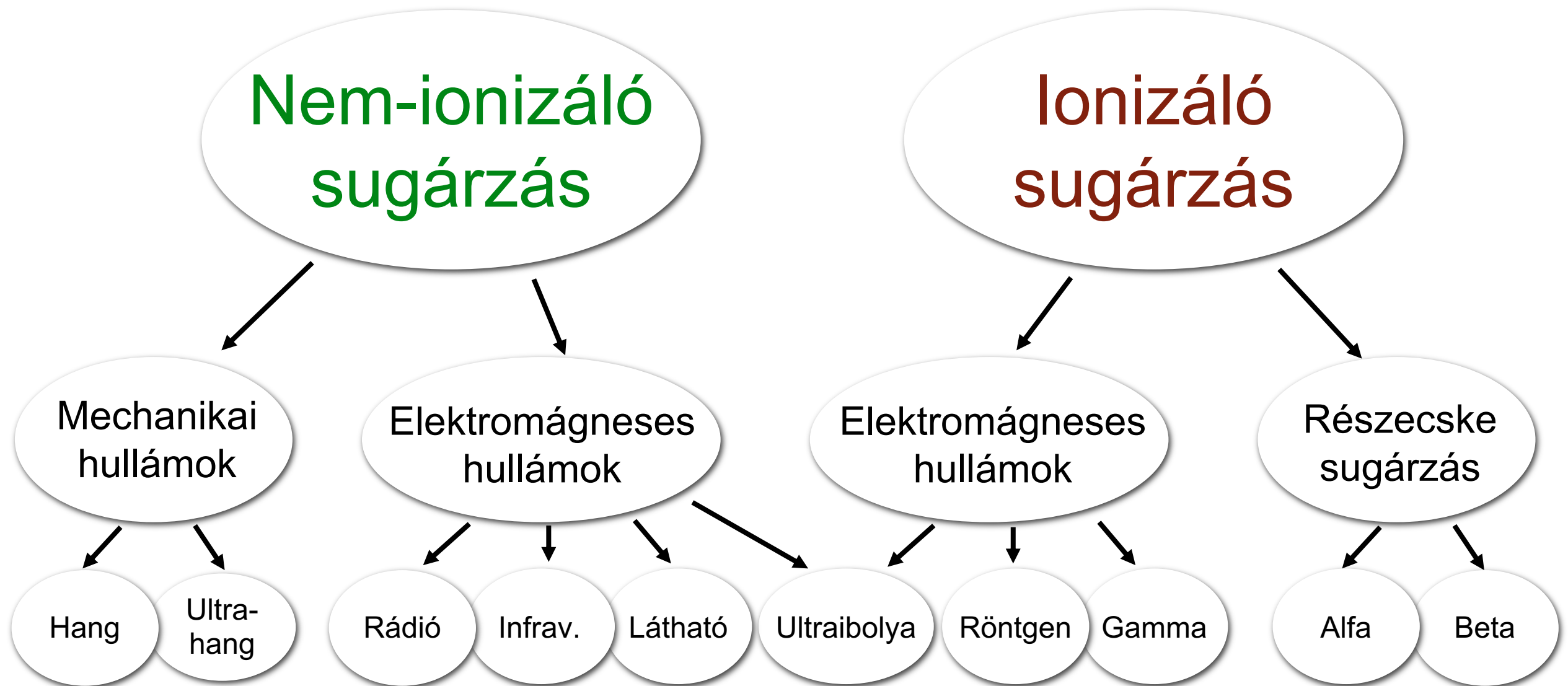


Krepuszkuláris sugarak



Forrás → Sugárzás → Besugárzott test

Sugárzások fajtái



Minden sugárzásban *energia* terjed

Hullámok vagy részecskék formájában.

