

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)
- Kérdés és kétkedés

2. Tudományos módszer:

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

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

Orvosi Biofizika

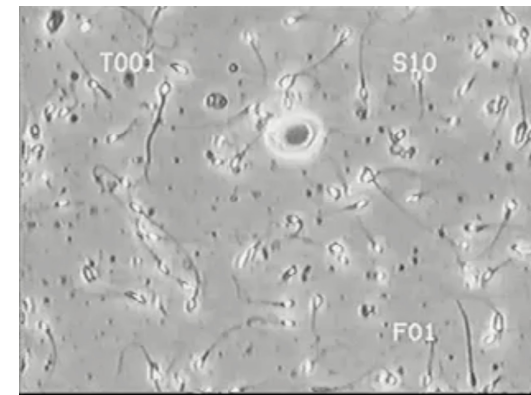
Küldetése:

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

Módszertana:

- Az “élő” folyamatokat
1. számszerűsíti
 2. egyszerűsíti

I. Biológiai jelenség fizikai leírása



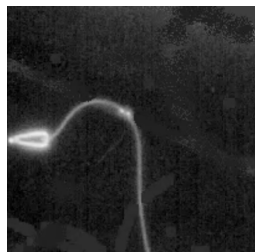
Kérdések lehetnek például:

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?

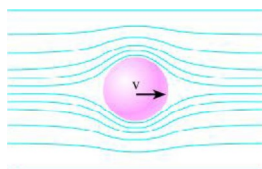
A spermocita által érzékelt közegellenállás

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

Spermium modell:
kör keresztmetszetű tárgy



Stokes törvény:



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

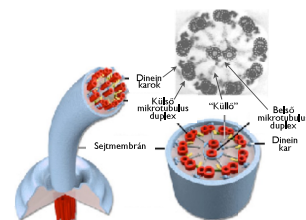
Súrlódási együttható: $\gamma = 6r\pi\eta = 6 \cdot 1.6 \times 10^{-6}(m) \cdot \pi \cdot 10^{-3}(Pas) = 3 \times 10^{-8} Ns/m$

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

Spermocita motilitás molekuláris mechanizmusa

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

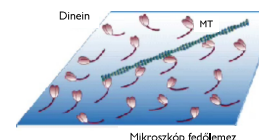
A flagellum szerkezete



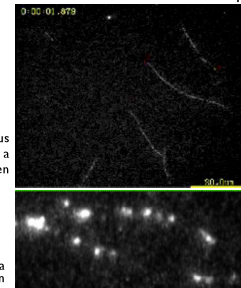
N.B.:

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

Biomolekuláris funkcionális teszt:
"In vitro motilitási próba"

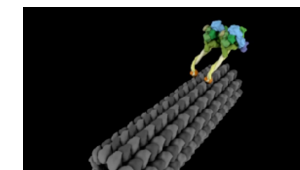


Fluoreszcencia videomikroszkópia



Mikrotubulus mozog a dineinen
Dinein mozog a mikrotubuluson

Prediktív modell



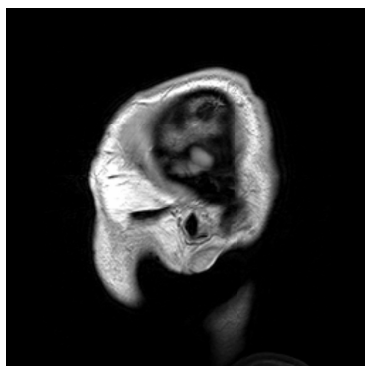
"Részeg tengerész" lépegetési mechanizmus

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

Hogy működik az MRI?

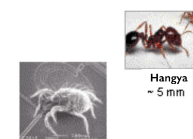


Kérdések lehetnek például:

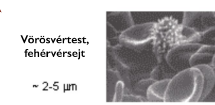
1. Ez micsoda? (Magnetic Resonance Imaging)
2. Milyen fizikai jelenségek kerülnek alkalmazásra? (mágnesség, sugárzások, stb.)
3. Mit mutat meg az MRI az emberi szervezetről? (szerkezet, működés, stb.)

