Orvosi Biofizika II.

3. előadás: Diffúzió, Brown-mozgás, Ozmózis

2017. Február 15.

Veres Dániel

Diffúzió?

Minek?

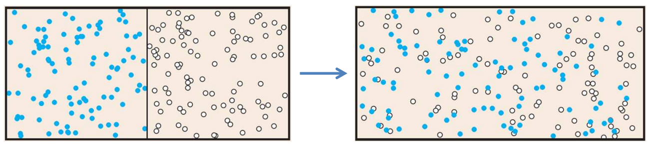
- élettan: sejtműködés - ionok diffúziója…
- betegségek: fibrózis, ödéma, vaszkulitisz, ascites…
- diagnosztika: DWI MRI…
- terápia: dialízisek….
- gyógyszerek: transzdermális (liposzómák), inhalációs

…….

Diffúzió?

Mi a diffúzió?

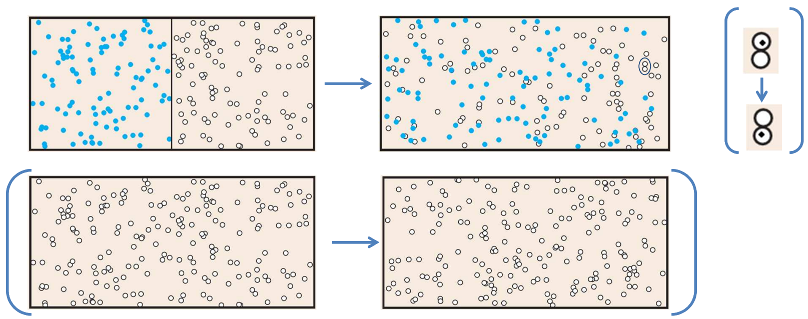
A **véletlenszerű hőmozgás** következtében az egyes részecskék térbeli eloszlásváltozásának folyamata. Anyagáramlás történik.



Diffúzió?

Mi a diffúzió?

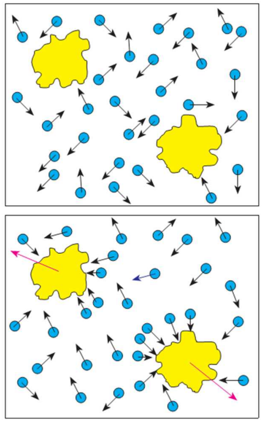
A **véletlenszerű hőmozgás** következtében az egyes részecskék térbeli eloszlásváltozásának folyamata. Anyagáramlás történik.



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

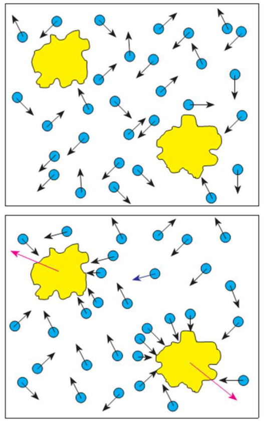
Brown-mozgás

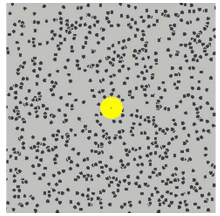
A részecske „bolyongó” mozgása más részecskékkel való véletlen ütközések következménye.

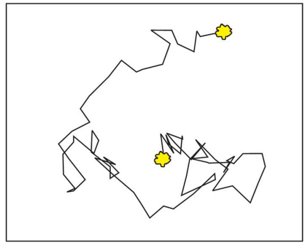


Brown-mozgás

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

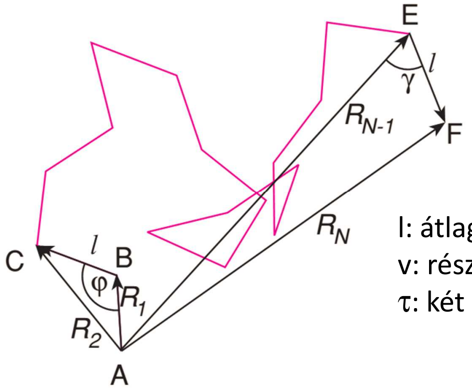






- l: átlagos szabad úthossz
- v: részecske átlagsebessége
- τ: két ütközés között eltelt átlagos idő

Milyen messzire jut el egy részecske?

