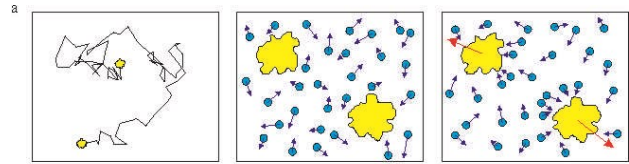


1

A Brown mozgás és a molekuláris hőmozgás



b



„egyenletes eloszlásra való törekvés”, **diffúzió**



3

Összefoglalás

	Mi áramlik?	Erőssége?	Mi hajtja az áramlást?	Összefüggés?
töltés-transzport	q	$J_q = \frac{\Delta q}{A \cdot \Delta t}$	φ	$J_q = -\sigma \frac{\Delta \varphi}{\Delta l}$
térfogat-transzport	V	$J_V = \frac{\Delta V}{A \cdot \Delta t}$	p	$J_V = -\frac{r^2}{8\eta} \frac{\Delta p}{\Delta l}$
anyag-transzport	v	$J_v = \frac{\Delta v}{A \cdot \Delta t}$	c	$J_v = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$

2

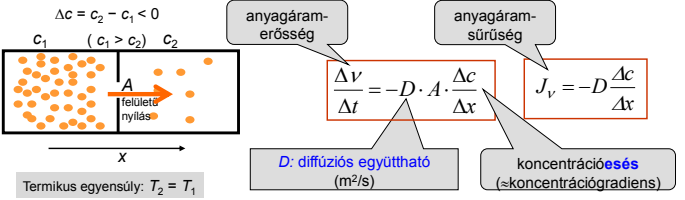
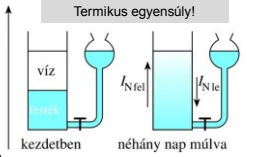
Diffúzió – alapfogalmak és Fick 1. törvénye

anyagáram-erősség (I_v):

$$I_v = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{mol/s})$$

anyagáram-sűrűség (J_v):

$$J_v = \frac{\Delta v}{A \cdot \Delta t} \quad (\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}))$$



4

Diffúziós együttható

diffundáló részecske (mol. tömeg)	közeg	D (m ² /s)
H ₂ (2)	levegő	6,4·10 ⁻⁵
O ₂ (32)	levegő	2·10 ⁻⁵
CO ₂ (44)	levegő	1,8·10 ⁻⁵
H ₂ O (18)	víz	2,2·10 ⁻⁹
O ₂ (32)	víz	1,9·10 ⁻⁹
glicin (75)	víz	0,9·10 ⁻⁹
szérum albumin (69 000)	víz	6·10 ⁻¹¹
tropomioszin (93 000)	víz	2,2·10 ⁻¹¹
dohánymozaik-vírus (40 000 000)	víz	4,6·10 ⁻¹²

$$D = ukT$$

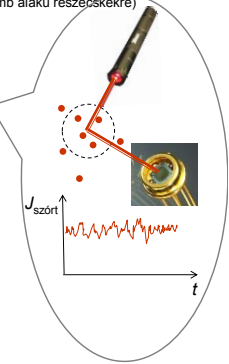
mozgékonyosság, I. Stokes-törvény

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r}$$

Einstein-Stokes összefüggés
(gömb alakú részecskékre)

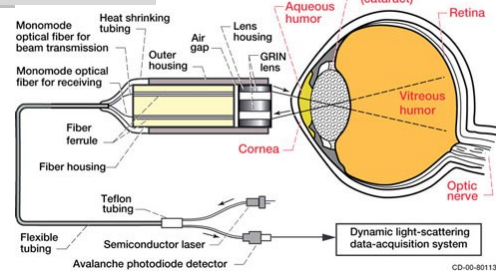
D mérése pl.:

- dinamikus fényszórás
- fluoreszcencia
- fényabszorpció
- elektr. vezetőképesség



