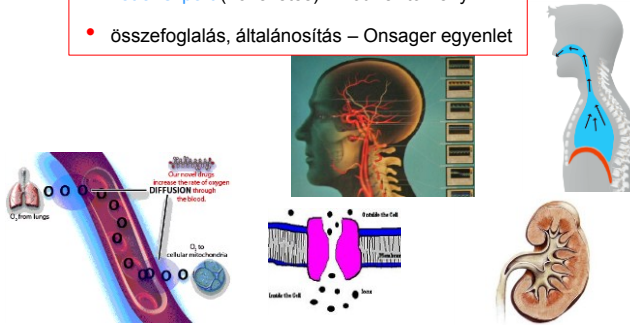


1

Transzportfolyamatok

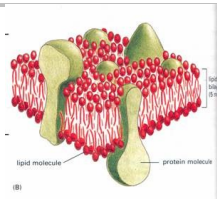
- térfogattranszport (áramlás) – Hagen–Poiseuille-törvény
- (elektromos) töltéstranszport (elektr. áram) – Ohm-törvény
- anyagtranszport (diffúzió) – Fick 1. törvénye
- hőtranszport (hővezetés) – Fourier-törvény
- összefoglalás, általánosítás – Onsager egyenlet



3

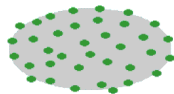
Laterális diffúzió biológiai membránokban

- kétdimenziós diffúzió
- biológiai jelentőség



Egy mérési technika:

Fluoreszcensen jelzett antitestek



Mouse Cell

Time after fusion 0:00

Human Cell

2

A diffúzióról (ismétlés)



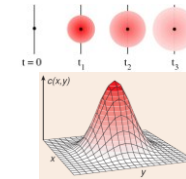
- molekuláris hőmozgás
- „egyenletes eloszlásra való törekvés”
- Fick 1. törvénye: $J_v = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$

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)

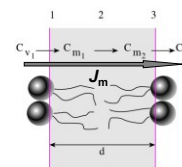
- A diffúzió „sebességéről”
(Fick 2. és a véletlen bolyongás alapján): $\sigma \approx \sqrt{D \cdot t}$



4

Diffúzió membránon keresztül (passzív transzport)

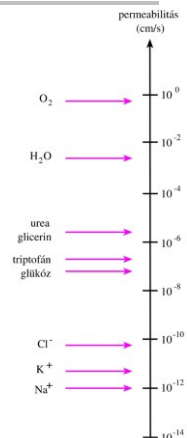
semleges molekulák



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

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

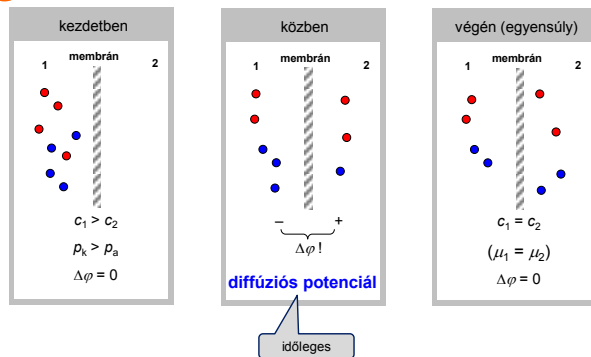
permeabilitási állandó (m/s)



5 Ionok diffúziója membránon keresztül (passzív transzport)

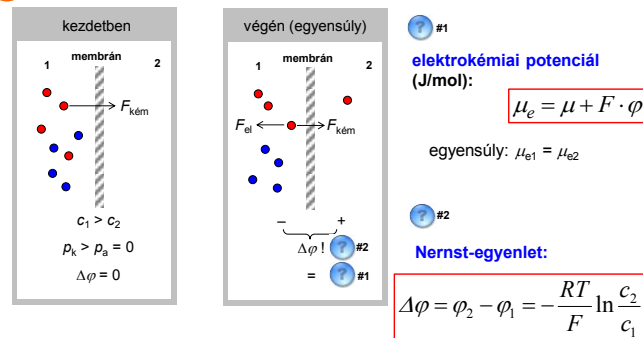
egyértékű ionok: ● kation (k) ● anion (a)

