

ORVOSI BIOFIZIKA

KELLERMAYER MIKLÓS

A tudomány küldetése

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

Jó ez? Fontos ez? Igen(!):

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

Megközelítési módjaink:

1. Tudományos lelület:

- 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

Módszertana:

Az “élő” folyamatokat

- 1) egyszerűsíti
- 2) számszerűsíti

Feladatai:

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

Biológiai jelenség fizikai leírása



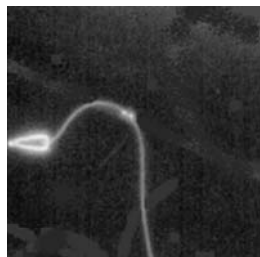
Kérdések lehetnek például:

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

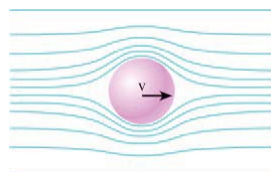
A spermocita által érzékelt közegellenállás

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

Spermium modell:
kör keresztmetszetű tárgy



Stokes törvény:



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

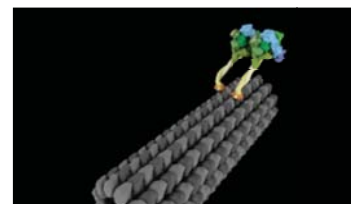
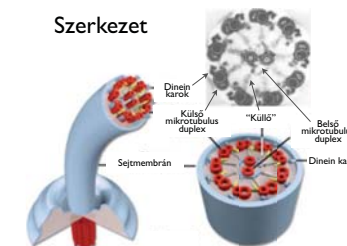
$$\gamma = 6r\pi\eta = 6 \cdot 1.6 \times 10^{-6} (m) \cdot \pi \cdot 10^{-3} (Pas) = 3 \times 10^{-8} Ns/m$$

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

Spermocita motilitás molekuláris mechanizmusa

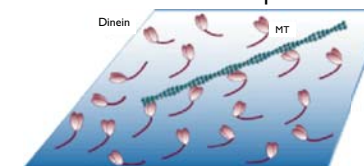
Hogyan történik mindez (mi a pontos mechanizmus)? Predikciós erejű modell építése.

Szerkezet



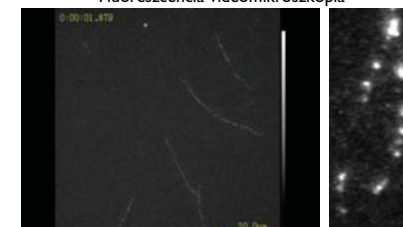
"Részeg tengerész" lépegetési mechanizmus

Biomolekuláris funkcionális modell:
"In vitro motilitási próba"



Mikroszkóp fedőlemez

Fluoreszcencia videomikroszkópia



Mikrotubulus mozog a dineinen

Dinein mozog a mikrotubuluson

Orvosi biofizika: előadástematika

I. félév

1. Bevezető. Az orvostudomány és a biofizika kapcsolata. Sugárzások a medicinában.
2. A fény mint elektromágneses hullám és mint fényszórás.
3. Orvosi optikai eszközök működése a geometriai optika és a hullámoptika alapján.
4. A látás optikai háttere, színlátás, színkeverés.
5. Anyagszerkezet, anyaghullám, atomi illetve molekuláris kölcsönhatások.
6. Sokatomos rendszerek. Gázok, szilárdtestek, folyadékkristályok, folyadékok. A Boltzmann-eloszlás. Fényemisszió, fényforrások, szinkép.
7. Az emissziós spektroszkópia alapjai. Hőmérsékleti sugárzás. Fénysugárzás anyaggal való kölcsönhatásai. Az abszorpció spektroszkópia alapjai.
8. Lumineszcencia és alkalmazása a diagnosztikában.
9. Lézerek és orvosi alkalmazásuk.
10. Atommag, radioaktivitás, magsugárzások.
11. Dozimetria, sugárvédelem. Nukleáris mérés-technika.
12. A nukleáris medicina főbb problémái. A radioaktív sugárzás az orvosi gyakorlatban.
13. Jelfeldolgozás. A jelek osztályozása, Fourier felbontása, Elektromos alapáramkörök. Félvezető áramkört elemek. Jelátalakítás, jelszelektálás, megjelenítők.

