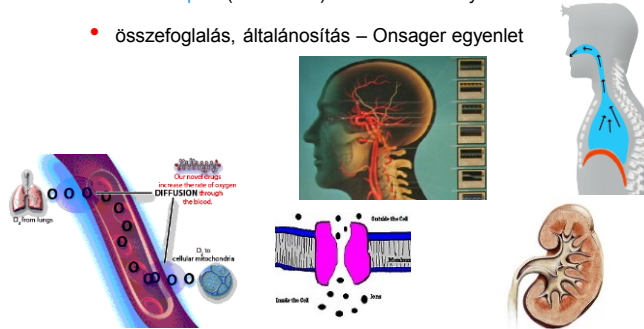


1

Transzportfolyamatok

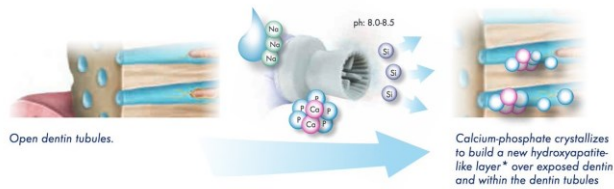
- térfogattranszport (áramlás) – Hagen–Poiseuille-törvény
- (elektromos) töltéstranszport (elektr. áram) – Ohm-törvény
- anyagtranszport (diffúzió) – Fick 1. törvénye
- hőtranszport (hővezetés) – Fourier-törvény
- összefoglalás, általánosítás – Onsager egyenlet



3

Példák a fogorvosi jelentőségre:

Fogzománc de- és remineralizációja (szuvasodás kezdeti lépése, ill. megállítása)



1. pH elevation:
Reacts with saliva:
Na ions released:
pH level elevated to
range essential for
HA formation.

2. Mineral release
Bioavailable Ca^{2+}
and P^{5+} ions
released, increasing
their concentration
in saliva.

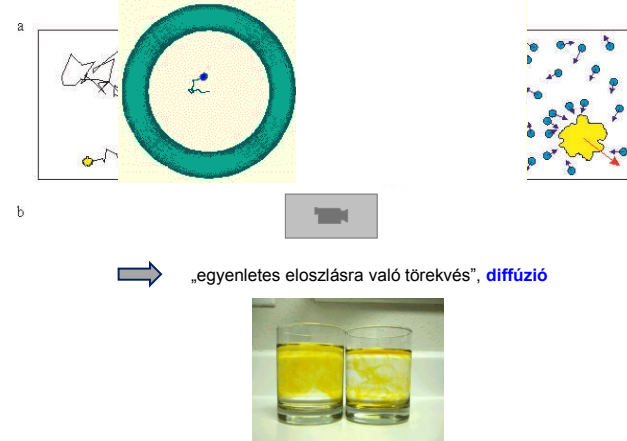
3. Crystal Building Ca^{2+}
and P^{5+} ions interact with
demineralized dentin
to build new HA like
crystals and occlude
dentin tubules.



* Protective layer that
is naturally built by
saliva, structurally
and chemically
similar to natural
tooth mineral²

2

A Brown mozgás és a molekuláris hőmozgás

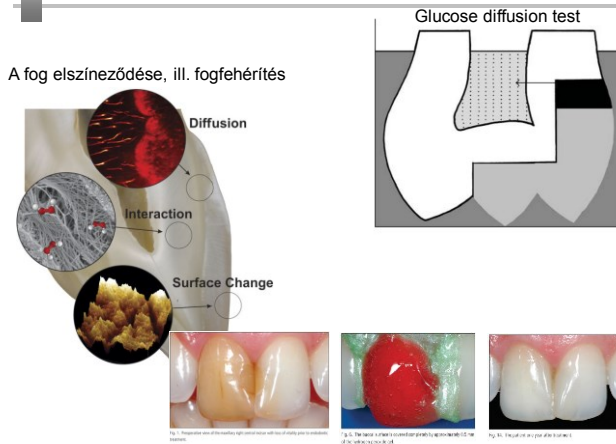


„egyenletes eloszlásra való törekvés”, **diffúzió**



4

A fog elszíneződése, ill. fogfehérítés



5

Diffúzió – alapfogalmak és Fick 1. törvénye

anyagáram-erősség (I_v):

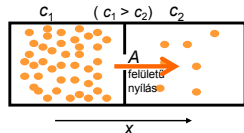
$$I_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (\text{mol/s})$$

anyagáram-sűrűség (J_v):

