



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vegyésszmérnöki és Biomérnöki Kar  
Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

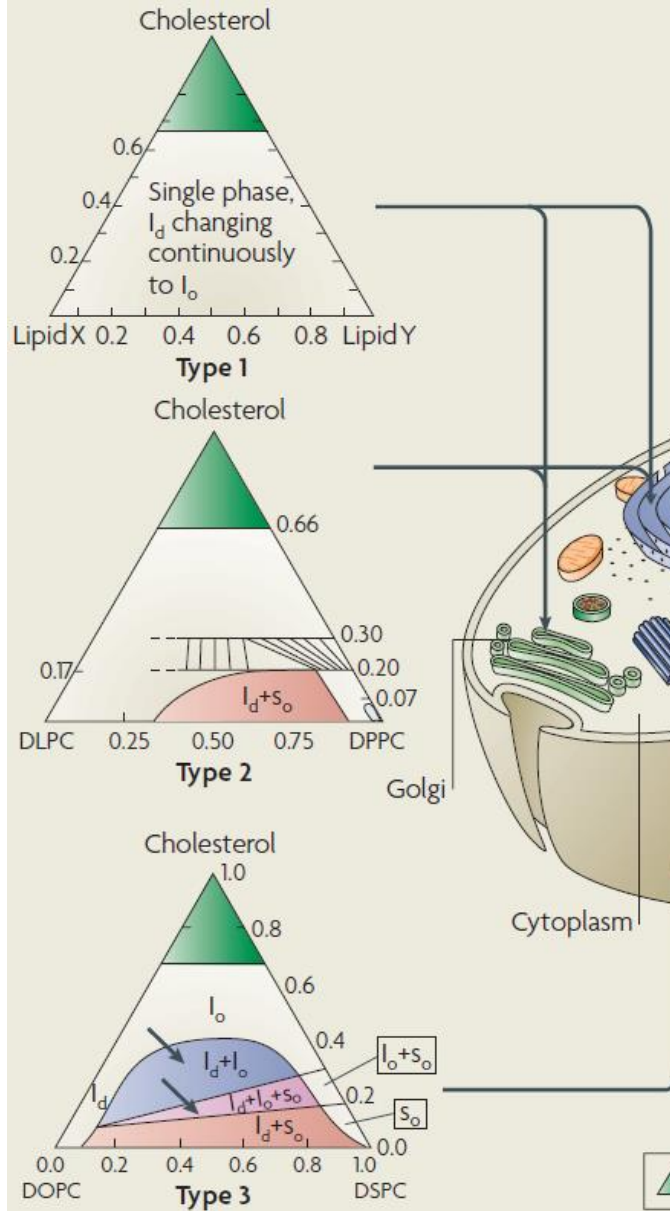
# **Biofizikai kémia**

## **5. előadás - konzultáció**

Gyarmati Benjámín

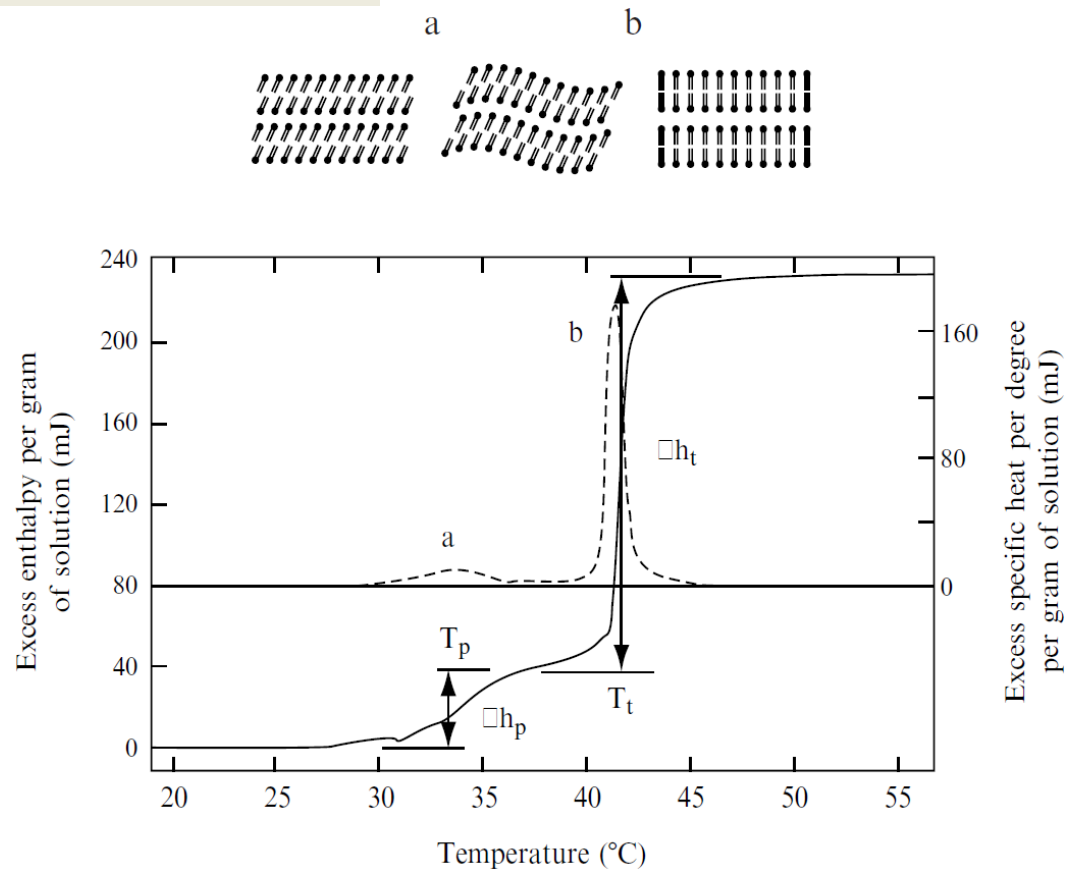
2019. december 06.

# Lipid fázisok rendezettsége

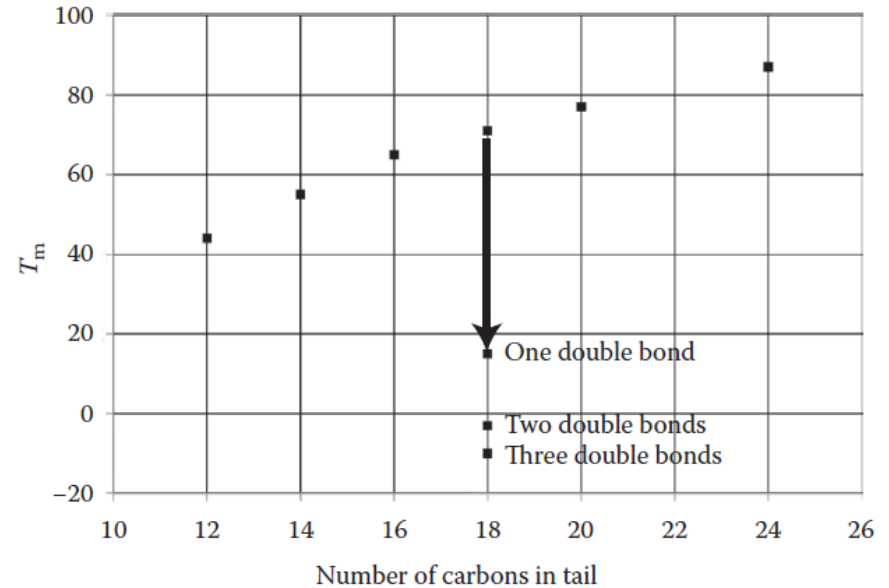
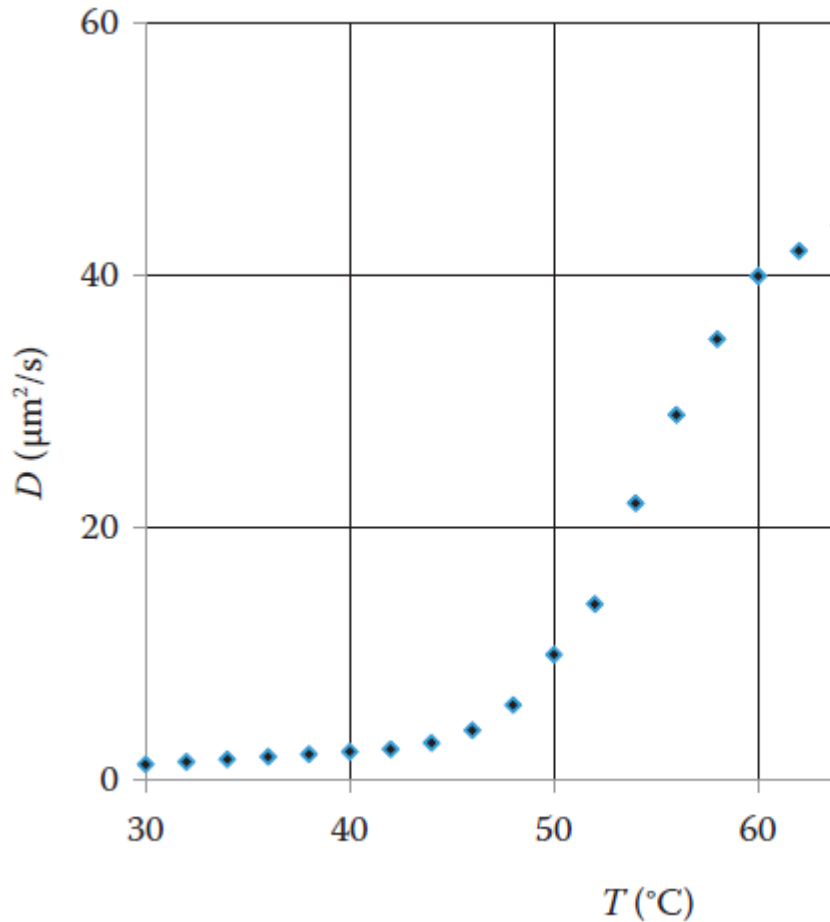