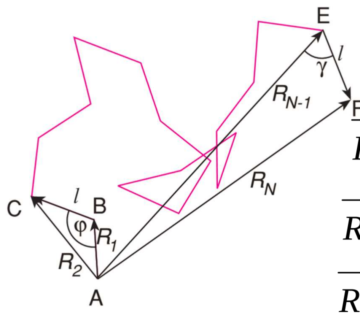


l: átlagos szabad úthossz
v: részecske átlagsebessége
τ: két ütközés között eltelt átlagos idő

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?



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

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

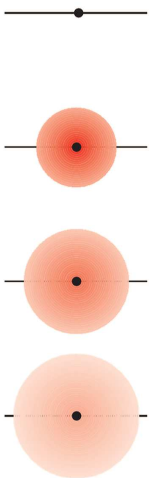
$$\overline{R_2^2} = R_1^2 + l^2 = l^2 + l^2 = 2\cdot l^2$$

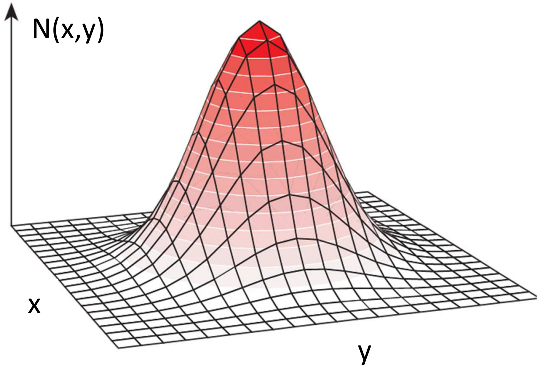
$$\overline{R_N^2} = N\cdot l^2$$

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

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

Részecskék síkbeli eloszlása - Kísérlet





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

Diffúzió „eredménye” - Anyagáramlás

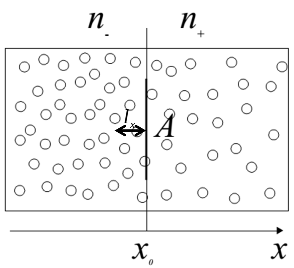
Részecske-áramerősség: $I_N = \frac{\Delta N}{\Delta t};\left[\frac{1}{s}\right]$

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

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

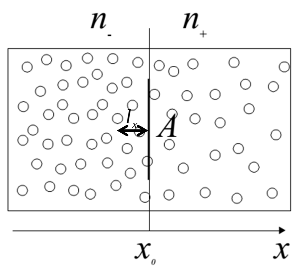
Anyag-áramsűrűség: $J_\nu = \frac{\Delta I_\nu}{\Delta A};\left[\frac{mol}{m^2 \cdot s}\right]$

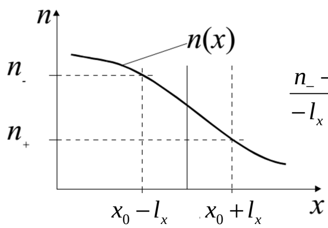
Fick I. törvénye



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

Fick I. törvénye

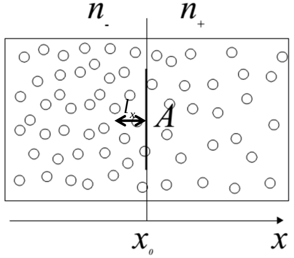


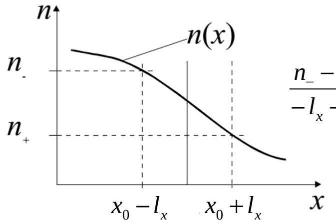


$$\frac{n_- - n_+}{-l_x - l_x} = \frac{\Delta n}{\Delta x}$$

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

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.

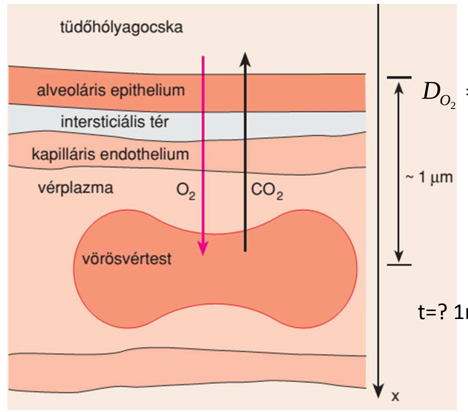
$$D = \frac{v \cdot l}{3}; \left[\frac{m^2}{s}\right]$$