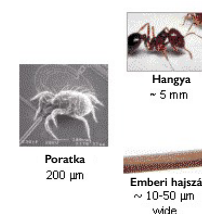
II. félév

1. Röntgensugárzás előállítása és tulajdonságai
2. Röntgendiagnosztikai alapok
3. Az elektromosság orvosi alkalmazásai
4. Termodinamika - egyensúly, változás, fűtételek
5. Diffúzió, Brown-mozgás, Ozmozis
6. Folyadékok és gázok áramlása. A véráramlás biofizikája
7. Hang, ultrahang
8. Bioelektromos jelenségek
9. Érzékszervek biofizikája, látás, hallás
10. Az élő anyag építőkövei: víz, makromolekulák, szupramolekuláris rendszerek
11. A biológiai mozgás molekuláris mechanizmusai. Biomechanika, biomolekuláris és szöveti rugalmasság
12. A biomolekuláris szerkezet és dinamika vizsgáló módszerei. Az MRI alapjai
13. A légzés és a szív működés biofizikája.
14. A fizikális vizsgálat biofizikai alapjai

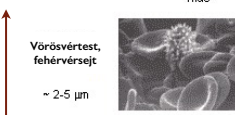
Komplexitás

Biomolekuláris rendszerek méretskálája

Termodinamika

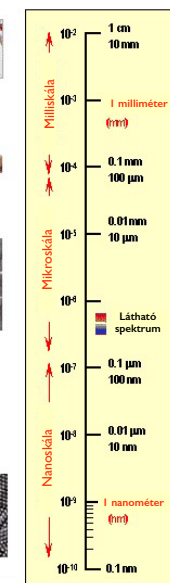


Mezokoskál



Kvantumkémia

Kvantumfizika



10^{23} Atom

10^{10} Atom

10^3 Atom

10^1 Atom

10^0 Atom

Prefixumok

yotta	Y	10^{24}
zetta	Z	10^{21}
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hekto	h	10^2
deka	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}

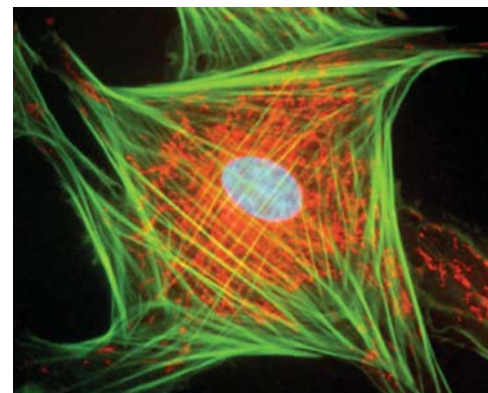
3 nagyságrendenként
külön prefixum

minden nagyságrendre
külön prefixum

3 nagyságrendenként
külön prefixum

Az élő sejt méretskálája

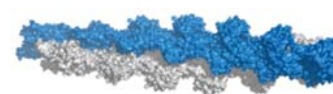
Rudolf Virchow (1855): "Omnis cellula e cellula"



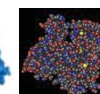
Egyszerűsített
sejtmmodell: kocka



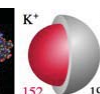
	Sejt: 20 μ m oldalfalú kocka	Analógia - Tanterem: 20 m oldalfalú kocka
Aktinmolekula mérete	5 nm	5 mm
Aktinmolekulák száma	~500 ezer	~500 ezer
Aktin átlagos távolsága	~250 nm	~25 cm
Kálium ion mérete	0.15 nm	0.15 mm
Kálium ionok száma	~ 10^9	~ 10^9
Kálium ionok átlagos távolsága	~20 nm	~2 cm



Aktin filamentum (d=7 nm)



G-aktin
(d=5 nm,
cc~100 μ M)



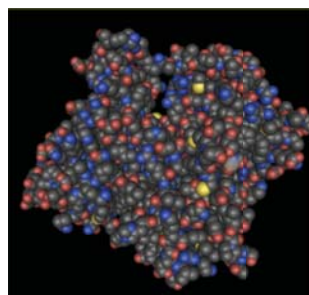
Kálium ion
(d=0.15 nm,
cc~150 mM)

A modell hiányosságai:

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

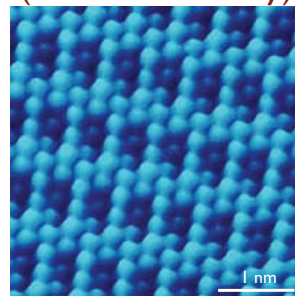
Vizsgálhatók-e a biológiai rendszer legkisebb részletei?