▲  $l_o$ +CHOL monohydrate crystals

$l_d$ , liquid-disordered;  $l_o$ , liquid-ordered;  $s_o$ , solid gel.



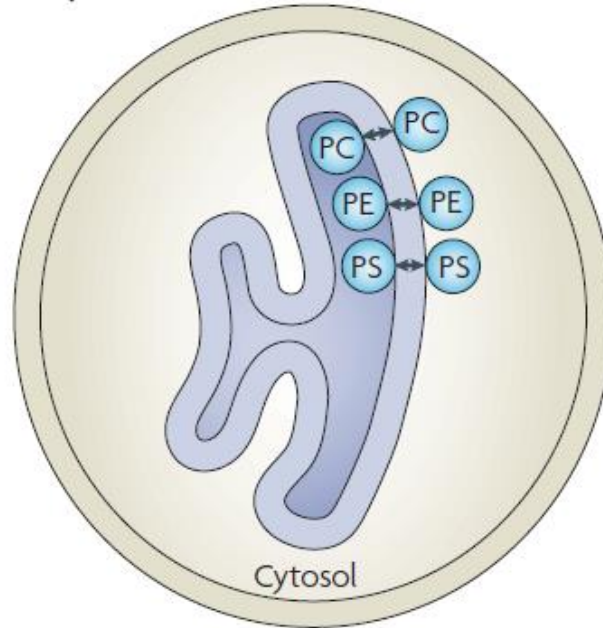
# Membránok fluiditása



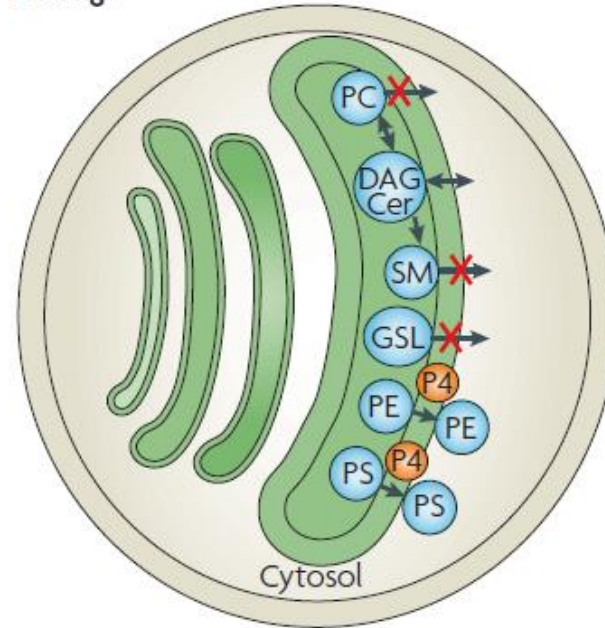
Nem határozott olvadáspont, a telítetlen lipidekből felépülő membránok szerkezete kevésbé rendezett, alacsonyabb hőmérsékleten válnak fluiddá

# Lipidmegoszlás a membránok oldalain

a Endoplasmic reticulum



b Golgi

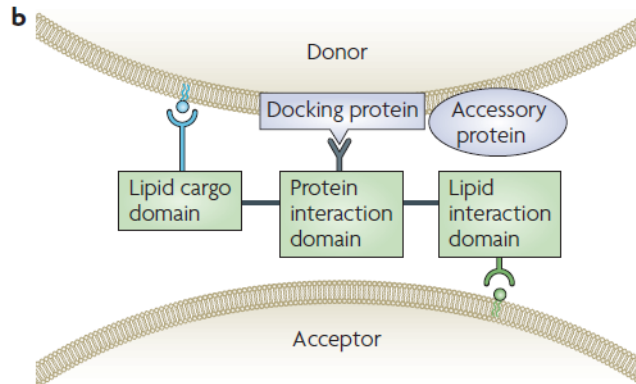
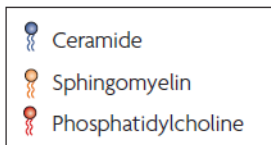
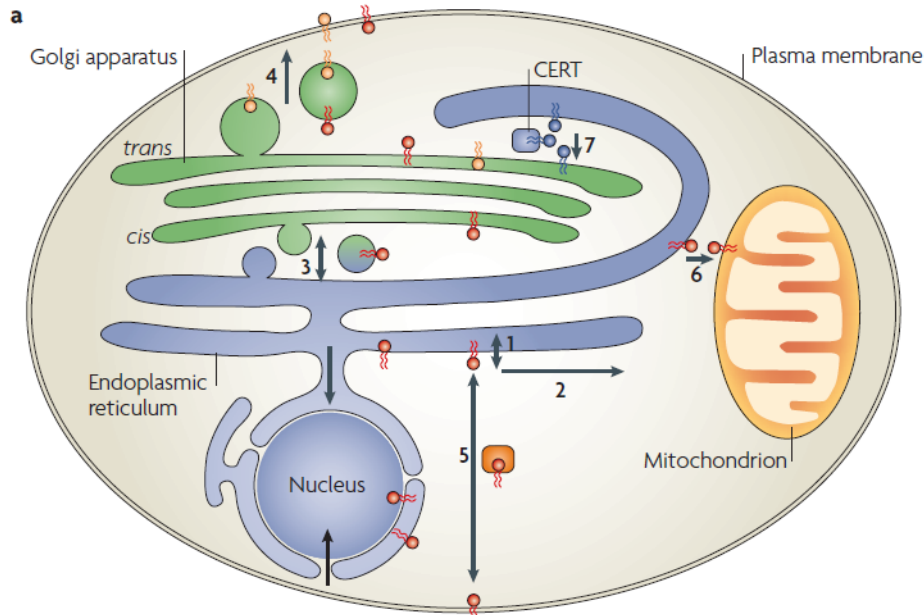


Az ER membránon szimmetrikus eloszlás, más membránokon tipikus asszimetria (citoszol és nem citoszol felőli oldalon)

- Lipidek transzportképessége
- Retenciós mechanizmusok
- Aktív transzporterek (P4 ATP)

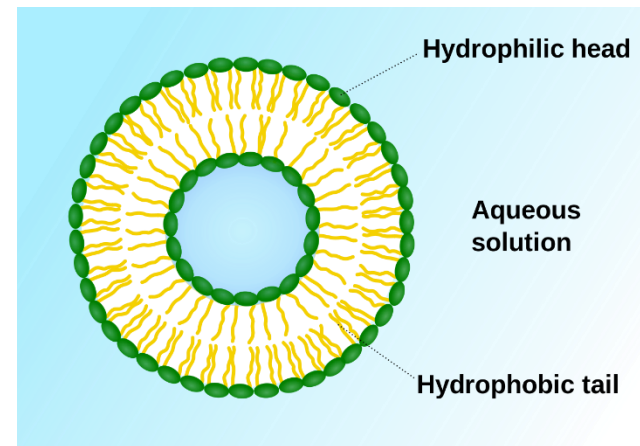
Az asszimmetrikus eloszlás szerepe: jelátvitel fagocitózis, véralvadás során, membrán görbület kialakítása stb.

