Orvosi Biofizika II.

4. előadás: Diffúzió, Brown-mozgás, Ozmózis

2018. Február 28.

Veres Dániel

Diffúzió?

Minek?

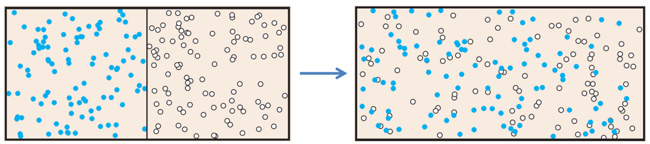
- élettan: sejtműködés - ionok diffúziója…
- betegségek: fibrózis, ödéma, vaszkulitisz, ascites…
- diagnosztika: DWI MRI…
- terápia: dialízisek….
- gyógyszerek: transzdermális (liposzómák), inhalációs

…….

Diffúzió?

Mi a diffúzió?

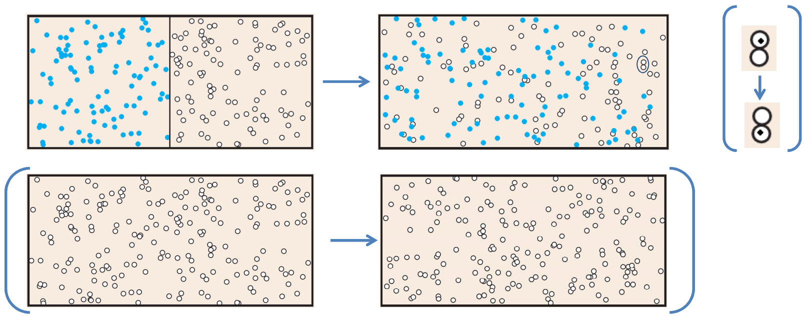
A **véletlenszerű hőmozgás** következtében az egyes részecskék térbeli eloszlásváltozásának folyamata. Anyagáramlás történik.



Diffúzió?

Mi a diffúzió?

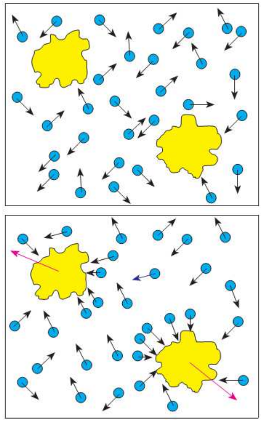
A **véletlenszerű hőmozgás** következtében az egyes részecskék térbeli eloszlásváltozásának folyamata. **Anyagáramlás** történik.



Számunkra legtöbbször lényeges: „A” anyag „B”-ben NETTÓ anyagtranszportja.

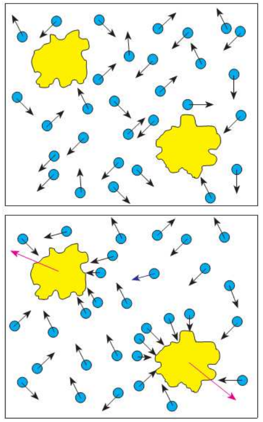
Brown-mozgás

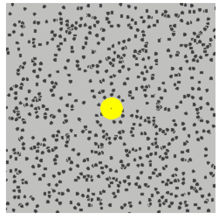
A részecske „bolyongó” mozgása más részecskékkel való véletlen ütközések következménye.

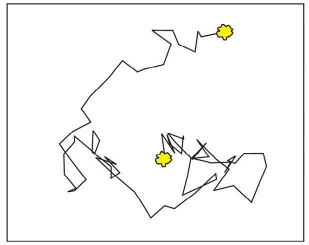


Brown-mozgás

A részecske „bolyongó” mozgása más részecskékkel való véletlen ütközések következménye.