Modell



Globuláris aktin fehérjemolekula
szerkezeti modellje
szürke - C; piros - O; kék - N; sárga - S

"Valóság"
(mérési eredmény)



Oxigén atomok rhodium egykristály
felületén (pásztázó tűszondás
mikroszkóp felvétel)

Sugárzások: mindenütt



H-atom emissziós spektruma

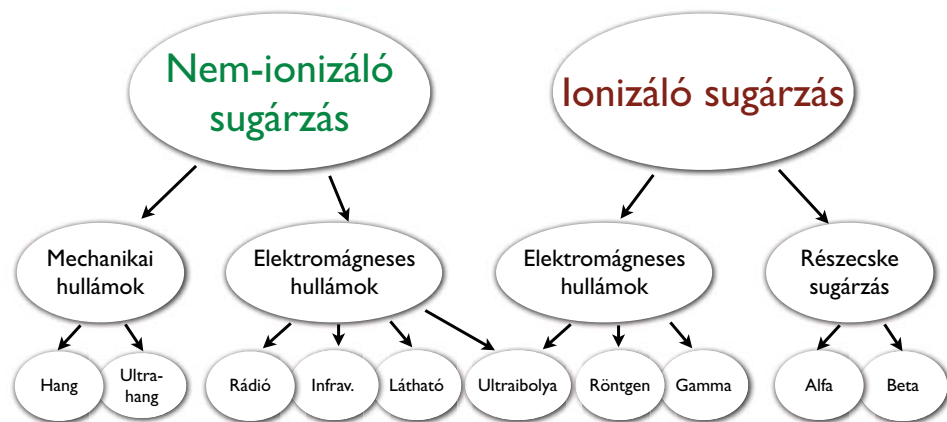


Orion Nebula



Forrás → Sugárzás → Besugárzott test

Sugárzások fajtái



Minden sugárzásban **energia** terjed

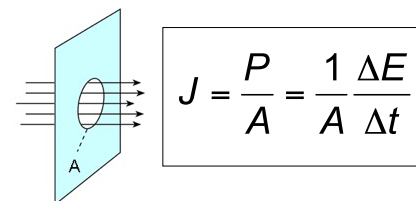
Hullámok vagy részecskék formájában.

Energia, E : $[E] = J$ (Joule)

Energia-áram = teljesítmény: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ $[P] = W$ (Watt)

ΔE : a Δt idő alatt szállított energia

Energiaáram-sűrűség = teljesítmény-sűrűség: $[J] = W/m^2$

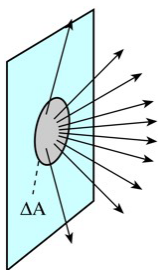


A: felület (az energiaterjedés irányára merőleges)

A radiometria mennyiségei

Kisugárzott felületi teljesítmény

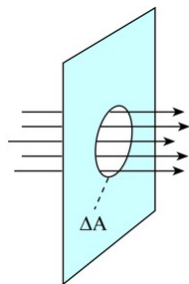
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$



Egységnyi felület által 2π térszögben mekkora a kisugárzott teljesítmény

Sugárintenzitás

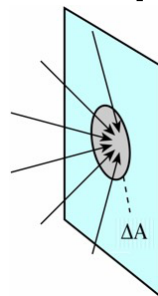
$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$



Egységnyi felületen mekkora teljesítmény áramlik át

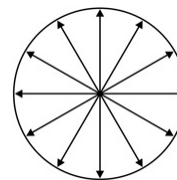
Besugárzott felületi teljesítmény

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

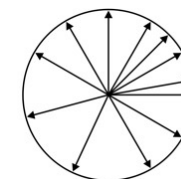


Egységnyi felületre eső teljesítmény, ha az minden irányból érkezik

A sugárzás irányfüggősége

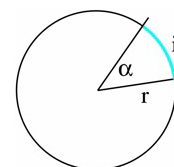


izotróp sugárzó



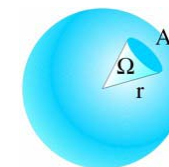
anizotróp sugárzó

Radián, szteradián



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

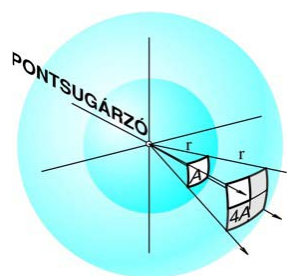
ív mérték (radián):
ív hossz/sugár;
teljes kör:
 $2\pi r/r = 2\pi$