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

Einstein-Stokes (gömb alak)

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

DE!
T-vel nem egyenesen arányos



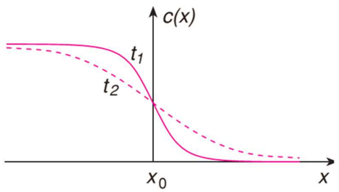
$$D_{O_2} = 1{,}9 \cdot 10^{-9}\,\frac{m^2}{s}$$

$$t \approx 500\,\mu s$$

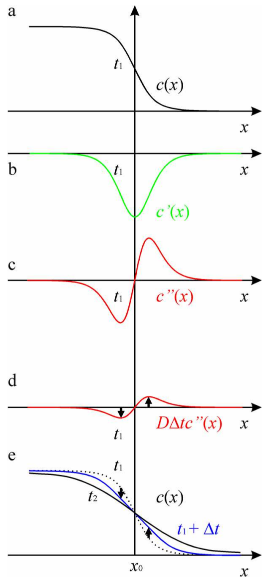
t=? 1m távolságra

Fick II. törvénye

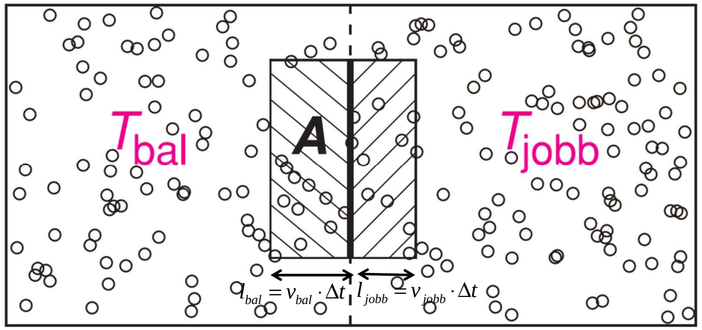
Fick II: koncentrációesés időbeli változása



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



Termodiffúzió



$$T_{bal} > T_{jobb}$$

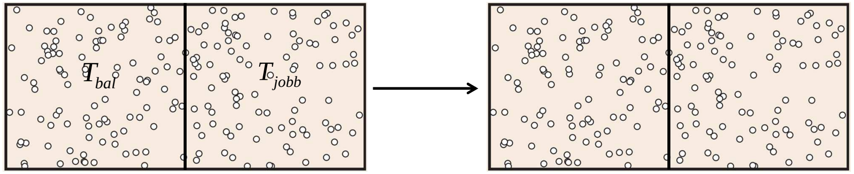
$$\Delta N = N_{bal} - N_{jobb} = \frac{1}{2}\cdot n \cdot \Delta t \cdot A \cdot (v_{bal} - v_{jobb})$$

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

$$J_v = -L_T \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

(Ludwig-Soret effektus)

Hővezetés



$T_{bal} > T_{jobb}$ $\qquad \Delta N = N_{bal} - N_{jobb} = 0$

$$N_{bal} = N_{jobb}$$

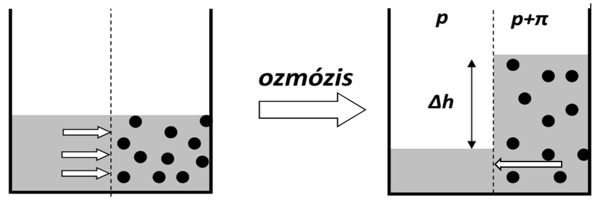
Energia-áramsűrűség $\qquad \bar{\varepsilon} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T$

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

(Fourier)

Ozmózis

Diffúzió útján történő egyirányú OLDÓSZER áramlás



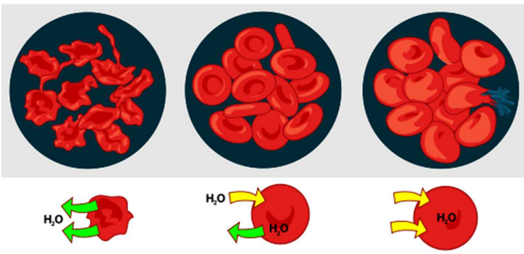
OLDÓSZER koncentrációkülönbsége

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: mmol/kg, *mOsm* (milliosmol)

Ozmózis orvosi jelentősége



Vérplazma ozmotikus nyomása: kb. 300mOsm

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