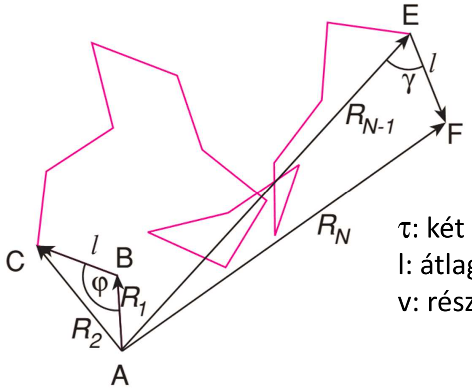






- l: átlagos szabad úthossz
- v: részecske átlagsebessége
- τ: két ütközés között eltelt átlagos idő

Milyen messzire jut el egy $\overline{\text{részecske}}$?

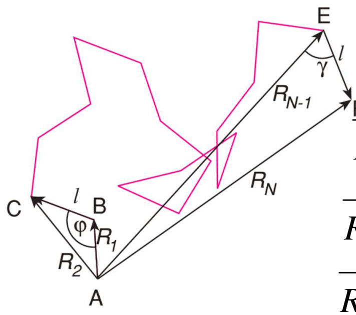


τ: két ütközés között eltelt átlagos idő
l: átlagos szabad úthossz
v: részecske átlagsebessége

Egy részecske: $R_2^{\,2} = R_1^{\,2} + l^2 - 2 \cdot R_1 \cdot l \cdot \cos\varphi$

Egy átlagos részecske (n részecske átlaga): $\overline{R_2^{\,2}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(R_1^{\,2} + l^2 - 2 \cdot R_1 \cdot l \cdot \cos\varphi_i \right)$

Milyen messzire jut el egy részecske?



$$\overline{R_2^{\,2}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(R_1^{\,2} + l^2 - 2 \cdot R_1 \cdot l \cdot \cos\varphi_i \right)$$

$$\overline{R_2^{\,2}} = \frac{1}{n} \cdot n \cdot \left(R_1^{\,2} + l^2 \right) - 2 \cdot R_1 \cdot l \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(\cos\varphi_i \right)$$

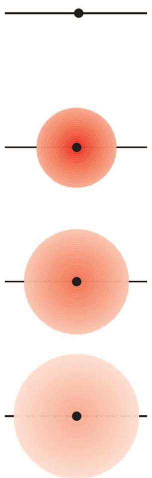
$$\overline{R_2^{\,2}} = R_1^{\,2} + l^2 = l^2 + l^2 = 2 \cdot l^2$$

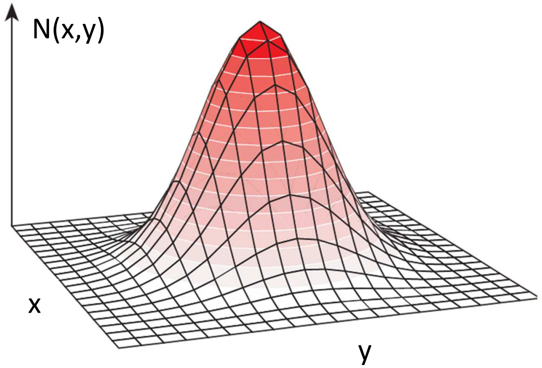
$$\overline{R_N^{\,2}} = N \cdot l^2$$

$$\overline{R_t} = \sqrt{N \cdot l^2} = \sqrt{\frac{t}{\tau} \cdot l \cdot l} = \sqrt{t \cdot v \cdot l} = \sqrt{3 \cdot D \cdot t}$$

$$\frac{v \cdot l}{3} = D$$

Részecskék síkbeli eloszlása - Kísérlet





$$\sigma \sim \sqrt{D\cdot t}$$

Diffúzió „eredménye” - Anyagáramlás

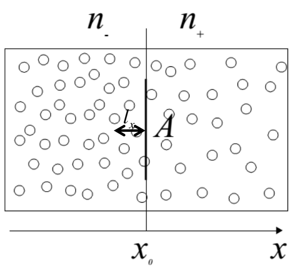
Részecske-áramerősség: $I_N = \frac{\Delta N}{\Delta t}; \left[\frac{1}{s}\right]$

