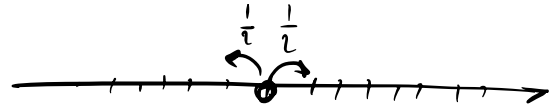


# DIFUZJA

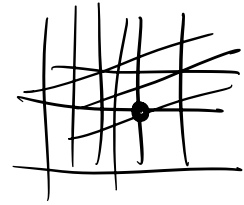
- Ruch Browna



$$\langle x^2 \rangle = 2Dt \quad (1D)$$

<sup>u sp. dyfuzji</sup>

$$\langle x^2 \rangle = 6Dt$$



- Stokes - Einstein

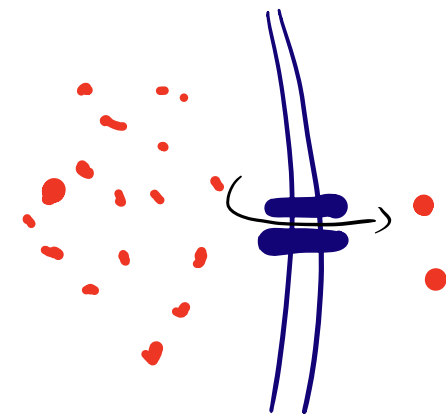
$$D = \frac{k_B T}{6\pi\mu a}$$

MIT

- Prawo Ficka

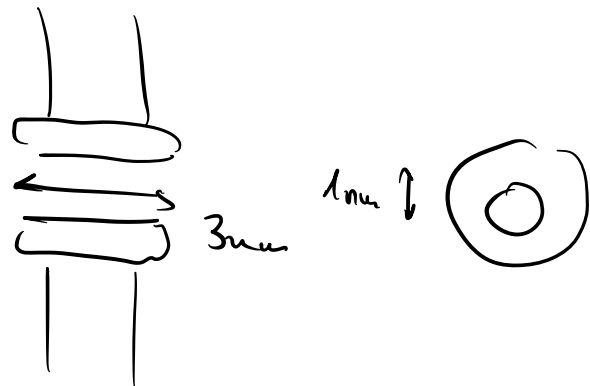
$$J = -D \nabla c = -D \frac{dc}{dx} = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

Przykład



$$C_w = 50 \mu M$$

$$C_v = 5 \mu M$$



3  $\mu m$

1  $\mu m$

$$\frac{dc}{dx} = \frac{\Delta c}{\Delta x} = \frac{C_w - C_v}{\Delta x} = \frac{45 \mu M}{3 \mu m} = \frac{0.045 M}{3 \cdot 10^{-9} m} =$$

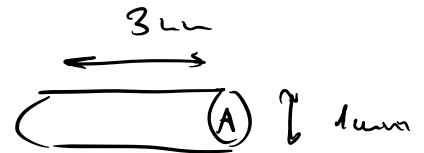
$$= 1.5 \cdot 10^7 \frac{M}{m} = 1.5 \cdot 10^7 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3 \cdot m} \cdot \left( 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) = 1.5 \cdot 10^{10} \frac{\text{mol}}{\text{m}^4}$$

$$J = -D \frac{dc}{dx} = -10^{-10} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 1.5 \cdot 10^{10} \frac{\text{mol}}{\text{m}^4} = -1.5 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\uparrow$$

$$\approx 10^{-10} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Jle czysteńca / sekundę?



$$A = \pi r^2 = \pi (0.5 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 = 7.8 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$$

$$JA = 1.5 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \cdot 7.8 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2 = 1.2 \cdot 10^{-18} \frac{\text{mol}}{\text{s}} = 7 \cdot 10^5 \frac{\text{czysteńca}}{\text{s}}$$

$$N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

Jle czysteńca jest wewnątrz pora w każdej chwili?

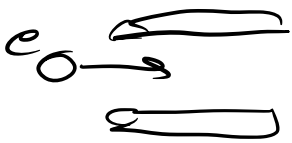
$$N = V \cdot \bar{c} = A \cdot L \cdot \bar{c} = \pi r^2 \cdot L = \pi (0.5 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 \cdot 3 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 20 \text{ mM}$$

$$= 2.4 \cdot 10^{-27} \text{ m}^3 \cdot 20 \text{ mM} =$$

$$= 5 \cdot 10^{-26} \text{ mol} \approx 0.03 \text{ czysteńca}$$

Czy  $10^6$  czysteńca / s to dużo? Czy więcej to zuzycie? Tak, jeśli są niedostawne

$$\text{Prąd } 1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} = 6 \cdot 10^{18} \frac{\text{ład. e}}{\text{s}}$$



$$I = 10^6 \frac{\text{e}}{\text{s}} \rightarrow 2 \cdot 10^{-13} \text{ A} = 0.2 \text{ pA}$$

↑  
minimalne!