# Lipidtranszport



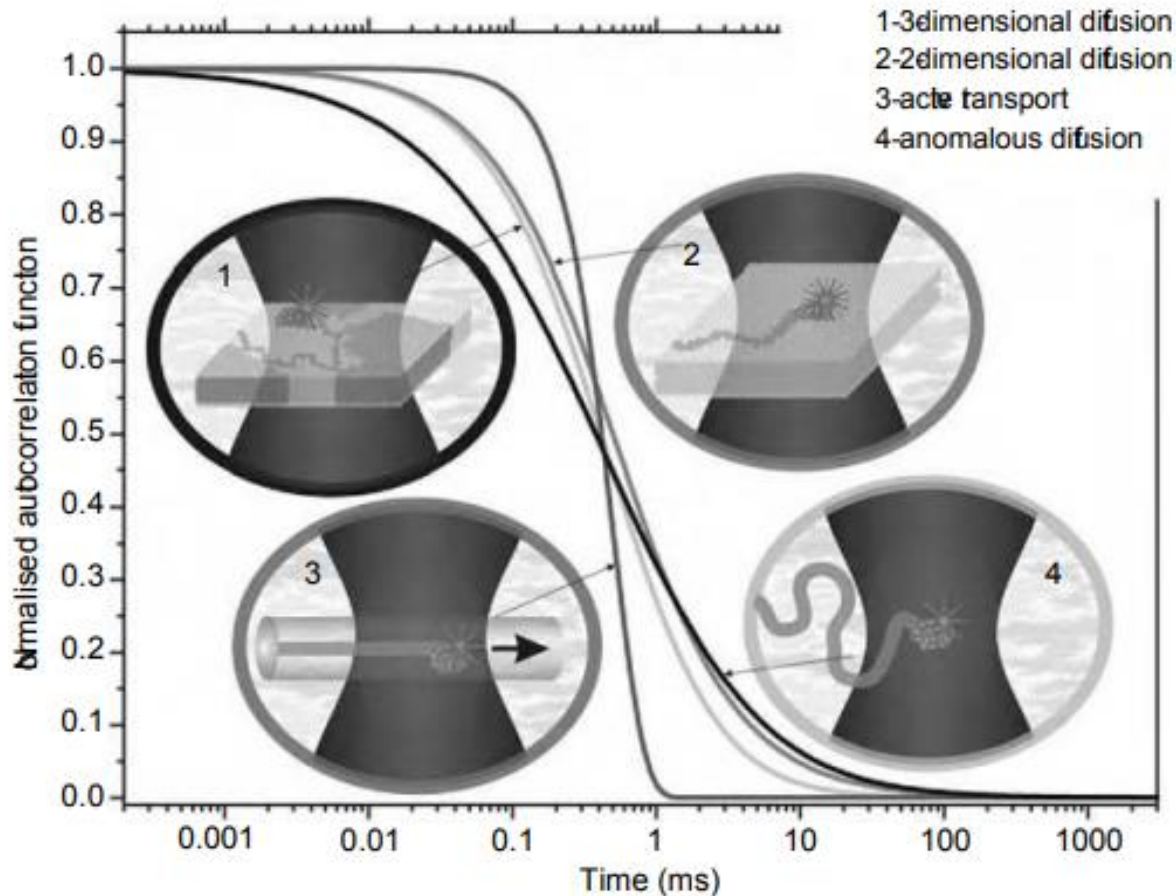
foszfatidilkolin: szabad transzport a membránokon keresztül (vezikuláris transzport)

Ceramid: fehérjesegített transzport



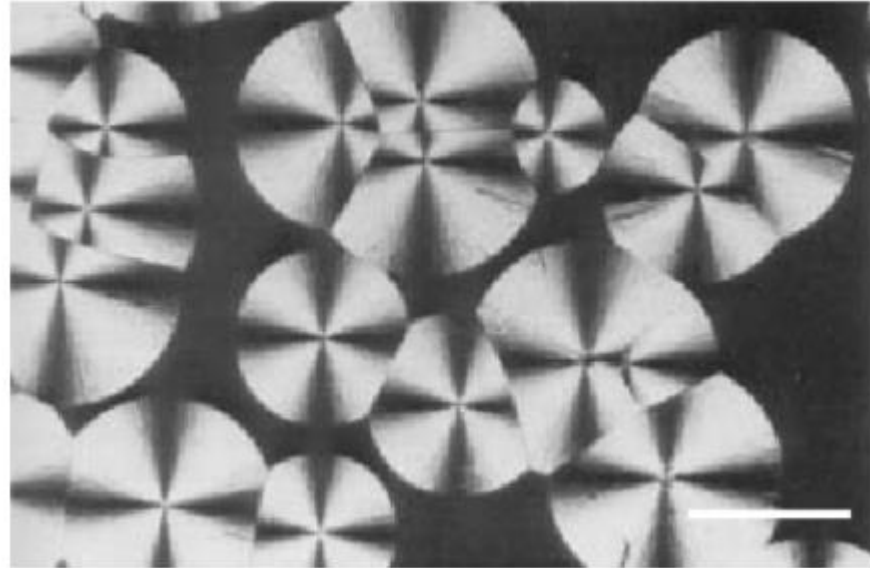
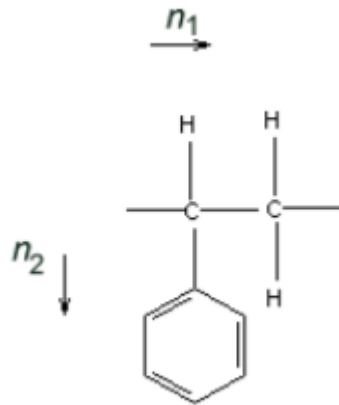
# Korrelációs függvény, mozgásformák

$$G^{\delta F}(\tau) = \frac{\langle (\delta F(t)\delta F(t + \tau)) \rangle}{\langle F(t) \rangle^2}$$



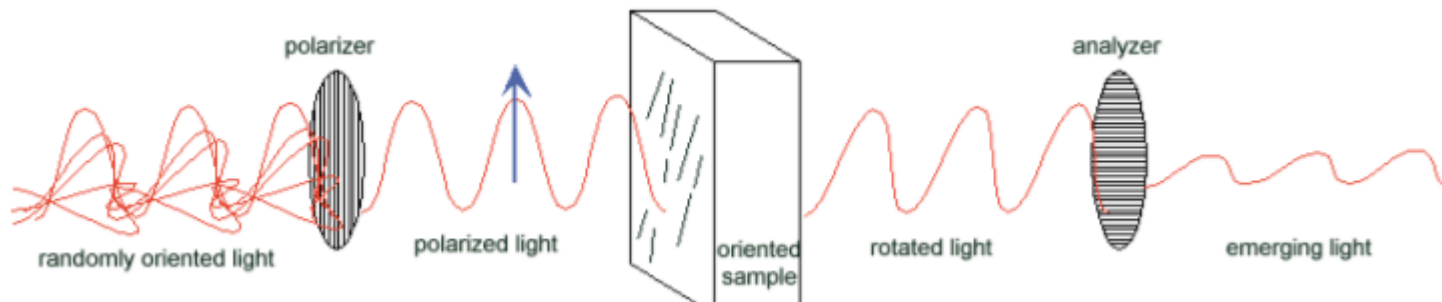
Autokorrelációs függvény értelmezése: tartózkodási idő a fókuszpontban

# A kettőstörés alapjai



Szükséges feltételek:

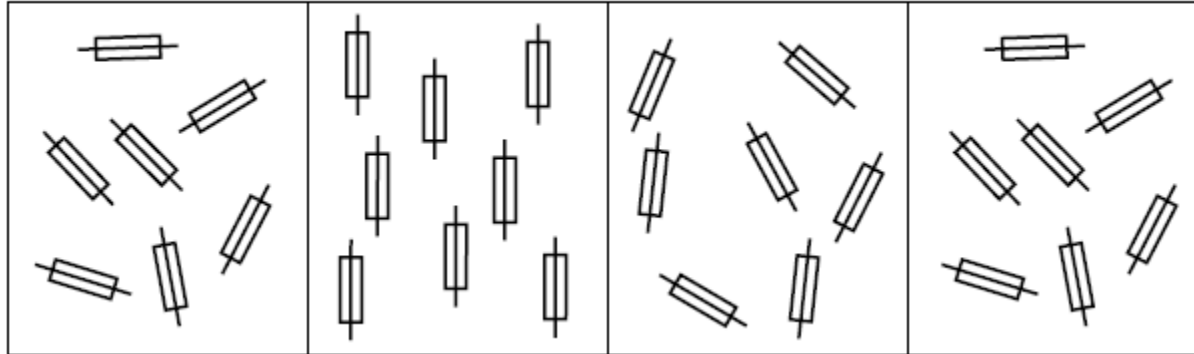
- Törésmutató (polarizálhatóság) különbség
- Rendezettség
- Polarizált fény



$$I = I_0 \sin^2(2\theta) \sin^2(\delta/2)$$

$$\delta = \frac{2\pi\Delta n'}{\lambda}$$

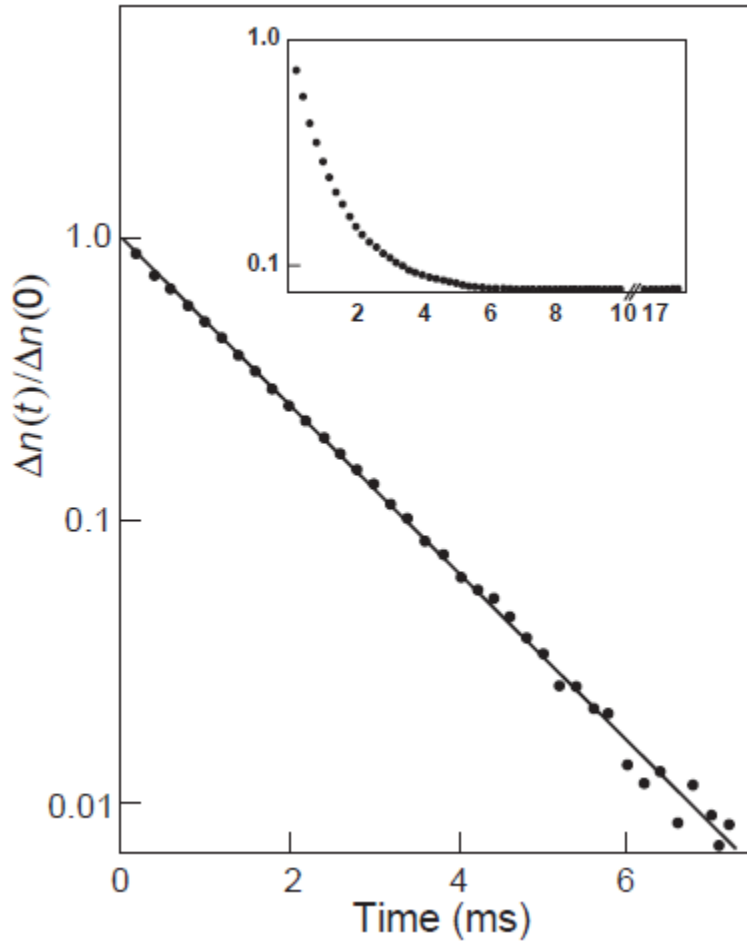
# Relaxációs folyamatok



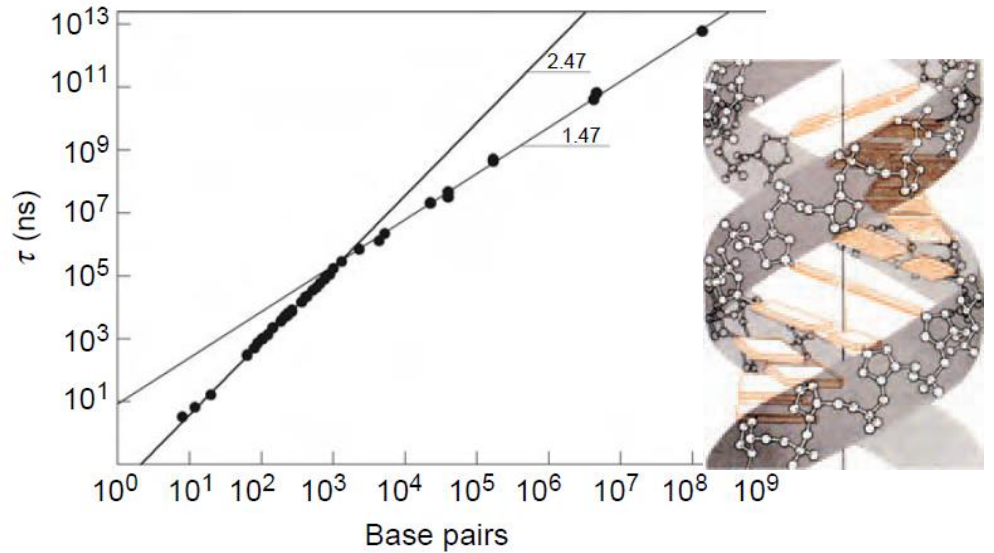
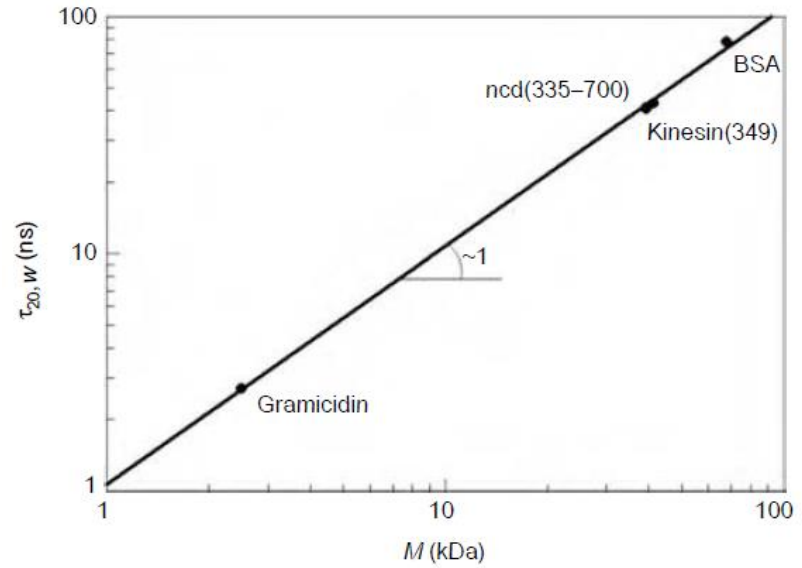
Makromolekula	Rotációs relaxáció (1/s)
Gramicidin (dimer)	60000000
Lizozim	16700000
DNS fragmens (104 bázispár)	172000
Tobacco mozaik vírus	330
Teljes DNS	0,41