Energia, E :

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

Energia-áram = teljesítmény:

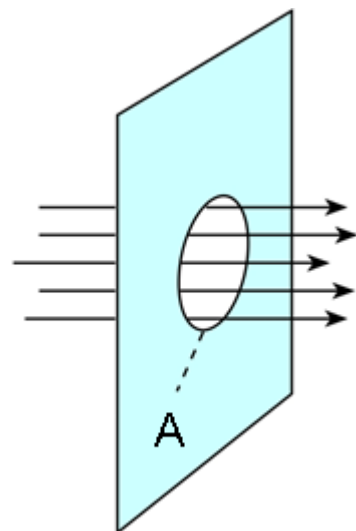
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

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

ΔE : a Δt idő alatt szállított energia

Energiaáram-sűrűség = teljesítmény-sűrűség:

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



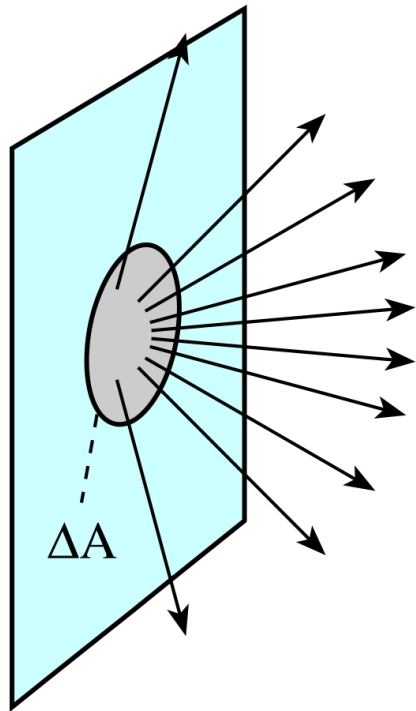
$$J = \frac{P}{A} = \frac{1}{A} \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

A: felület (az energiaterjedés irányára merőleges)

A radiometria mennyiségei

Kisugárzott felületi teljesítmény

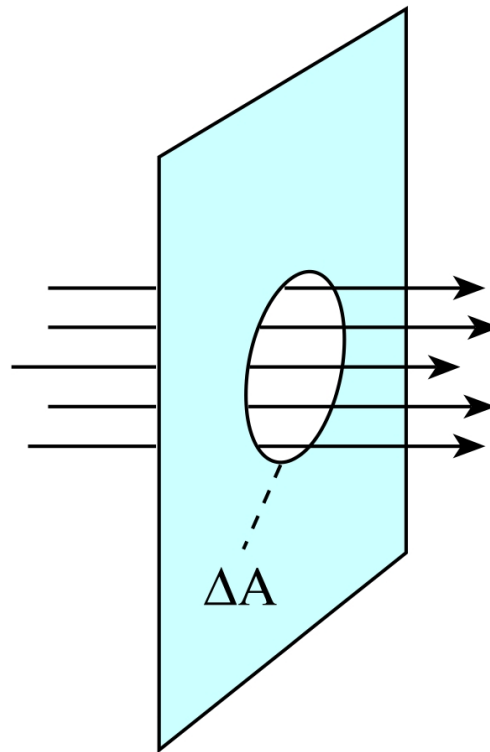
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felület által 2π térszögben mekkora a kisugárzott teljesítmény

Sugárintenzitás

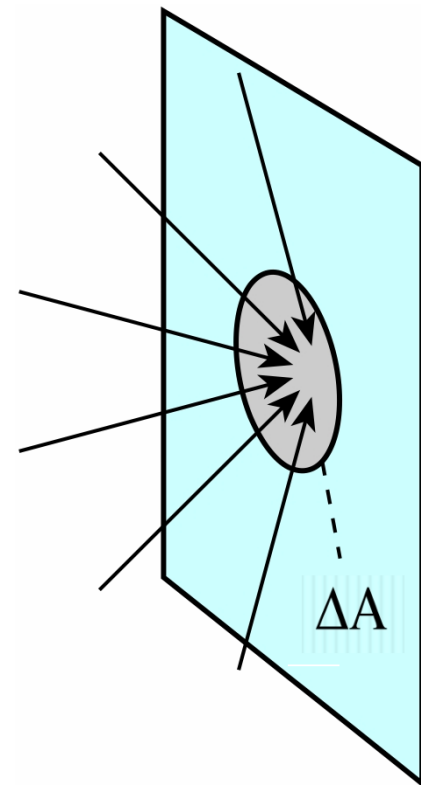
$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felületen mekkora teljesítmény áramlik át