# Wzór Stokesa - Eyringowa

$$D = \frac{k_B T}{6\pi \mu a}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$k_B T = 4.11 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

$\mu$  (woda)

$$\mu = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$D = \frac{4.11 \cdot 10^{-21} \text{ J}^{\text{N} \cdot \text{m}}}{6\pi \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{a}} = \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

$$= \frac{4.11 \cdot 10^{-18}}{20 \text{ a}}$$

Miaa czystej a  $\sim 1 \text{ nm}$

$$D = \frac{1}{5} \cdot 10^{-9} = 2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Białko  $a \sim 10 \text{ nm}$

$$D = 2 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Bakteria  $a \sim 1 \mu\text{m}$

$$D = 2 \cdot 10^{-13} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Kulka  $a = 1 \mu\text{m}$

$$D = 2 \cdot 10^{-16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Im większy obiekt, tym wolniejsza dyfuzja.

ile czasu potrzeba, żeby przebieć odległość  $L$  na sposób dyfuzji?  $D$

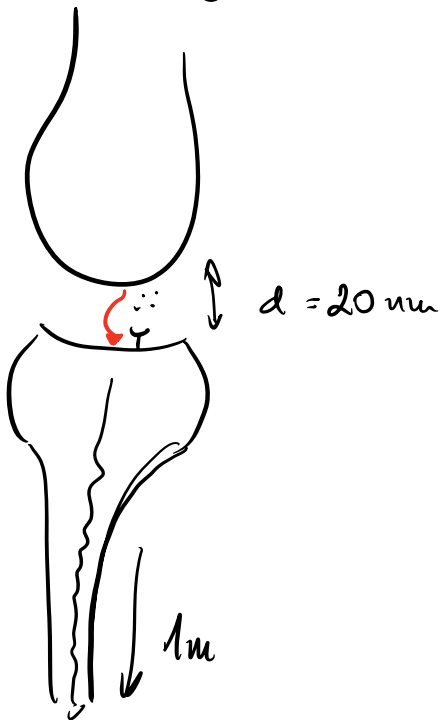
$$t = ?$$

$$\sqrt{\langle x^2 \rangle} = \sqrt{2Dt} = L$$

$$t = \frac{L^2}{2D}$$



Transmisja neuronalna



czas polaryzacji

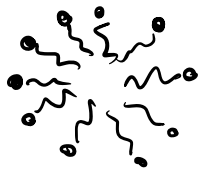
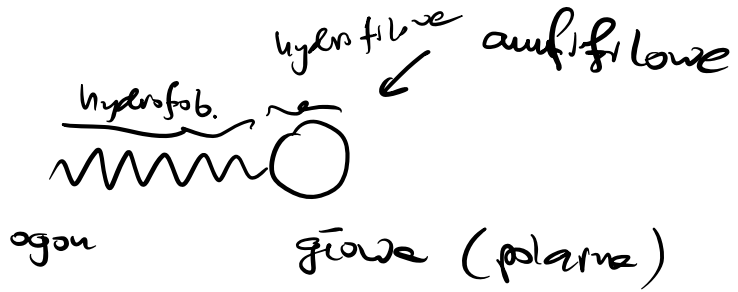
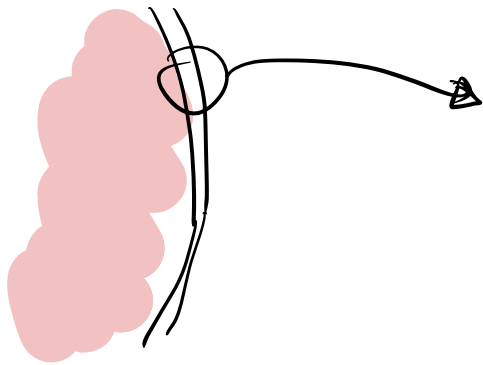
$$t \approx \frac{d^2}{2D} = \frac{(2 \cdot 10^{-8} \text{ m})^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}$$

Przeprowadzenie wzdłuż neurona ( $l = 1 \text{ m}$ )

$$t \approx \frac{(1 \text{ m})^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 2.5 \cdot 10^{10} \text{ s} \approx 80 \text{ lat.}$$

