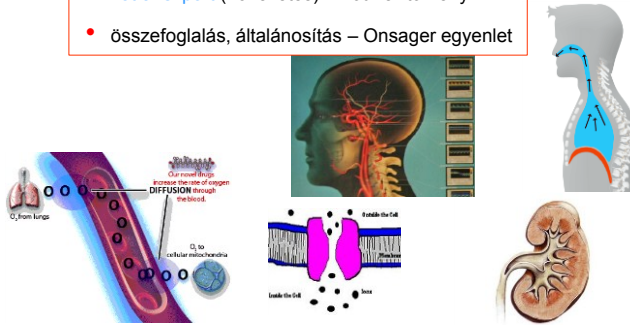


1

Transzportfolyamatok

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



2

A diffúzióról (ismétlés)



„egyenletes eloszlásra való törekvés”

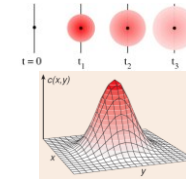
Fick 1. törvénye: $J_v = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$ Termikus egyensúlyban ($T_2 = T_1$)

(És ha nincs termikus egyensúly? Kémiai potenciálgradiens $-\frac{\Delta \mu}{\Delta x}$)

Diffúziós együttható: $D = \frac{kT}{6\pi\eta r}$ (Einstein-Stokes összefüggés)

A diffúzió „sebességéről”

(Fick 2. és a véletlen bolyongás alapján): $\sigma \approx \sqrt{D \cdot t}$

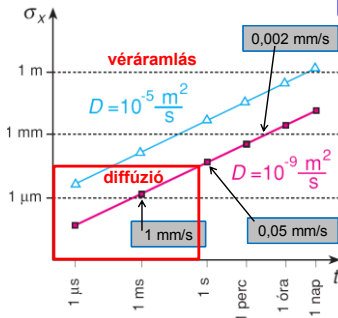


3

Melyik a „gyorsabb” transzport? Véráramlás ↔ diffúzió?

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

(= 0,22 mm/s)



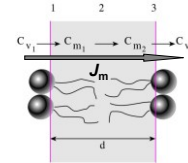
- kb. 100 μm alatt: diffúzió
- felett: véráramlás

Legalábbis O₂ transzportjára!

4

Diffúzió membránon keresztül (passzív transzport)

semleges molekulák



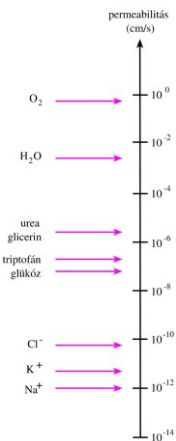
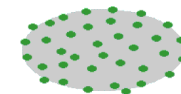
$$J_m = -D \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x} = -D \cdot \frac{c_{m2} - c_{m1}}{d} = -p(c_{v2} - c_{v1})$$

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

permeabilitási állandó (m/s)

Laterális diffúzió:

Fluoreszcensen jelzett antitestek

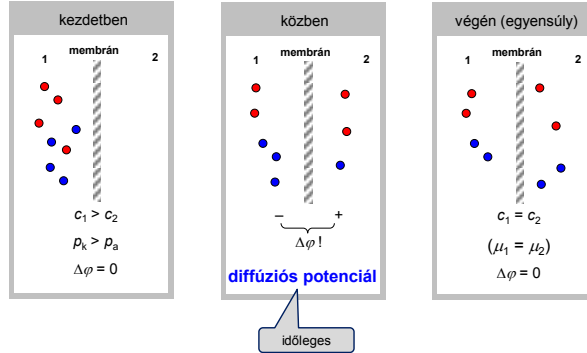


5

Diffúzió membránon keresztül (passzív transzport)

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

1. speciális eset: $p_k > p_a$

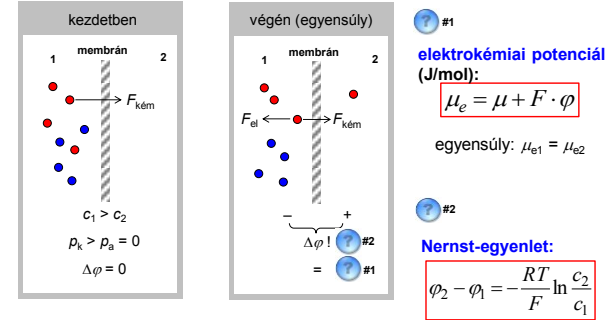


6

Diffúzió membránon keresztül (passzív transzport)

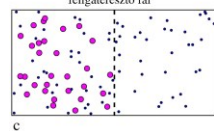
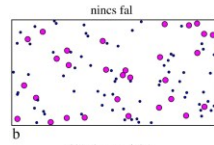
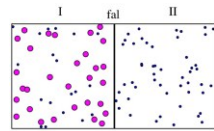
egyértékű ionok: ● kation (k) ● anion (a)