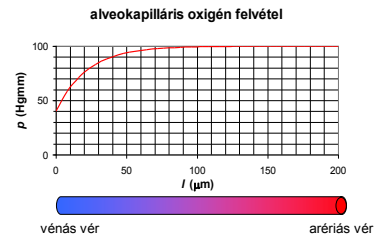
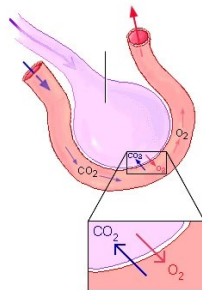
5

Két példa:



7

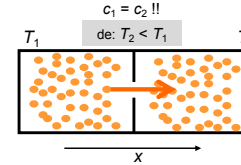
Fick 1. törvényének egy alkalmazása



Excel

6

És ha nincs termikus egyensúly? Kémiai potenciál!



Hőmérsékleti különbségek is okozhatnak diffúziót. A diffúzió leírásához általános esetben olyan mennyiségre van szükségünk, amely a koncentrációt és a hőmérsékletet is magában foglalja.

Kémiai potenciál

 C_0

μ_0
kémiai
normálpotenciál

 C

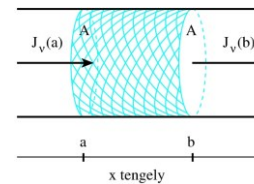
$$\mu = \mu_0 + RT \ln \frac{C}{C_0} \quad \left[\text{Ha } C_0 \approx 1 \text{ mol/l, akkor } \mu = \mu_0 + RT \ln C \right]$$

$$[\mu] = \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

A diffúzió hajtóereje általánosan: $-\frac{\Delta\mu}{\Delta x}$

8

Általánosított kontinuitási egyenlet és Fick 2. törvénye



Kontinuitási egyenlet:

$$J_v(a)A - J_v(b)A = 0$$

Általánosított kontinuitási egyenlet:

$$[J_v(x)A - J_v(x + \Delta x)A]\Delta t = [c(t + \Delta t) - c(t)]A\Delta x$$

$$-\frac{\Delta J_v}{\Delta x} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Fick 2. törvénye:

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

$$\text{Más alak: } D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{\partial c}{\partial t}$$

9

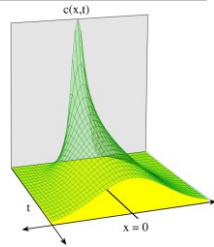
Fick 2. törvényének megoldása egyes esetekre

Egydimenziós diffúzió:

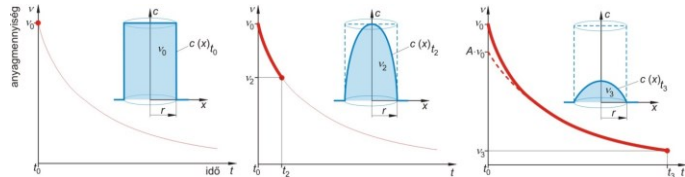
anim

$$c(x) = \frac{c_0 \Delta x}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}}$$

$$\sigma_x = \sqrt{2Dt}$$



I. még „Diffúzió” c. gyakorlat:



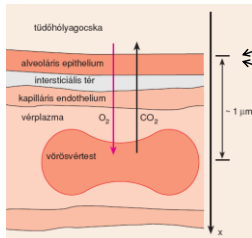
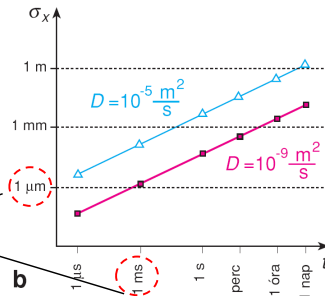
11

Diffúzió mint véletlen bolyongás



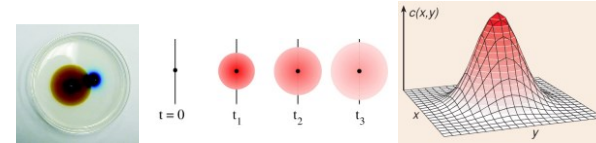
$\sigma = ?$

$$\sigma \approx \sqrt{2D \cdot t}$$

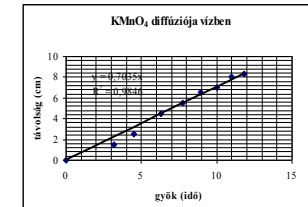
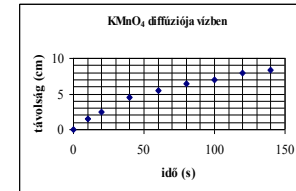