I. Számszerűsítsünk...! Biomolekuláris rendszerek méretskálája

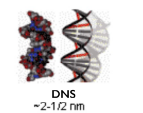
Termodinamika



Mezoscála



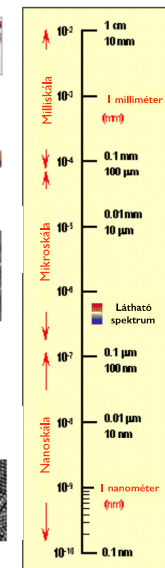
Kvantumkémia



Kvantumfizika



10^{23} Atom



10^{10} Atom

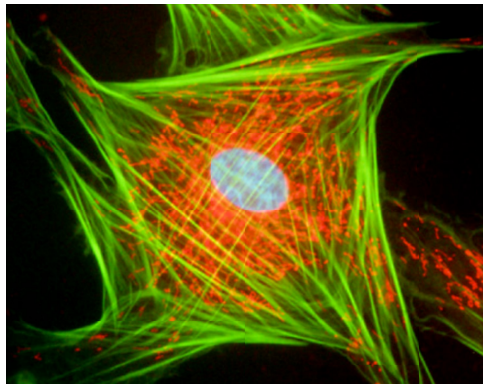
10^3 Atom

10^1 Atom

10^0 Atom

2. Egyszerűsítsünk...! Az élő sejt (és egy molekula) modellje

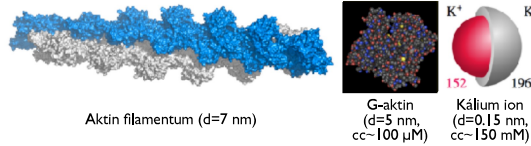
Rudolf Virchow (1855): "Omnis cellula e cellula"



Egyszerűsített
sejtmmodell: kocka



	Sejt: 20 µm oldalalú kocka	Analógia - Tanterem: 20 m oldalalú kocka
Aktinmolekula mérete	5 nm	5 mm
Aktinmolekulák száma	~500 ezer	~500 ezer
Aktin átlagos távolsága	~250 nm	~25 cm
Kálium ion mérete	0.15 nm	0.15 mm
Kálium ionok száma	~10 ⁹	~10 ⁹
Kálium ionok átlagos távolsága	~20 nm	~2 cm



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. Geometria 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 szív működés biofizikája
14. A légzés biofizikája. A fizikális vizsgálat biofizikai alapjai

Komplexitás

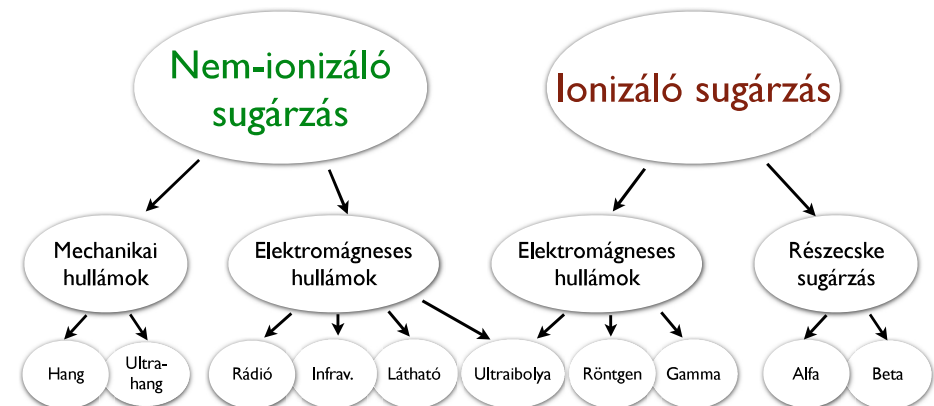


Sugárzások: mindenütt



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

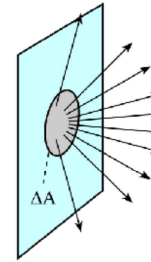
$J = \frac{P}{A} = \frac{1}{A} \frac{\Delta E}{\Delta t}$

A: felület (az energiaterjedés irányára merőleges)

A radiometria mennyiségei

Kisugárzott felületi teljesítmény

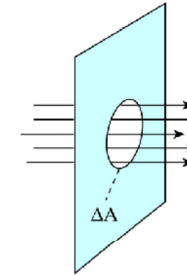
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felület által 2π térszögben mekkora a kisugárzott teljesítmény

Sugárintenzitás

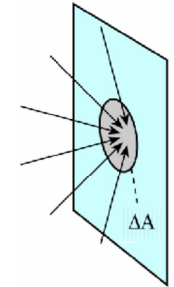
$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