1. speciális eset: $p_k > p_a$



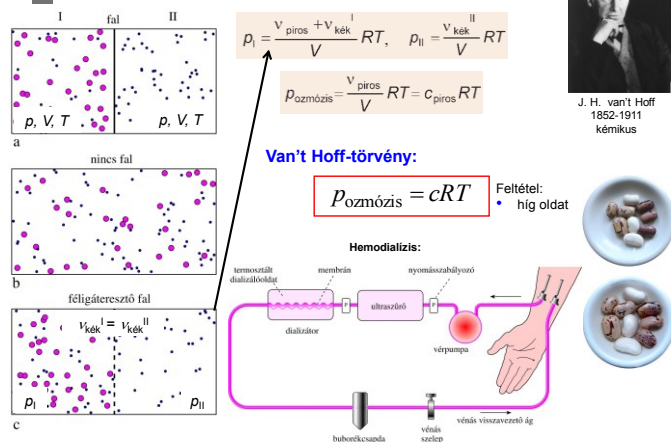
6 egyértékű ionok: ● kation (k) ● anion (a)

2. speciális eset: $p_k > p_a = 0$



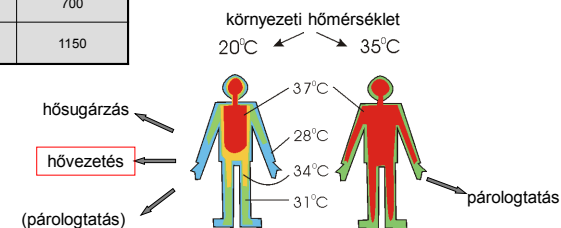
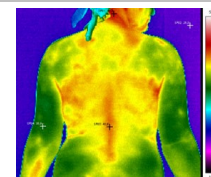
7 ideális gáztörvény: $pV = \nu RT$

Ozmózis



8 Az emberi test hőleadása

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



9

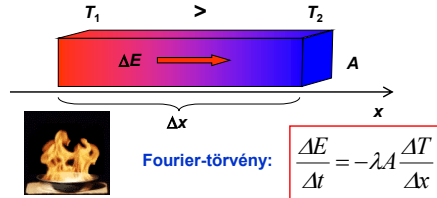
Hővezetés

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

Limitált hőleadási lehetőség az ember számára!

11

Transzportfolyamatok összefoglalása

	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	ν	$J_\nu = \frac{\Delta \nu}{A \cdot \Delta t}$	c	$-\frac{\Delta c}{\Delta x}$	$J_\nu = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$
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



10

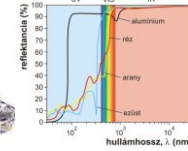
Hőleadási lehetőségek összefoglalása

Hőmérsékleti sugárzás

$$\Delta P = \sigma \cdot (T_{\text{test}}^4 - T_{\text{környezet}}^4) \cdot A$$

$$T_{\text{test}} = 28^\circ\text{C} \quad T_{\text{környezet}} = 20^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta P = 83 \text{ W}$$

$$T_{\text{környezet}} = 0^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta P = 290 \text{ W}!$$



Hővezetés

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

$$T_{\text{test}} = 28^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{környezet}} = 20^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow P \approx 40 \text{ W}$$

➢ levegő ↔ víz!

➢ áramlás (szél!)



Párolgotatás

- a víz nagy fajlagos párolgási hője ($\approx 2400 \text{ kJ/kg}$ 30°C-nál) !!
- párolgotatás: állandóan $\approx 50 \text{ ml/h} \Rightarrow \approx 35 \text{ W}$
szélsőséges körülmények között $\approx 1600 \text{ ml/h} \Rightarrow \approx 1000 \text{ W} !!$
- áramlás (szél!)



12

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

➔ Irány: homogén eloszlás \Rightarrow irreverzibilitás!

termodinamika 2. főtétele