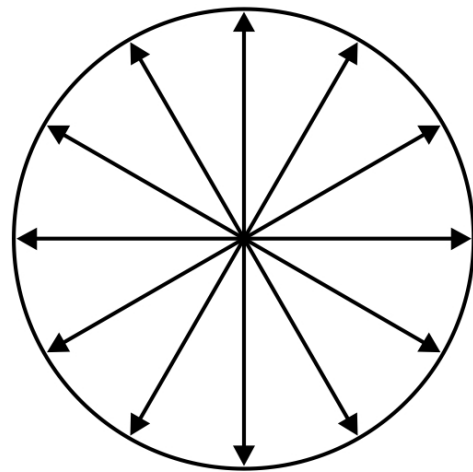
Besugárzott felületi teljesítmény

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

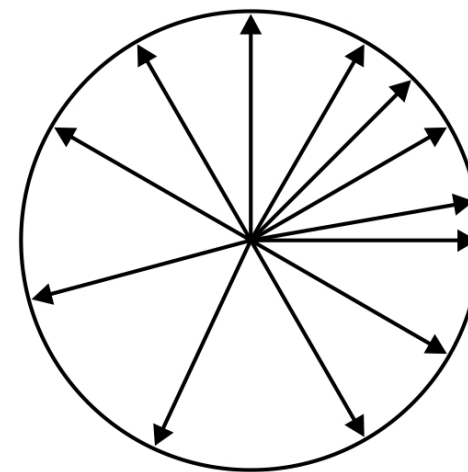


Egységnyi felületre eső teljesítmény, ha az minden irányból érkezik

A sugárzás irányfüggősége

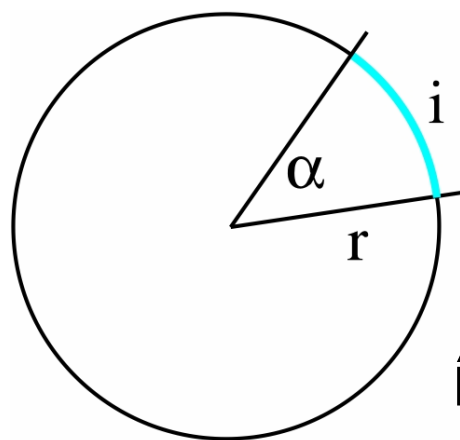


izotróp sugárzó



anizotróp sugárzó

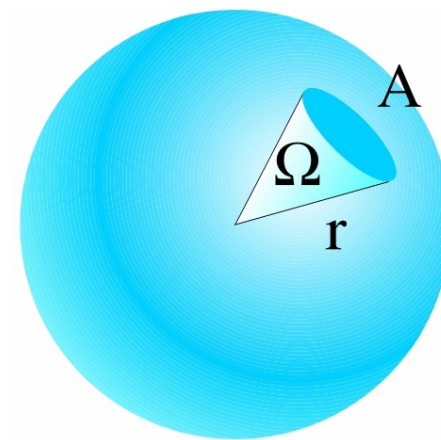
Radián, szteradián



$$\alpha = \frac{i}{r}$$

ívmérték (radián):
ív hossz/sugár;
teljes kör:

$$2r\pi/r = 2\pi$$

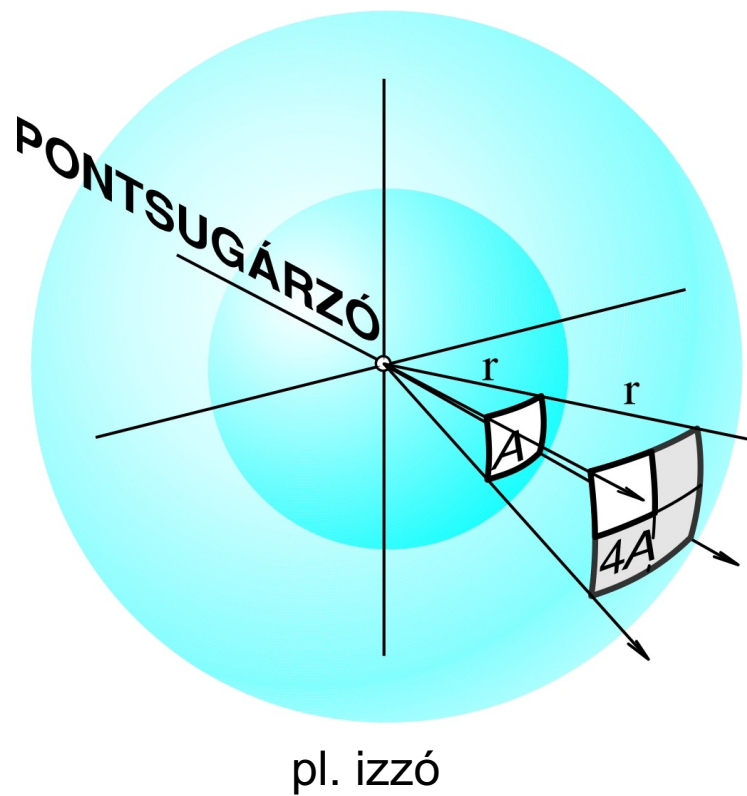


$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

térszög (szteradián):
felület/sugárnégyzet;
teljes térszög:

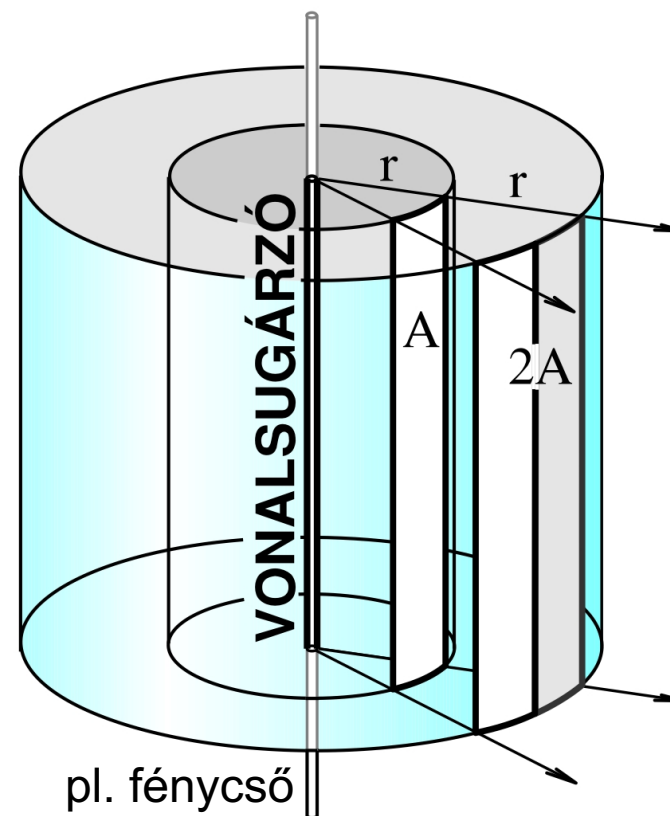
$$4r^2\pi/r^2 = 4\pi$$

Felületi teljesítmény távolságfüggése különböző geometriájú sugárforrások esetén



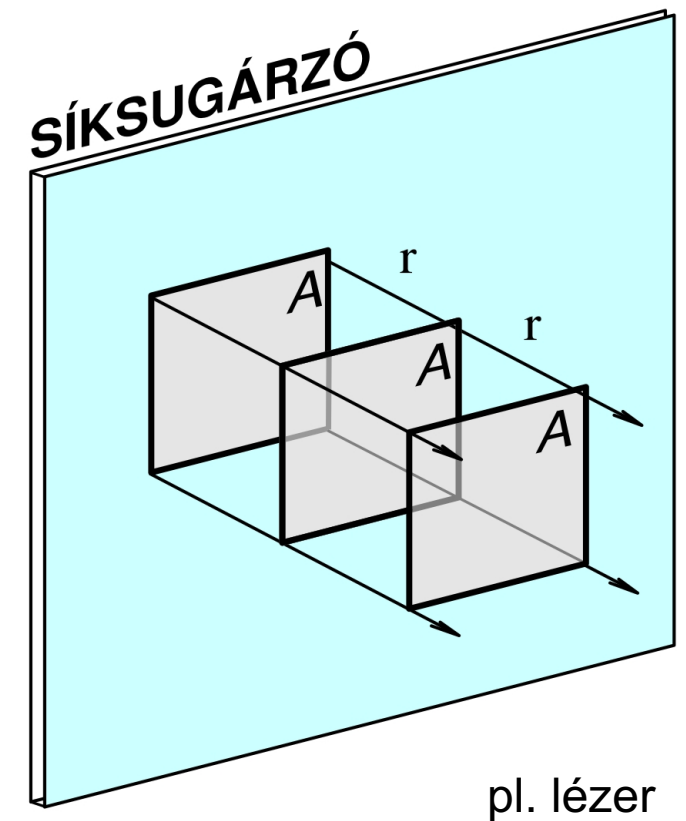
$$A_{\text{gömb}} \sim r^2$$

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



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