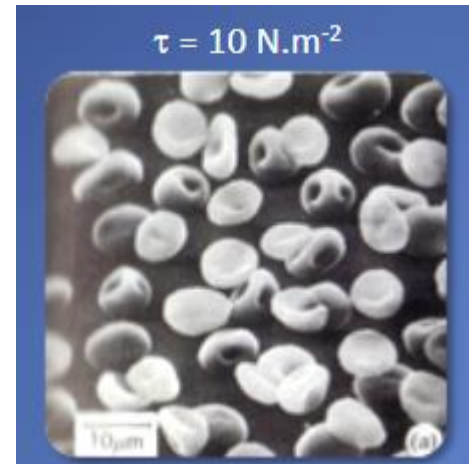
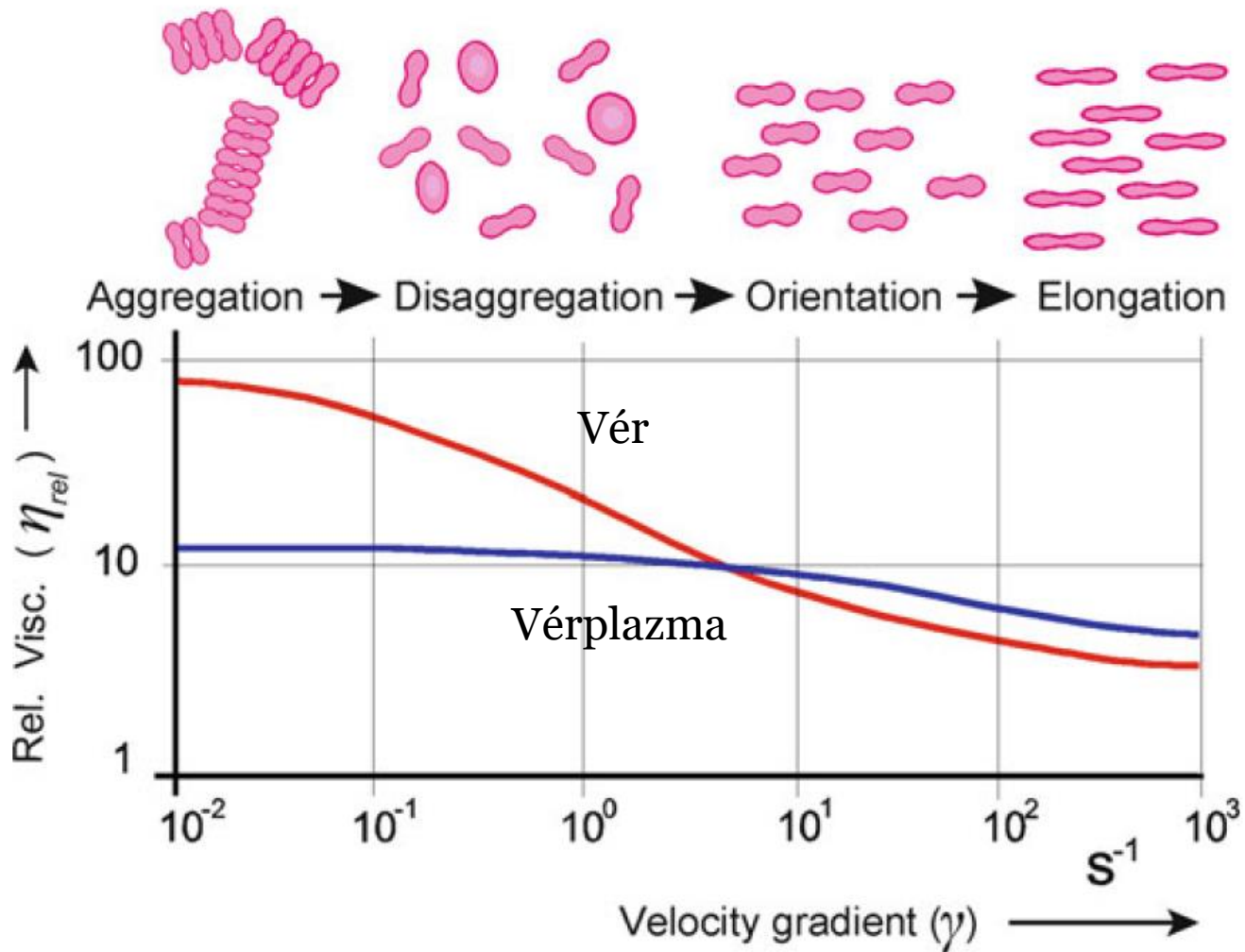
# Elektromos kettőstörés II



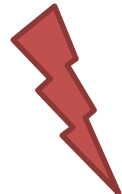
$$\Delta n(t) = \sum_{k=1}^5 C_k \exp\left(-\frac{t}{\tau_k}\right)$$



# Nem-newtoni viselkedés



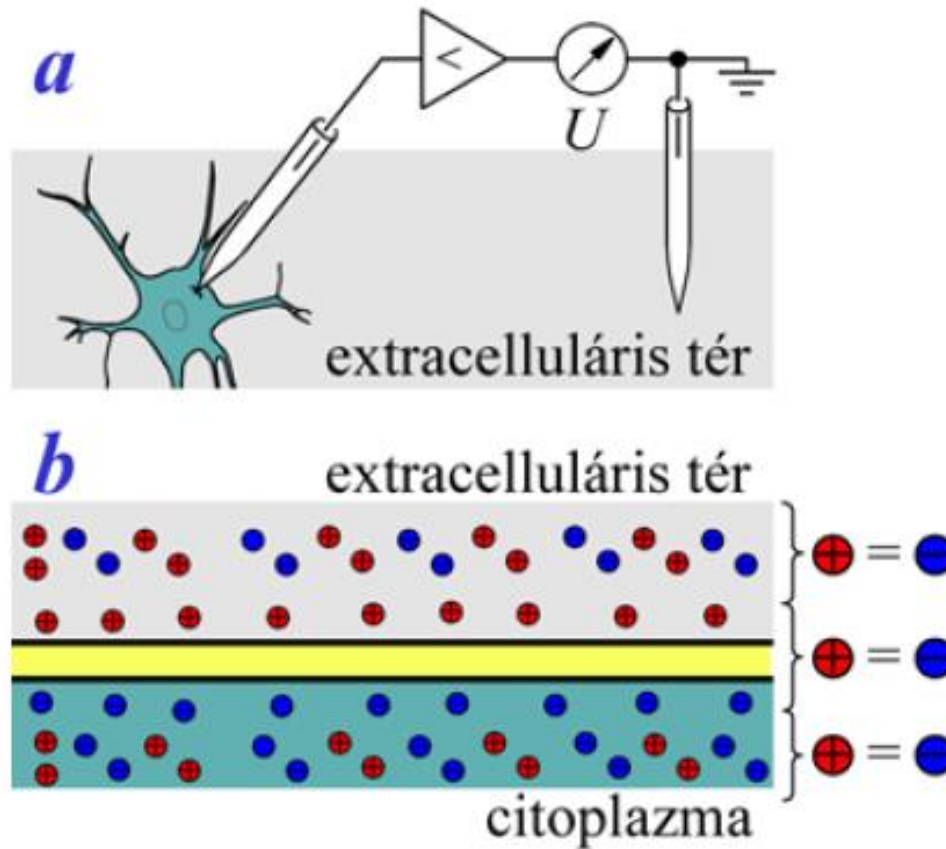
$$\mathbf{J}_v = \frac{\pi \Delta p r'^4}{8 l \eta}$$



Állandó viszkozitásra érvényes!!!

# Membránpotenciál

Mérése először: tintahal axonon (több cm hosszú)



# Stacioner állapot, egyensúly

Nernst-Planck-egyenlet:

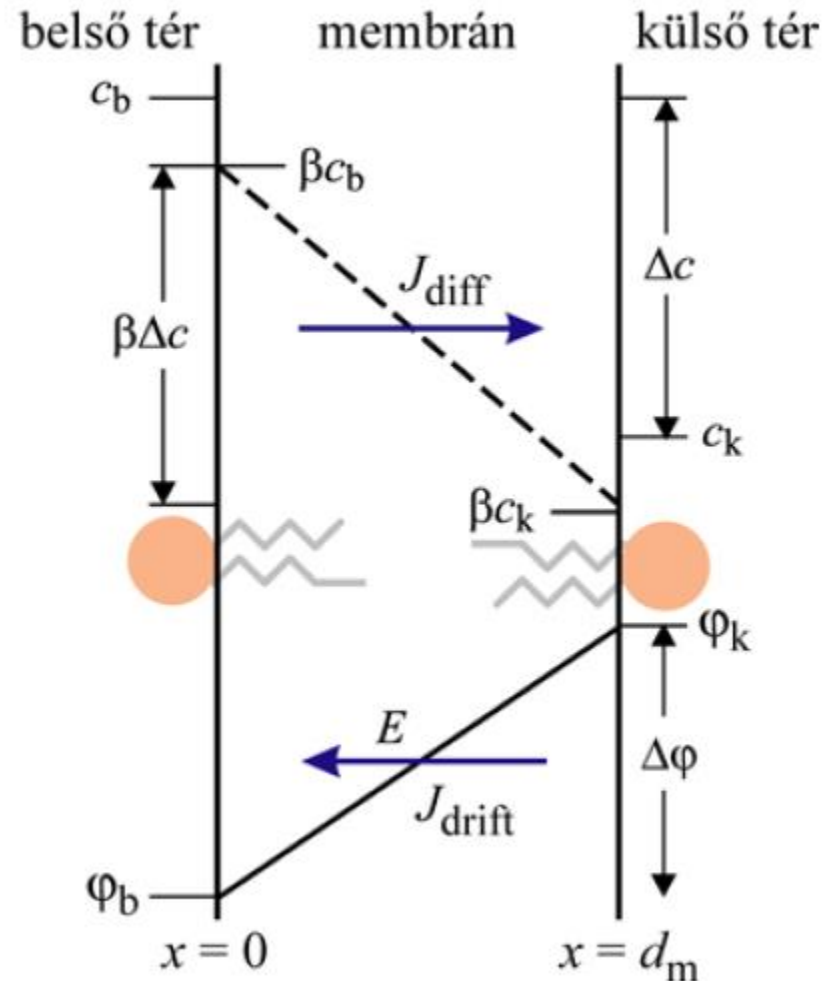
$$J = zF J_v = -zF D \left( \frac{dc}{dx} + c \frac{zF}{RT} \frac{d\varphi}{dx} \right)$$

Egyensúly feltétele: erők eredője zérus

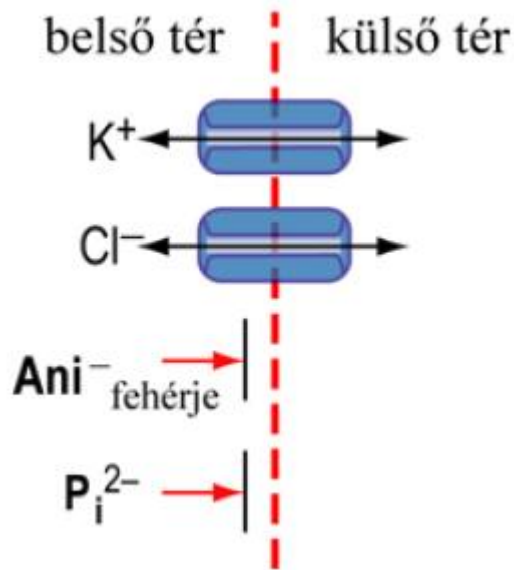
$$\frac{dc}{dx} + c \frac{zF}{RT} \frac{d\varphi}{dx} = 0 \rightarrow \int_{\varphi_b}^{\varphi_k} d\varphi = -\frac{RT}{zF} \int_{c_b}^{c_k} \frac{dc}{c}$$

$$\rightarrow \varphi_N \equiv \varphi_b \Big|_{\varphi_k=0} = \frac{RT}{zF} \ln \frac{c_k}{c_b}$$

emlős vázizom, $T=37^\circ\text{C}$			
ion	$c_k$ , mmol/l	$c_b$ , mmol/l	$\varphi_N$ , mV
$\text{Na}^+$	145,0	12,0	+67
$\text{K}^+$	4,0	155,0	-98
$\text{Ca}^{2+}$	1,5	$10^{-7}$	+129
$\text{Cl}^-$	123,0	4,2	-90



# Passzív ionmegoszlás, Donnan-egyensúly



$$\varphi_m = \frac{RT}{mF} \ln \frac{[\text{Kat}^{+m}]_k}{[\text{Kat}^{+m}]_b} = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Ani}^{-n}]_k}{[\text{Ani}^{-n}]_b} \rightarrow$$

$$\frac{1}{m} \ln \frac{[\text{Kat}^{+m}]_k}{[\text{Kat}^{+m}]_b} = \frac{1}{n} \ln \frac{[\text{Ani}^{-n}]_b}{[\text{Ani}^{-n}]_k}$$

$$\left( \frac{[\text{Kat}^{+m}]_k}{[\text{Kat}^{+m}]_b} \right)^{\frac{1}{m}} = \left( \frac{[\text{Ani}^{-n}]_b}{[\text{Ani}^{-n}]_k} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\frac{[\text{K}^+]_k}{[\text{K}^+]_b} = \frac{[\text{Cl}^-]_b}{[\text{Cl}^-]_k}$$

$$\left. \begin{array}{l} [\text{K}^+]_b = [\text{Cl}^-]_b + [\text{Ani}^-]_b \\ [\text{K}^+]_k = [\text{Cl}^-]_k \end{array} \right\} [\text{K}^+]_b^2 = [\text{K}^+]_k^2 + [\text{Ani}^-]_b [\text{K}^+]_b \rightarrow \begin{cases} [\text{K}^+]_b > [\text{K}^+]_k \\ [\text{Cl}^-]_b < [\text{Cl}^-]_k \end{cases}$$

# A membránfeszültség változása

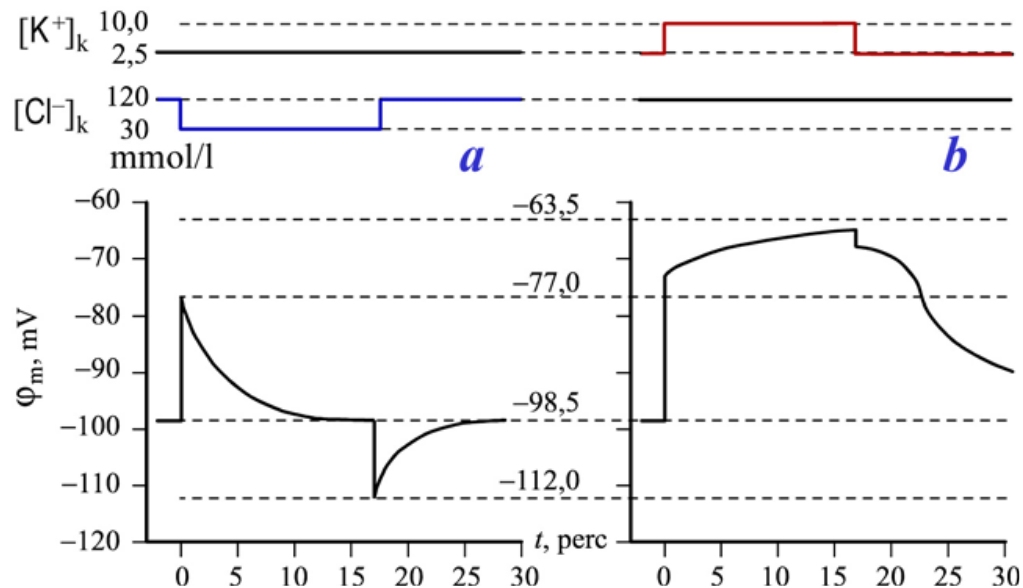
Nyugalmi állapotban:

$$[K^+]_k = 2,5, \quad [K^+]_b = 125, \quad [Cl^-]_k = 120, \quad [Cl^-]_b = 2,4 \quad (\text{mmol/l}).$$

$$\varphi_m = \varphi_{N,K} = \varphi_{N,Cl} = -98,5 \text{ mV}$$

Kloridkoncentráció hirtelen csökkentése:

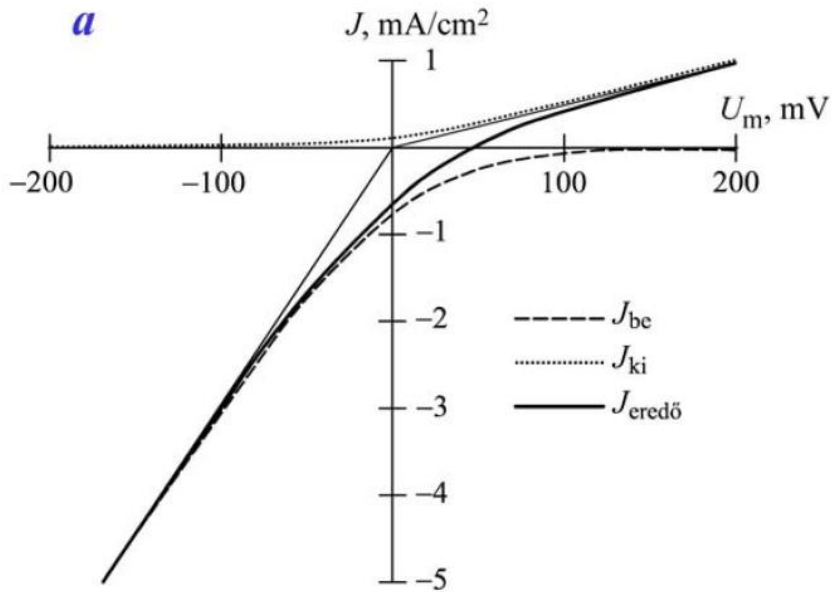
$$\varphi_{N,Cl} = -25,3 \cdot \ln(30/2,4) = -63,5 \text{ mV}$$