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

Fick 1. törvénye:

Termikus egyensúly: $T_2 = T_1$!



$$\Delta c = c_2 - c_1 < 0$$

anyagáram-erősség

$$I_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = -D \cdot A \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

D : diffúziós együttható (m²/s)

koncentrációesés
(\approx koncentrációgradiens)

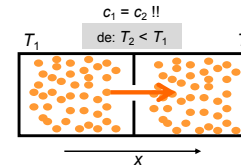
anyagáram-sűrűség

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



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

referencia oldat



μ_0

kémiai
normálpotenciál



c

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

$$\mu = \mu_0 + RT \ln \frac{c}{c_0} \quad \left[\text{Ha } c_0 = 1 \text{ mol/l, akkor } \mu = \mu_0 + RT \ln c \right]$$

- A kémiai potenciál mértékegysége: $\frac{\text{J}}{\text{mol}}$
- A kémiai potenciál szemléletes jelentése: megmutatja, hogy mennyivel nő egy rendszer belső energiája, ha benne az adott anyag mennyisége 1 móllal emelkedik.

7

Összefoglalás

	Mi áramlik?	Erőssége?	Mi hajtja az áramlást?	Összefüggés?
töltés-transzport	q	$J_q = \frac{\Delta q}{A \cdot \Delta t}$	φ	$-\frac{\Delta \varphi}{\Delta l}$
térfogat-transzport	V	$J_V = \frac{\Delta V}{A \cdot \Delta t}$	p	$-\frac{\Delta p}{\Delta l}$
anyag-transzport	v	$J_v = \frac{\Delta v}{A \cdot \Delta t}$	termikus egyensúlyban: c $-\frac{\Delta c}{\Delta x}$ (általánosabban: μ $-\frac{\Delta \mu}{\Delta x}$)	$-\frac{\Delta c}{\Delta x}$

8

Diffúziós együttható

$$D = ukT$$

mozgékonyosság, I. Stokes-törvény

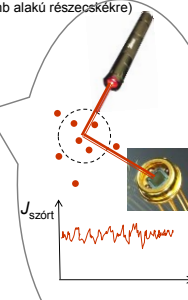
$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r}$$

Einstein-Stokes összefüggés

(gömb alakú részecskékre)

D mérése pl.:

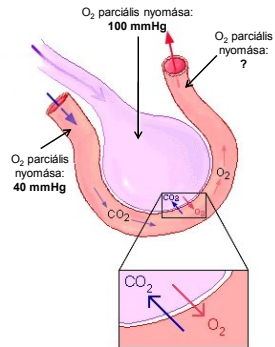
- dinamikus fényszórás
- fluoreszcencia
- fényabszorpció
- elekt. vezetőképesség



9

Fick 1. törvényének egy alkalmazása

Oxigénfelvétel:



Henry-törvény:

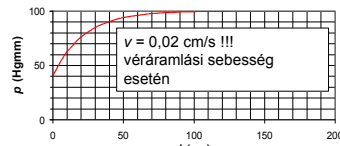
$$c = k_H \cdot p$$

koncentráció a folyadékban

parciális nyomás a gázban

Henry-állandó

alveokapillaris oxigén felvétel



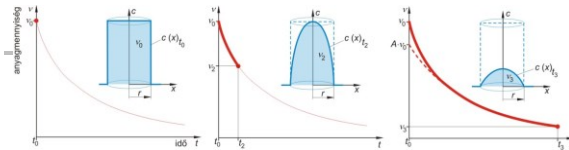
vénás vér

arteriális vér

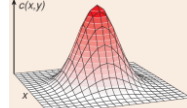
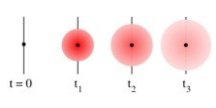
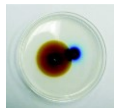
Excel

11

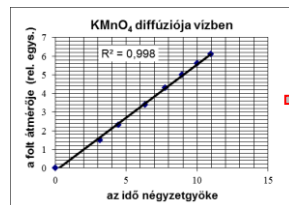
I. még a „Diffúzió” c. gyakorlatot:



Kétdimenziós diffúzió:



Kísérlet:
KMnO₄ diffúziója vízben.