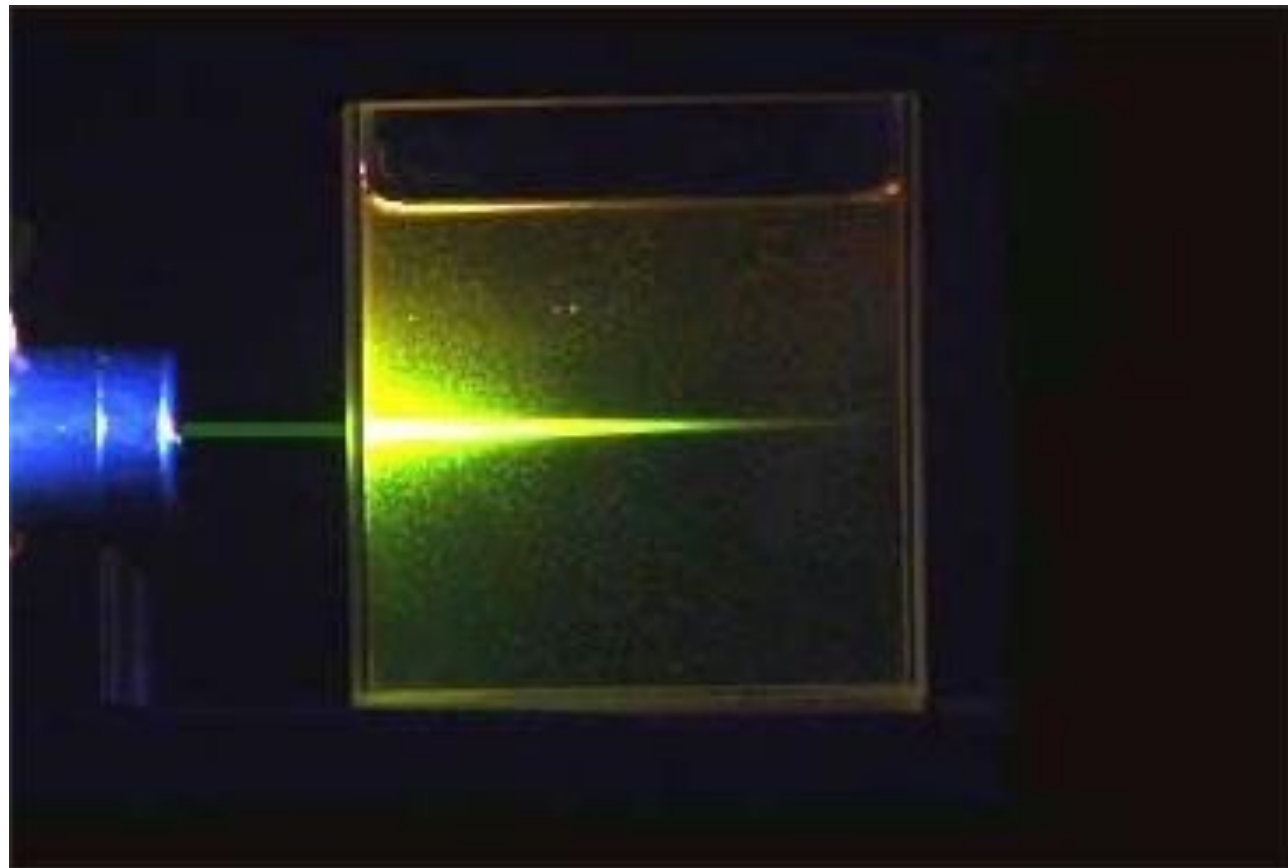
$$E_{be} \sim 1/r$$



$$A = \text{konstans}$$

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

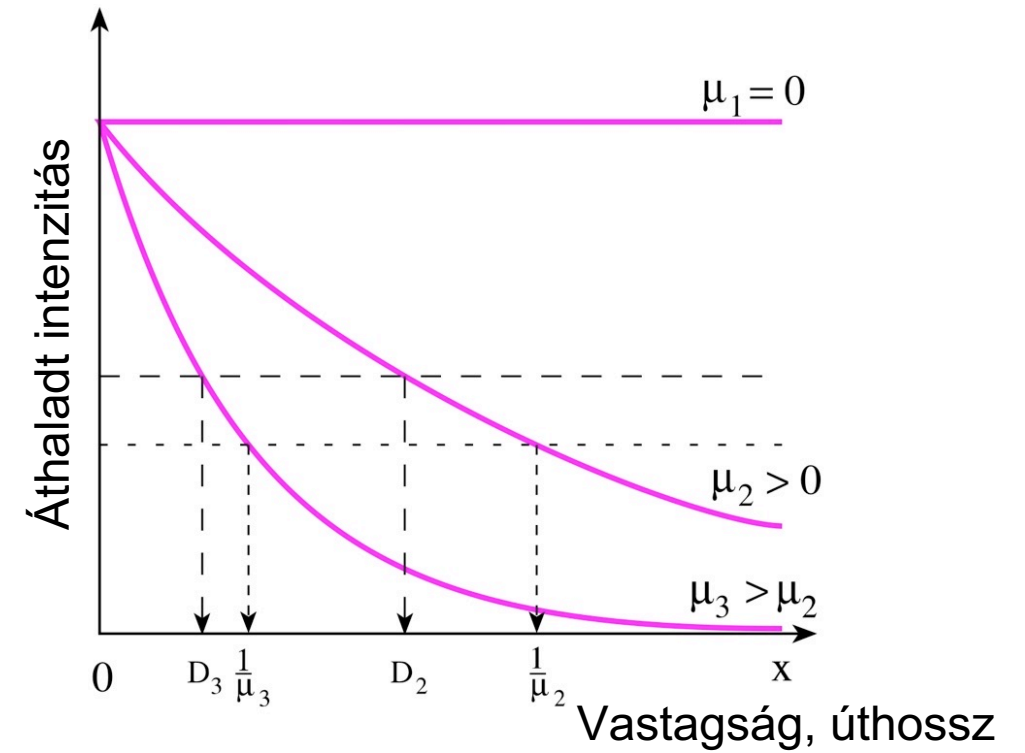
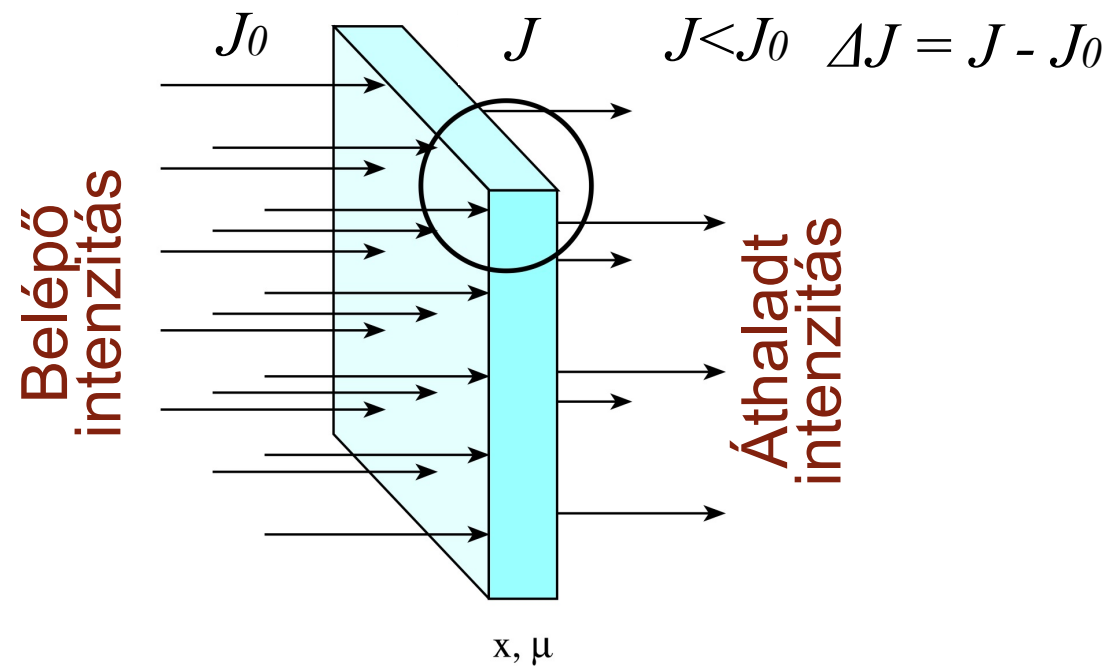
Miközben a sugárzás áthalad az anyagon, intenzitása csökken