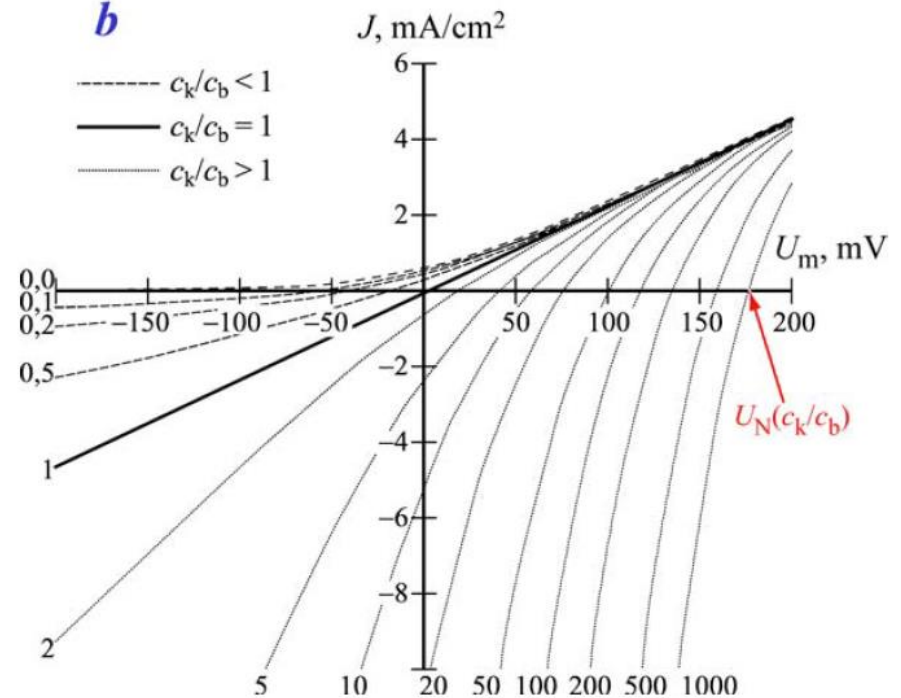
# Időfüggetlen modell

$$J_{ki} = z^2 F P \xi \frac{c_b}{1 - e^{-z\xi}}, \quad J_{be} = -z^2 F P \xi \frac{c_k e^{-z\xi}}{1 - e^{-z\xi}}$$

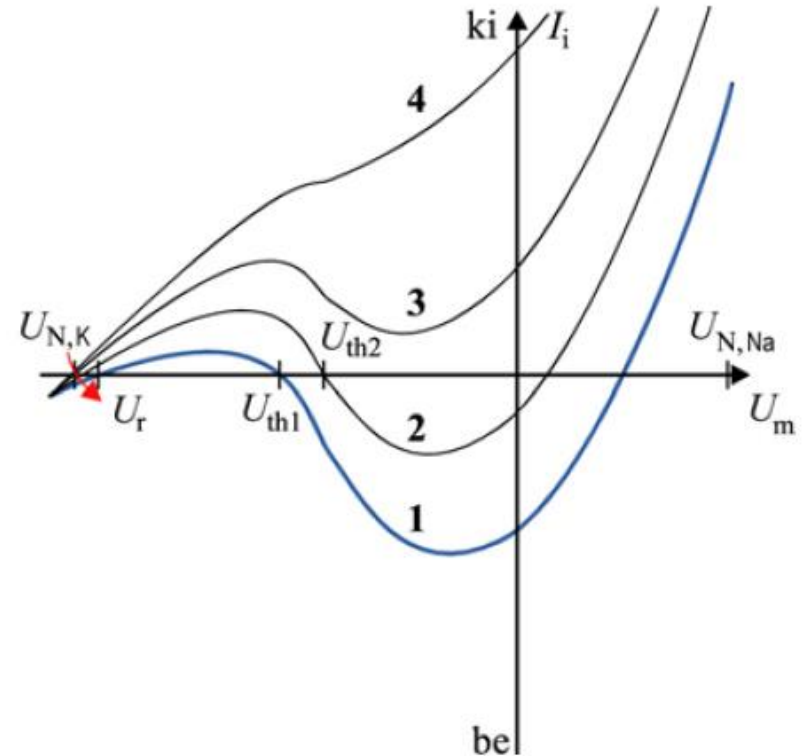
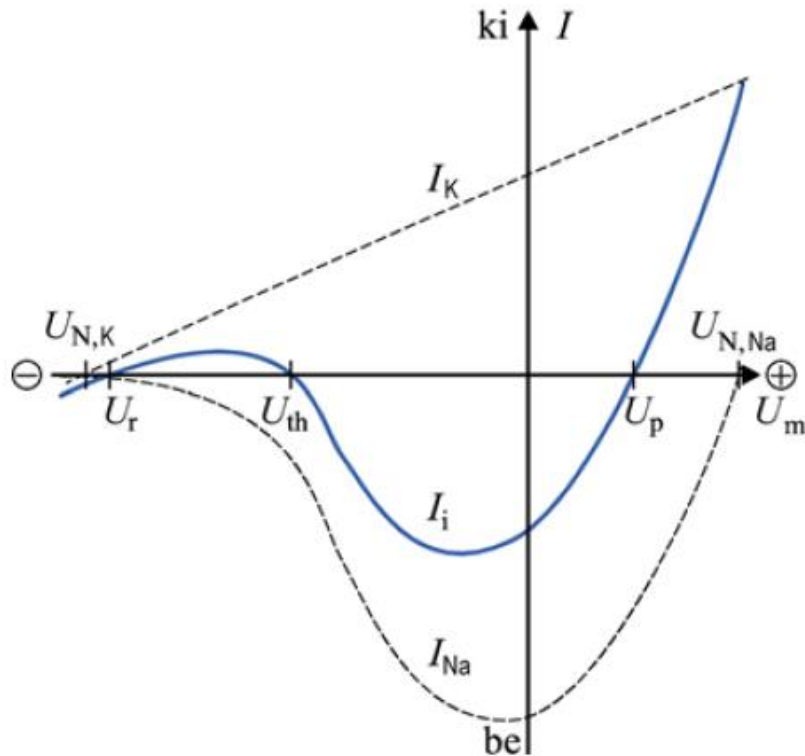
**a**