Részecske-áramsűrűség: $J_N = \frac{\Delta I_N}{\Delta A}; \left[\frac{1}{m^2\cdot s}\right]$

Anyag-áramerősség: $I_\nu = \frac{\Delta \nu}{\Delta t}; \left[\frac{mol}{s}\right]$

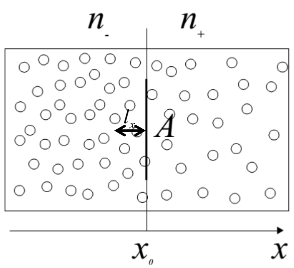
Anyag-áramsűrűség: $J_\nu = \frac{\Delta I_\nu}{\Delta A}; \left[\frac{mol}{m^2\cdot s}\right]$

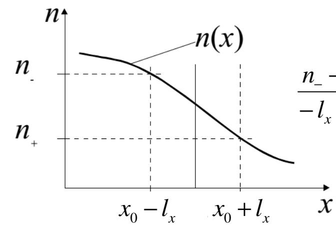
Fick I. törvénye



$$\Delta N = N_- - N_+ = \frac{1}{2}\cdot V_t\cdot(n_- - n_+) = \frac{1}{2}\cdot \overbrace{v_x\cdot\Delta t}^{l_x}\cdot A\cdot(n_- - n_+)$$

Fick I. törvénye

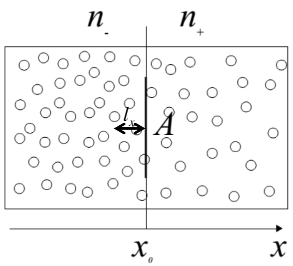


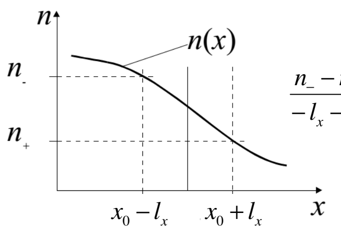


$$\frac{n_- - n_+}{-l_x - l_x} = \frac{\Delta n}{\Delta x}$$

$$\Delta N = N_- - N_+ = \frac{1}{2}\cdot V_t\cdot(n_- - n_+) = \frac{1}{2}\cdot \overbrace{v_x\cdot\Delta t}^{l_x}\cdot A\cdot(n_- - n_+)$$

Fick I. törvénye





$$\frac{n_- - n_+}{-l_x - l_x} = \frac{\Delta n}{\Delta x}$$

$$\Delta N = N_- - N_+ = \frac{1}{2} \cdot V_t \cdot (n_- - n_+) = \frac{1}{2} \cdot \overbrace{v_x \cdot \Delta t}^{l_x} \cdot A \cdot (n_- - n_+)$$

$$\Delta N = \frac{1}{2} \cdot v_x \cdot \Delta t \cdot A \cdot 2 \cdot l_x \cdot - \frac{\Delta n}{\Delta x}$$

$$v_x \cdot l = D$$

$$J_{Nx} = \frac{1}{2} \cdot v_x \cdot 2 \cdot l_x \cdot - \frac{\Delta n}{\Delta x} = -D \cdot \frac{\Delta n}{\Delta x}$$

$$J_v = -D \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

De nem Δc az igazi „hajtóerő”!

Diffúziós együttható

D megadja az egységnyi idő alatt egységnyi felületen átdiffundált anyag mennyiségét, ha a koncentrációesés is egységnyi.