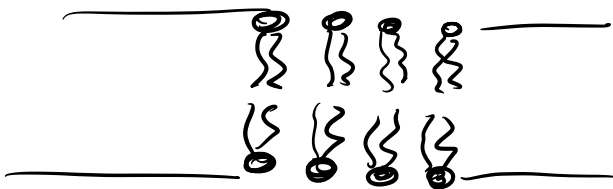
↑  
potrzebny inny mechanizm [delektacyjny]

# TRANSPORT PRZEZ MEMBRANĘ



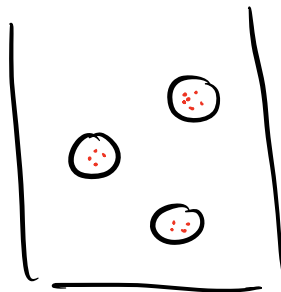
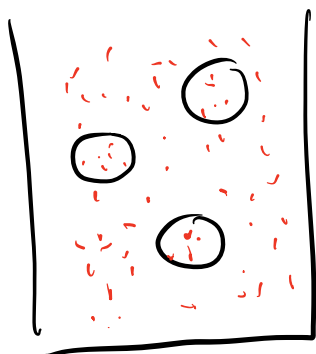
micelle

$d \sim 3 \div 50 \text{ nm}$

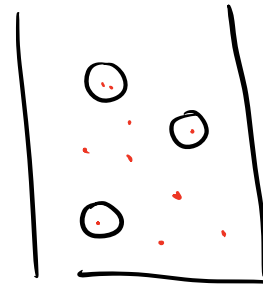


(płaskie warstwy)

Membrany są przepuszczalne. Jak to wygląda?



wolniejszy  
prędkość



obserwowany  
dyfuzja na zewnątrz.

Składowa dyfuzji:

$$J = -D_m \nabla c$$

$D_m$  - zależy od ciekłości i membrany

$$D_m < \frac{k_B T}{6\pi\mu a}$$

$$J = -D \frac{\Delta c}{\Delta x} = -P \Delta c \quad P = \frac{D_m}{\Delta x}$$

$P$  - przepuszczalność membrany  $\left[ \frac{m}{s} \right]$

$\Delta x = 4 \mu m$ , woda  $P = 1.6 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s}$

$$D_m = P \Delta x = 1.6 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s} \cdot 4 \cdot 10^{-9} m = 6.4 \cdot 10^{-14} \frac{m^2}{s}$$

$$D = \frac{k_B T}{6\pi\mu a} \approx 10^{-10} \div 10^{-11} \quad \text{sztywna swobodna}$$

msto!

TRANSPORT PRZEZ BŁONĘ

↳ BIERNY (PASYWNY) ①

↳ CZYNNY (AKTYWNY) ②

① Transport bierny.

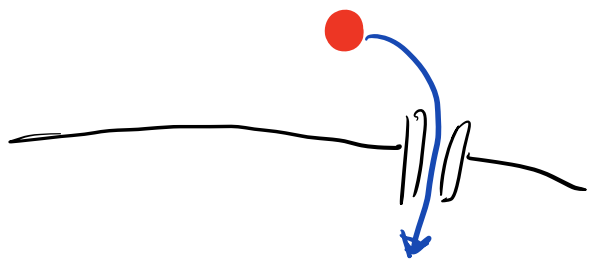
- zgodnie z gradientem stężeń
- spontanicznie
- bez udziału energii

Ⓐ Dyfuzja prosta

Ⓑ Dyfuzja ułatwiona

- podlega prawu ugięciu dośrodkowemu błękitu
- kanały transportowe (specyficzne)

b.1 Kanały jonowe (białka kanałowe)



• Kanał jonowy - białko, tworzy porę w membranie

• Branżowanie (otwarty/zamknięty)