**b**



# Noble-modell



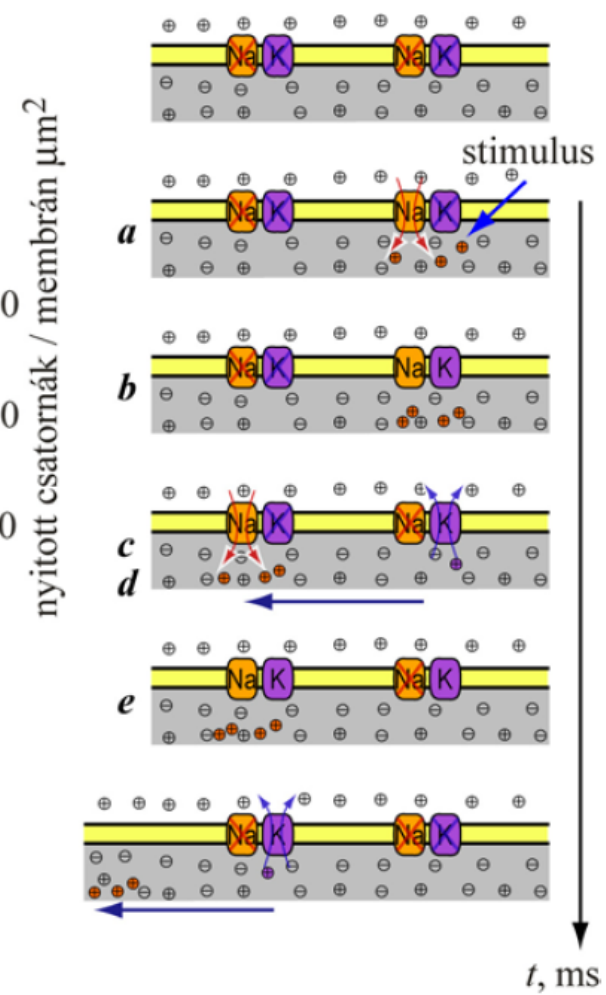
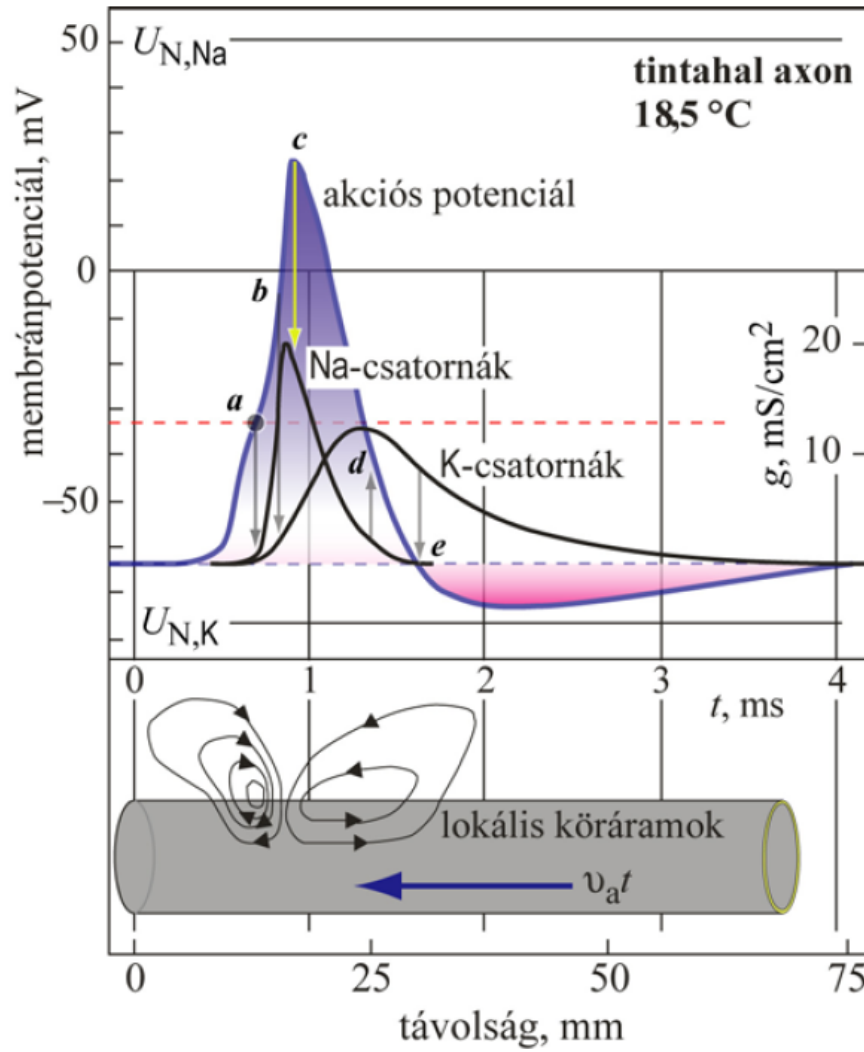
Egyszerűsítés:

- az ionáram csak a Na- és K-áramtól függ
- A K-áram a feszültség lineáris függvénye

A stimulus sebességétől függ, hogy kialakul-e akciós potenciál



# Akciós potenciál jelalak



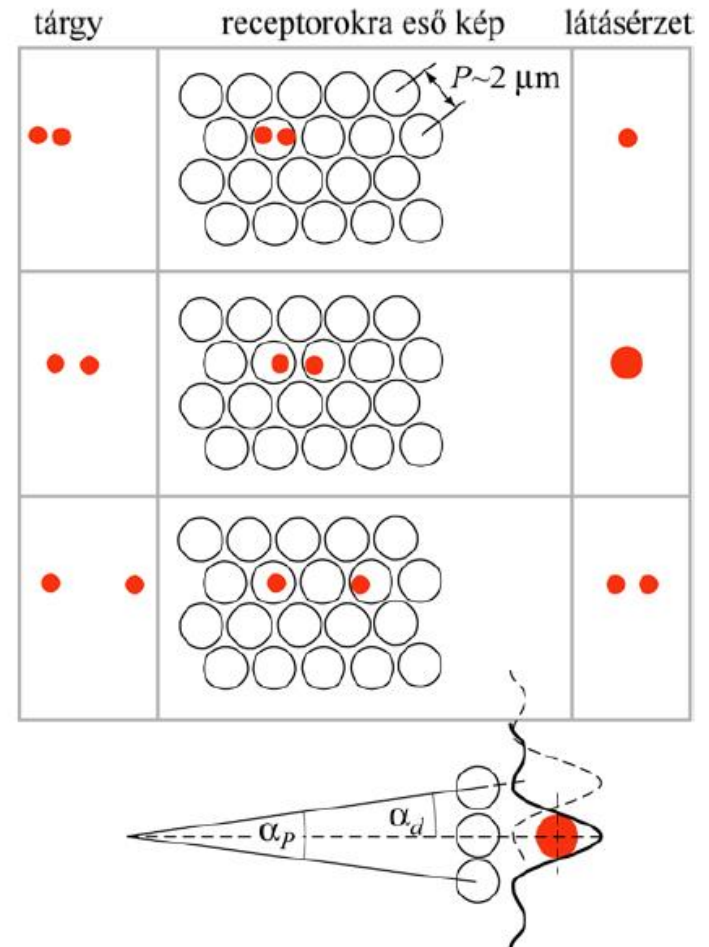
# A szem felbontóképessége

Hullámoptikai felbontás:

$$\alpha_d(\lambda, d) = 1,22 \frac{\lambda}{d_{\text{pupilla}}} \rightarrow \begin{cases} \alpha_d(800 \text{ nm}, 2 \text{ mm}) \approx 1,76'' \\ \alpha_d(550 \text{ nm}, 4 \text{ mm}) \approx 0,60'' \end{cases}$$

Biológiai felbontás (mintavételezés):

$$\alpha_p(2P, K) = \frac{2P}{K} \rightarrow \alpha_p(4 \mu\text{m}, 17 \text{ mm}) \approx 0,85''$$



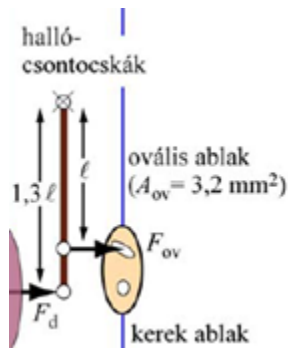
# Reflexió, passzív erősítés

Közegváltás a középfül és belső fül között (levegő-folyadék):

$$\frac{Z_l(35^\circ\text{C})}{Z_v} = \frac{1,144\text{kgm}^{-3} \cdot 350\text{ms}^{-1}}{10^3\text{kgm}^{-3} \cdot 1440\text{ms}^{-1}} = \frac{400}{1,44 \cdot 10^6}$$

$$R_a = \frac{I_{l,\text{refl}}}{I_{l,\text{be}}} = \left( \frac{Z_v - Z_l}{Z_v + Z_l} \right)^2 = 0,9989;$$

$$1 - R_a = 0,0011.$$



Passzív nyomáserősítés:

$$p_v = \frac{F_{ov}}{A_{ov}} = \frac{1,3\Delta p A_d}{A_{ov}} = 22,3\Delta p$$

$$\frac{I_v}{I_l} = \frac{p_v^2 / Z_v}{\Delta p^2 / Z_l} = 0,138$$

125-szörös erősítés (1 kHz-es kiemelés, 20 kHz-es levágás)