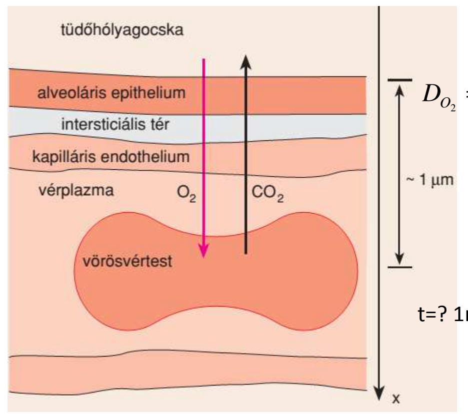
$$D = \frac{v \cdot l}{3}; \left[\frac{m^2}{s}\right]$$

$$D = u \cdot k \cdot T$$

Einstein-Stokes
(gömb alak)

$$D = \frac{k \cdot T}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}$$

DE!
T-vel nem egyenesen arányos



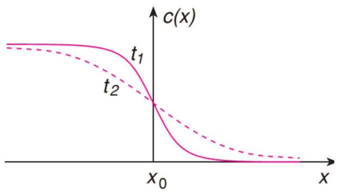
$$D_{O_2} = 1{,}9 \cdot 10^{-9} \frac{m^2}{s}$$

$$t \approx 500 \mu s$$

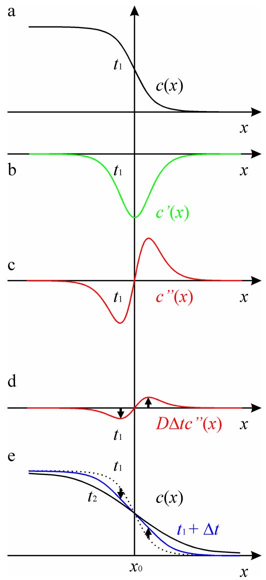
t=? 1m távolságra

Fick II. törvénye

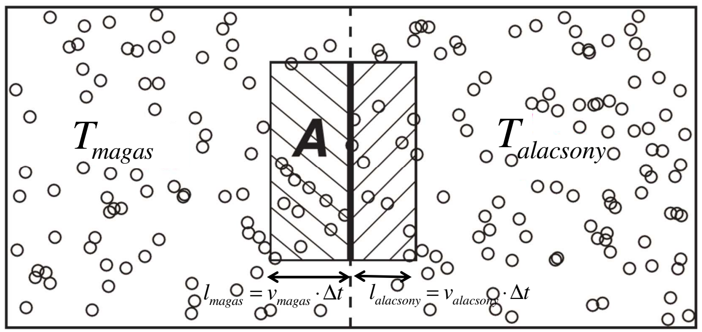
Fick II: koncentrációesés időbeli változása



$$c(t + \Delta t) = c(t) + D \cdot \Delta t \cdot \frac{\Delta\left(\frac{\Delta c}{\Delta x}\right)}{\Delta x}$$



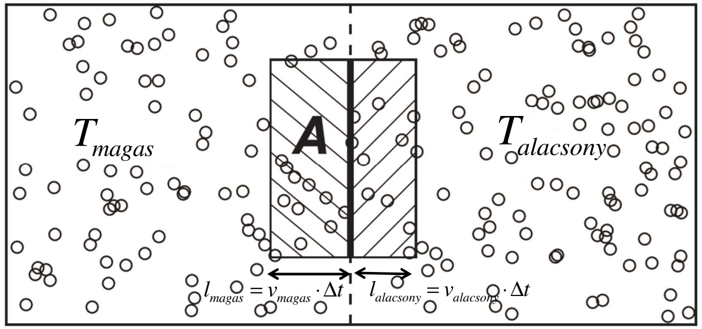
Termodiffúzió



$$T_{magas} > T_{alacsony}$$

$$N_{magas} - N_{alacsony} = \frac{1}{2} \cdot n \cdot \Delta t \cdot A \cdot (v_{magas} - v_{alacsony}) = \frac{1}{2} \cdot n \cdot \Delta t \cdot A \cdot (v_{magas} - v_{alacsony}) \cdot \frac{(v_{magas} + v_{alacsony})}{(v_{magas} + v_{alacsony})}$$