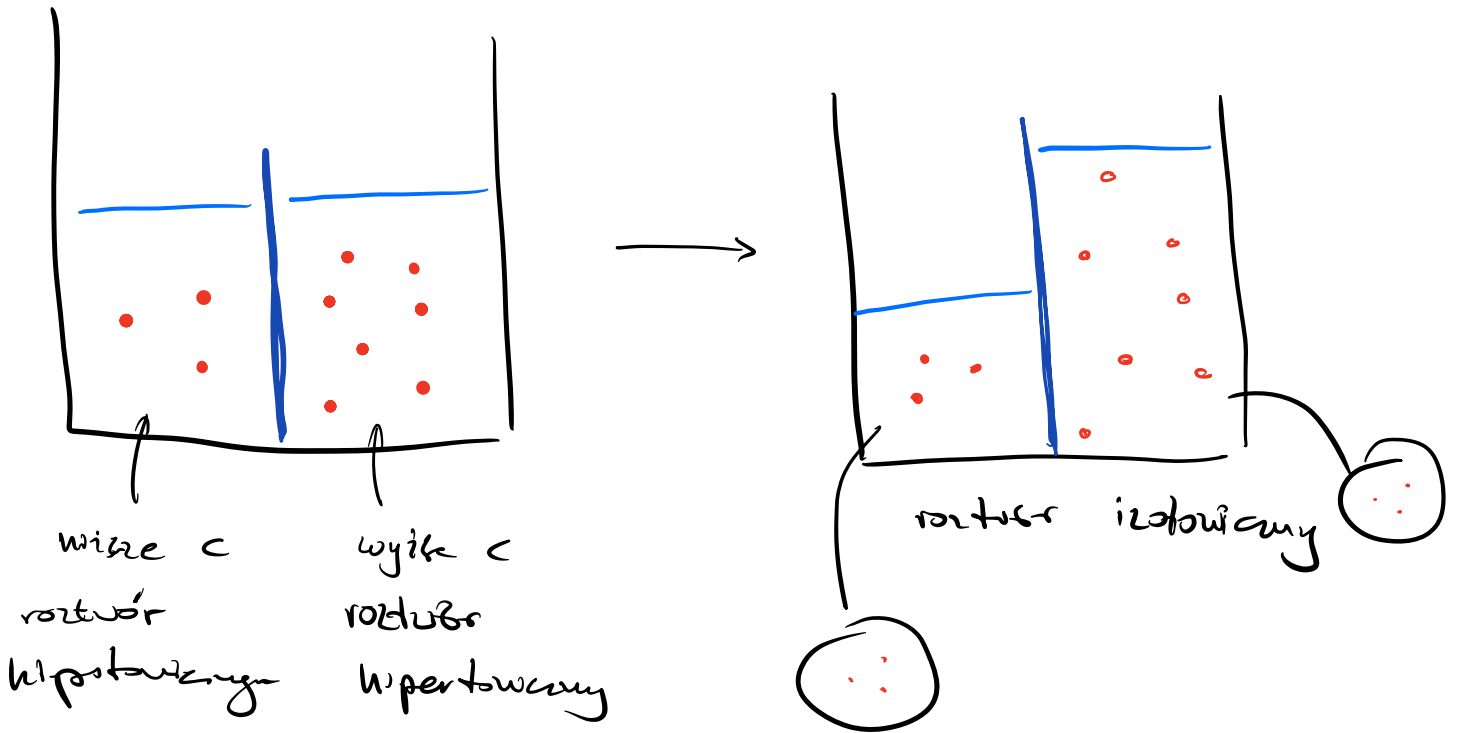
Pracę polimerizacji otwarcie kontrolowane przez:

- napięcie (potencjał błonowy)
- ligandem (związki określonej cykliczności)
- stresem (siła mechaniczna przyciąga do kanału)

b.2 Przenośniki białkowe (carrier proteins)

- selektywny transport substancji (wspierają cykliczność)
- mogą być pasywne lub aktywne

Osmoza - dyfuzja w obecności półprzepuszczalnej membrany

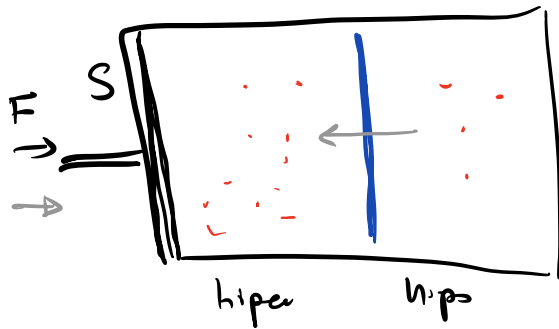


Ciepłota osmotyczna

↓  
ciężenie, które trzeba przyłożyć, żeby powstrzymać przepływ osmotyczny

$$\pi = c R T$$

↑  
stała gazowa  
p. 31  $\frac{J}{mol K}$



$$P = \frac{F}{S} = \pi$$

brak przepływu przez membranę.