Egységnyi felületen mekkora teljesítmény áramlik át

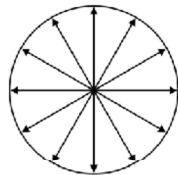
Besugárzott felületi teljesítmény

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

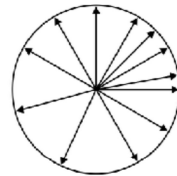


Egységnyi felületre eső teljesítmény, ha az minden irányból érkezik

A sugárzás irányfüggősége

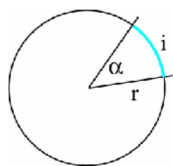


izotróp sugárzó



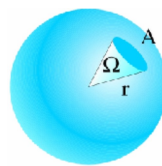
anizotróp sugárzó

Radián, szteradián



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

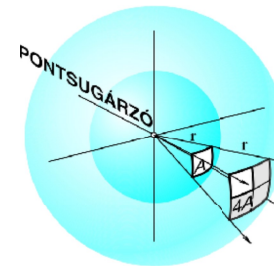
ív mérték (radián):
ív hossz/sugár;
teljes kör:
 $2\pi r/r = 2\pi$



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

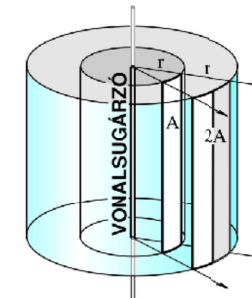
térszög (szteradián):
felület/sugárnégyzet;
teljes térszög:
 $4r^2\pi/r^2 = 4\pi$

Felületi teljesítmény távolságfüggése különböző geometriájú sugárforrások esetén



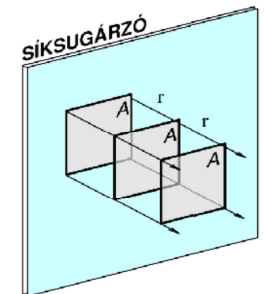
$$A_{\text{gömb}} \sim r^2$$

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



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

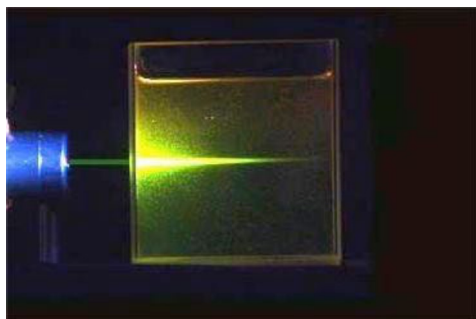
$$E_{\text{be}} \sim 1/r$$



$$A = \text{konstans}$$

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

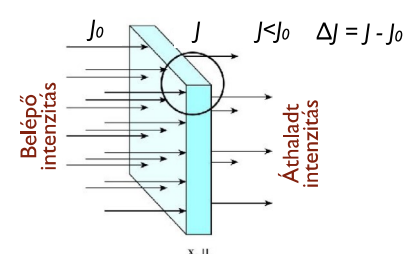
Miközben a sugárzás áthalad az anyagon, intenzitása csökken



(A kilépő sugárzás "gyengébb" mint a belépő)

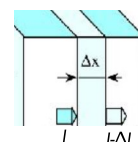
Le tudjuk írni ezt a jelenséget egyszerű törvényszerűséggel?

Általános sugárgyengítési törvény



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

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

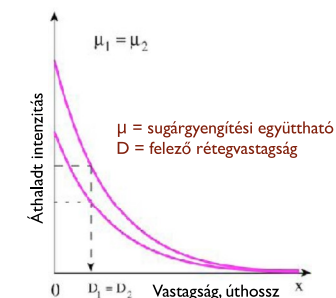
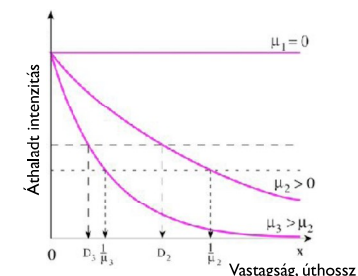


A mennyiség (J) és annak változása (ΔJ) egymással arányosak:

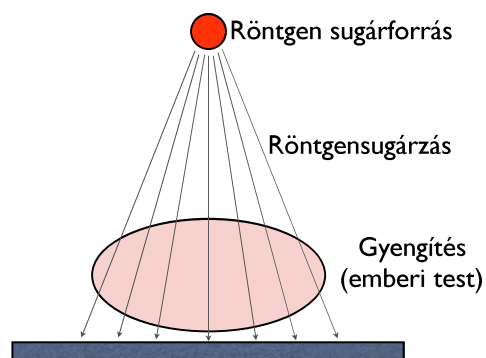
$$\Delta J = -\mu \Delta x J$$



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



Orvosi jelentőség



Detektor (film, szenzor, képernyő)



Mellkas röntgen felvétel