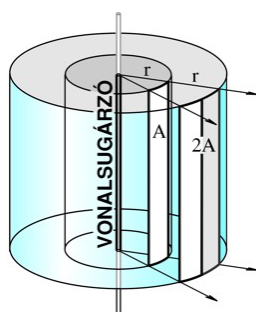
$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

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

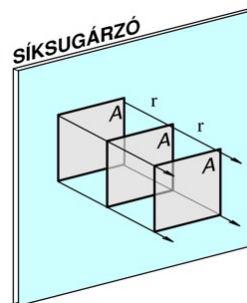
Felületi teljesítmény távolságfüggése különböző geometriájú sugárforrások esetén



$$A_{\text{gömb}} \sim r^2$$

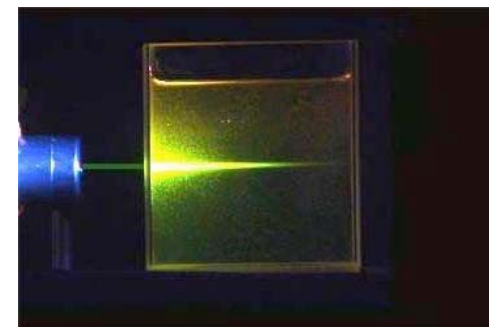


$$A_{\text{henger}} \sim r$$



$$A = \text{konstans}$$

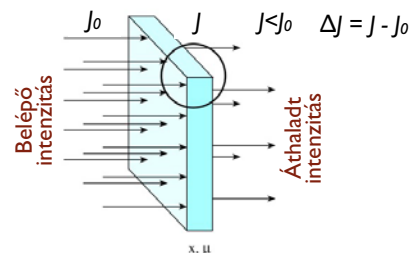
Miközben a sugárzás áthalad az anyagon, intenzitása csökken



(A kilépő
sugárzás
"gyengébb" mint
a belépő)

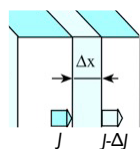
Le tudjuk írni ezt a jelenséget
egyszerű törvényszerűséggel?

Általános sugárgyengítési törvény



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

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

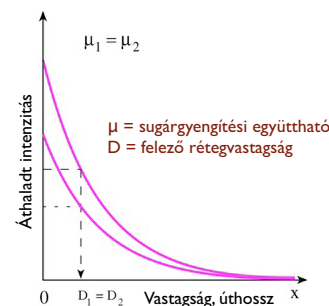
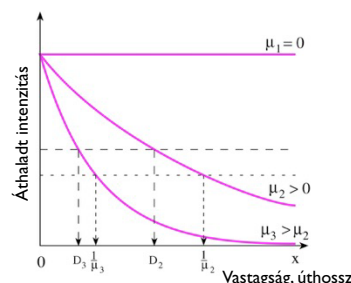


A mennyiség (J) és annak
változása (ΔJ) egymással
arányosak:

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

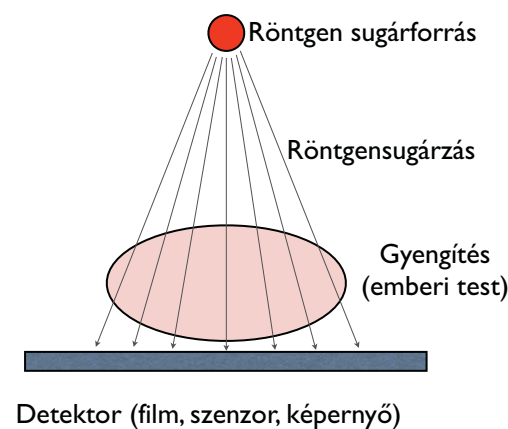
Exponenciális függvény:

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



μ = sugárgyengítési együttható
 D = felező rétegvastagság

Orvosi jelentőség



Mellkas röntgen felvétel