10

Kétdimenziós diffúzió:



Kísérlet:

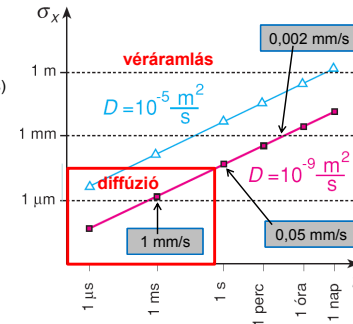


12

Melyik a „gyorsabb” transzport? Véráramlás ↔ diffúzió?

ér	kapillárisok
A (cm ²)	4500
v (cm/s)	0,022

(= 0,22 mm/s)



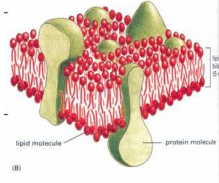
- kb. 100 μm alatt: diffúzió
- felett: véráramlás

Legalábbis O₂ transzportjára!

13

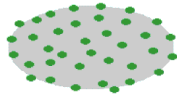
Laterális diffúzió biológiai membránokban

- kétdimenziós diffúzió
- biológiai jelentőség



Egy mérési technika:

Fluoreszcensen jelzett antitestek



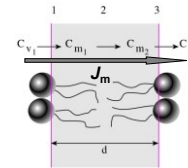
Mouse Cell
Time after fusion 0:00
Human Cell

0:00

14

Diffúzió membránon keresztül (passzív transzport)

semleges molekulák



$$J_m = -D_m \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x} = -D_m \cdot \frac{c_{m2} - c_{m1}}{d}$$

$$c_{m1} = K \cdot c_{v1}$$

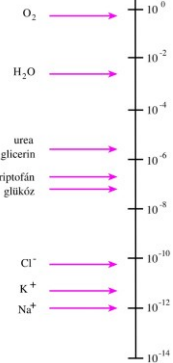
$$c_{m2} = K \cdot c_{v2}$$

$$J_m = -D_m \cdot K \cdot \frac{c_{v2} - c_{v1}}{d} = -p(c_{v2} - c_{v1})$$

$$J_m = -p(c_{v2} - c_{v1})$$

permeabilitási állandó (m/s)

permeabilitás (cm/s)

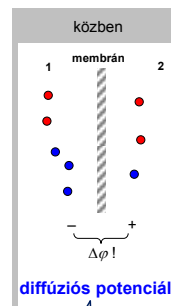
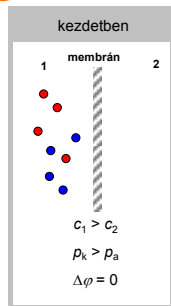


15

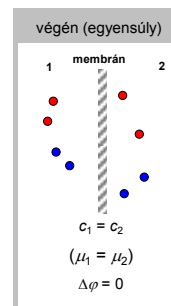
Ionok diffúziója membránon keresztül (passzív transzport)

egyértékű ionok: ● kation (k) ● anion (a)

1. speciális eset: $p_k > p_a$



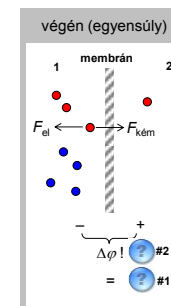
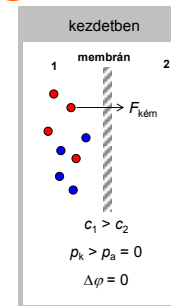
időleges



16

egyértékű ionok: ● kation (k) ● anion (a)

2. speciális eset: $p_k > p_a = 0$



#1

elektrokémiai potenciál (J/mol):

$$\mu_e = \mu + F \cdot \varphi$$

egyensúly: $\mu_{e1} = \mu_{e2}$

#2

Nernst-egyenlet:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{RT}{F} \ln \frac{c_2}{c_1}$$