(A kilépő sugárzás “gyengébb” mint a belépő)

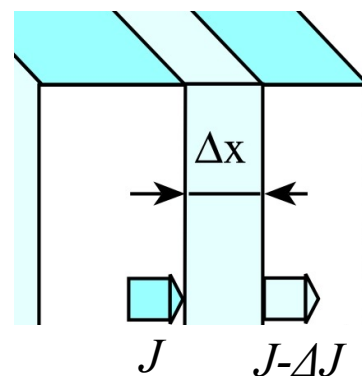
Le tudjuk írni ezt a jelenséget egyszerű törvényszerűséggel?

Általános sugárgyengítési törvény



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

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



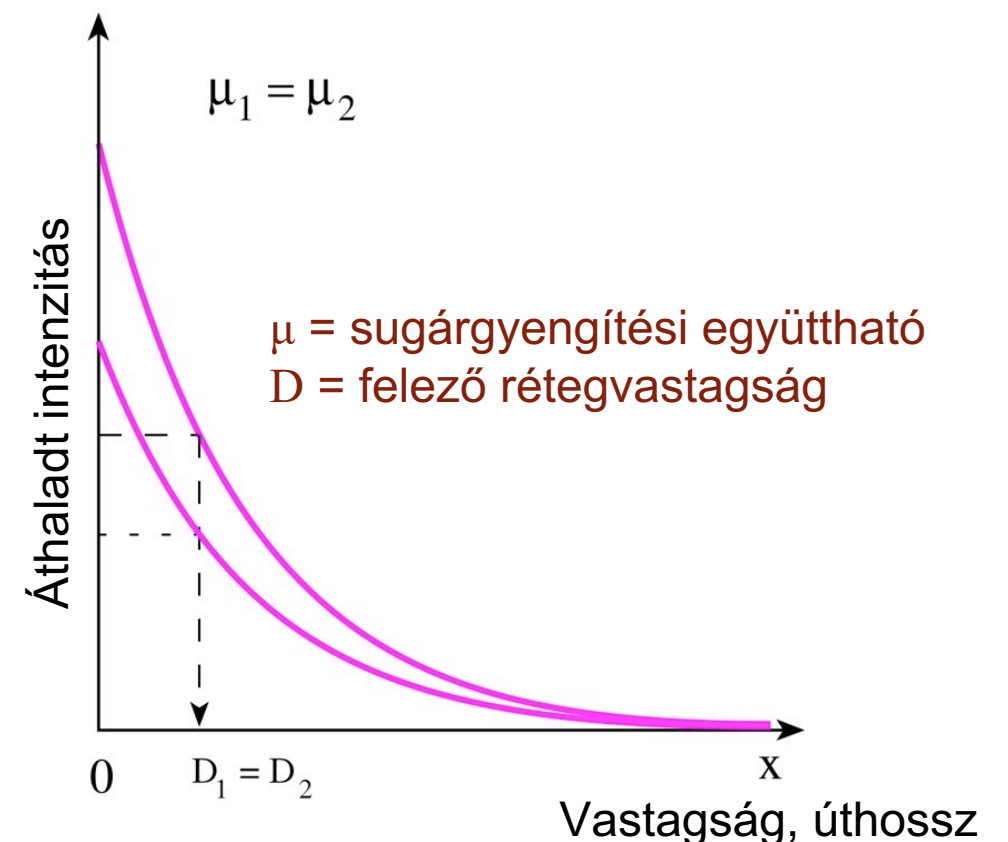
A mennyiség (J) és annak változása (ΔJ) egymással arányosak:

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

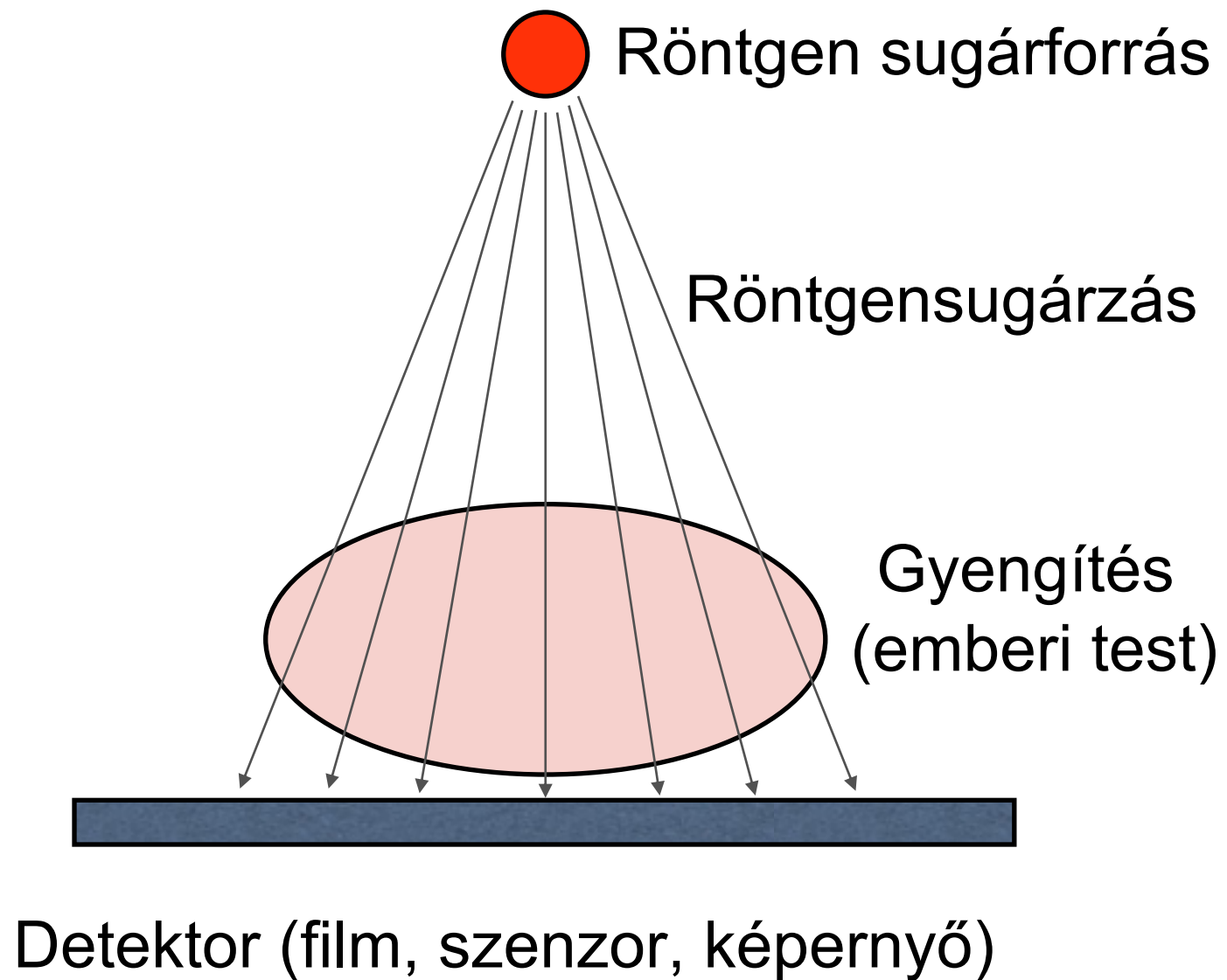


Exponenciális függvény:

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



Orvosi jelentőség



Mellkas röntgen felvétel

OMHV



<https://feedback.semmelweis.hu/feedback/pre-show-qr.php?type=feedback&qr=HX17CXHZE6R2TBI5>