Termodiffúzió



$T_{magas} > T_{alacsony}$

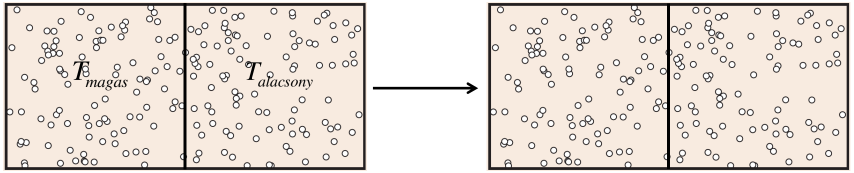
$v = \sqrt{3\cdot\frac{k\cdot T}{m}}$

$$\frac{1}{2}\cdot n\cdot\Delta t\cdot A\cdot\frac{(v_{magas}^2 - v_{alacsony}^2)}{(v_{magas}+v_{alacsony})} = \frac{1}{2}\cdot n\cdot\Delta t\cdot A\cdot\frac{\left(\frac{3\cdot k\cdot T_{magas}}{m} - \frac{3\cdot k\cdot T_{alacsony}}{m}\right)}{2\cdot v_{átlag}}$$

$$\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{n\cdot\Delta t\cdot A\cdot 3\cdot k}{m\cdot 2\cdot v_{átlag}}\right)\cdot(T_{magas}-T_{alacsony})$$

$J_v = -L_T\cdot\frac{\Delta T}{\Delta x}$ (Ludwig-Soret effektus)

Hővezetés



$T_{bal} > T_{jobb}$ $\quad \Delta N = N_{magas} - N_{alacsony} = 0$

$N_{magas} = N_{alacsony}$

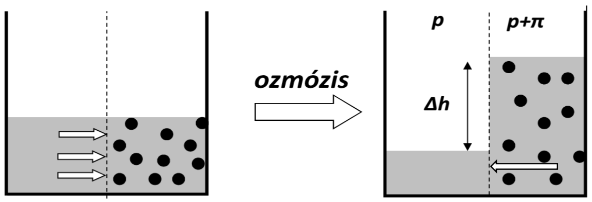
Energia-áramsűrűség $\quad \bar{\varepsilon} = \frac{3}{2}\cdot k\cdot T$

$$J_v = \frac{\Delta E}{A\cdot\Delta t} = \frac{N_{magas}\cdot\frac{3}{2}\cdot k\cdot\left(T_{magas} - T_{alacsony}\right)}{A\cdot\Delta t} = -\lambda\cdot\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

(Fourier)

Ozmózis

Diffúzió útján történő egyirányú OLDÓSZER áramlás



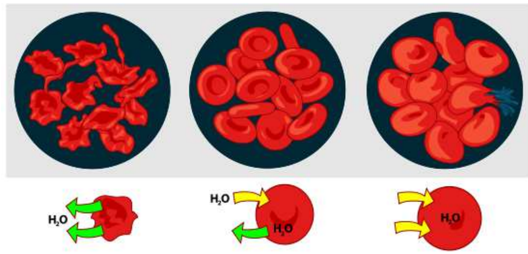
OLDÓSZER koncentrációkülönbsége

Hidrosztatikai nyomás (ozmózisnyomás)

$$p_{osm} = \pi = c_{oldott}\cdot R\cdot T$$

Ozmotikus koncentráció (ekvivalens ozmotikus nyomás, „ozmolaritás”): heterogén oldatrendszerrel egyensúlyban levő oldat koncentrációja. Mértékegysége: mOsm/l, mOsm, mmol/l, mmol/kg, (*Osm:* osmol)

Ozmózis orvosi jelentősége



Vérplazma ozmotikus nyomása: kb. 300mOsm/l

Izotóniás oldatok:
„fizsó”: 0,9% (w/v) NaCl – 58,44g/mol…
d5W: 5% (w/v) glükóz – 278mOsm/l
Ringer-laktát