10

Fick 2. törvénye

Példák a megoldásra:

anim

Fick 2. törvénye:

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

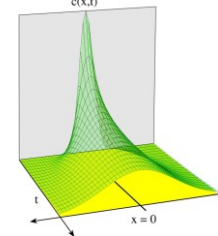
Egy másik alak:

$$D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = \frac{\partial c}{\partial t}$$

Egydimenziós diffúzió:

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

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

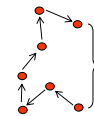


- Másodrendű parciális differenciálegyenlet, amely összeköti a koncentráció (mint a hely és idő függvénye, $c(x, t)$) térbeli és időbeli változási gyorsaságait.
- Megoldása a $c(x, t)$ függvény.

Ebből mit kell tudni?

12

Diffúzió mint véletlen bolyongás



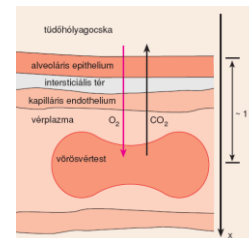
Egy részecske véletlen bolyongása során átlagosan milyen messze kerül a kiinduló ponttól?

$$\sigma = ?$$

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

(Kicsit pontosabban vagy $\sigma \sim \sqrt{3Dt}$ vagy $\sigma \sim \sqrt{2Dt}$.)

Példa: O₂ molekulák diffúziója a szövetekben



$$\sigma = \sqrt{3Dt}$$

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

σ	t	a diffúzió átlagos sebesség
1 μm		
30 μm		
1 cm		
1 m		

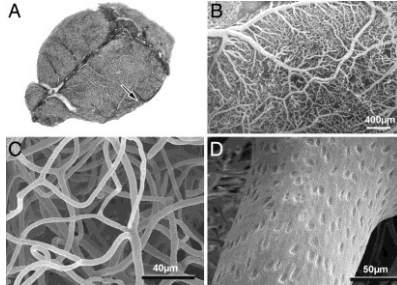
ér	kapillárisok
A (cm ²)	4500
v (cm/s)	0,022 \approx 0,22 mm/s

A véráramlás sebessége:

13

Melyik a „gyorsabb” O₂-transzport? Véráramlás ↔ diffúzió?

- kb. 30 μm alatt: diffúzió
- felett: véráramlás



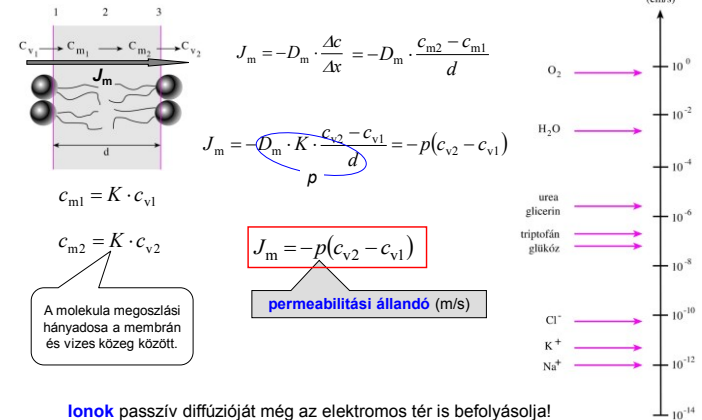
(C) SEM image of cortical capillaries. Capillary diameters range from 4 to 6 μm and intercapillary distances are ≈30 μm.

Altered morphology and 3D architecture of brain vasculature in a mouse model for Alzheimer's disease
Eric P. Meyer, Alexandra Ullmann-Schuler, Matthias Staufenbiel, and Thomas Krucker
PNAS March 4, 2008 105 (9) 3587-3592; <https://doi.org/10.1073/pnas.0709786105>

14

Diffúzió membránon keresztül (passzív transzport!)

semleges molekulák



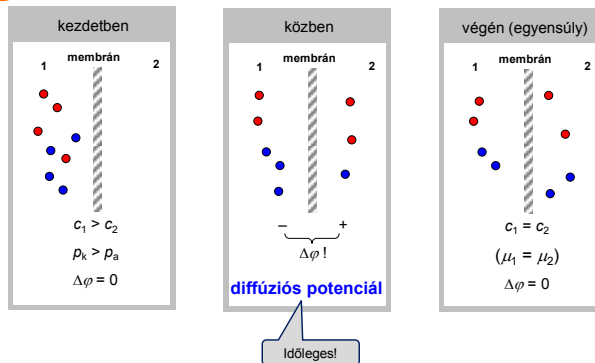
Ionok passzív diffúzióját még az elektromos tér is befolyásolja!

15

Ionok diffúziója membránon keresztül (passzív transzport)

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

1. Speciális eset: $p_k > p_a$



16

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

2. speciális eset: $p_k > p_a = 0$