2. speciális eset: $p_k > p_a = 0$



7

Ozmózis

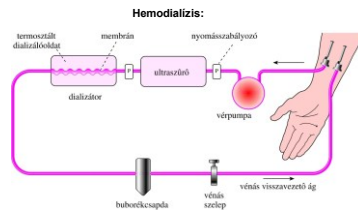


$$p_I = \frac{V_{\text{piros}} + V_{\text{kék}}}{V} RT, \quad p_{II} = \frac{V_{\text{kék}}}{V} RT$$

$$p_{\text{ozmózis}} = \frac{V_{\text{piros}}}{V} RT = c_{\text{piros}} RT$$

Van't Hoff-törvény:

$$p_{\text{ozmózis}} = cRT$$



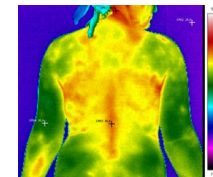
J. H. van't Hoff
1852-1911
kémikus



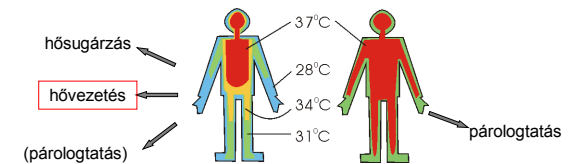
8

Test hőleadása

tevékenység	hő keletkezési ráta (W)
nyugalom	115
lassú séta	260
kerékpározás (15 km/h)	420
lépcsózás (2/s)	700
futás (15 km/h)	1150



környezeti hőmérséklet
20°C → 35°C



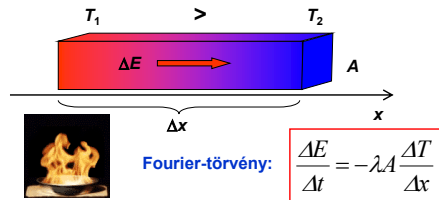
Hővezetés

energiaáram-erősség (I_E): $I_E = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ (J/s)

energiaáram-sűrűség (J_E): $J_E = \frac{\Delta E}{A \cdot \Delta t}$ (J/(m²s) = W/m²)



J. B. J. Fourier
1768-1830
matematikus fizikus



Fourier-törvény:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

λ — hővezető képesség
hővezetési együttható
J/(s·m²·K/m) = W/(m·K)

anyag	λ (W/(m·K))
ezüst	420
üveg	1
víz	0,6
izomszövet	0,4
zsírszövet	0,2
levegő	0,025

Extenzív mennyiség: additív, transzportálódó mennyiség.

Intenzív mennyiség: nem-additív, kiegyenlítő mennyiség.

Egyensúly: nincs transzportfolyamat.

Termodinamika 0. főtétele: egy rendszer akkor és csak akkor van egyensúlyban, ha az intenzív mennyiségek térbeli eloszlása homogén.

Intenzív mennyiségek térbeli eloszlása inhomogén \Rightarrow transzportfolyamat

Transzportfolyamat erőssége és iránya:

$$J = LX$$

Onsager-féle összefüggés

\Rightarrow Irány: homogén eloszlás \Rightarrow irreverzibilitás!

termodinamika 2. főtétele

Összefoglalás

	Mi áramlik?	Erőssége?	Mi hajtja az áramlást?	Összefüggés?	
töltés-transzport	q	$J_q = \frac{\Delta q}{A \cdot \Delta t}$	φ	$-\frac{\Delta \varphi}{\Delta l}$	$J_q = -\sigma \frac{\Delta \varphi}{\Delta l}$
térfogat-transzport	V	$J_V = \frac{\Delta V}{A \cdot \Delta t}$	p	$-\frac{\Delta p}{\Delta l}$	$J_V = -\frac{r^2}{8\eta} \frac{\Delta p}{\Delta l}$
anyag-transzport	v	$J_v = \frac{\Delta v}{A \cdot \Delta t}$	c	$-\frac{\Delta c}{\Delta x}$	$J_v = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$
hő-transzport	E	$J_E = \frac{\Delta E}{A \cdot \Delta t}$	T	$-\frac{\Delta T}{\Delta x}$	$J_E = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$
általános	x_{ext}	$J = \frac{\Delta x_{\text{ext}}}{A \cdot \Delta t}$	y_{int}	$X = -\frac{\Delta y_{\text{int}}}{\Delta x}$	$J = LX$
	extenzív mennyiség	áram-sűrűség	intenzív mennyiség	termodinamikai erő	Onsager-összefüggés

