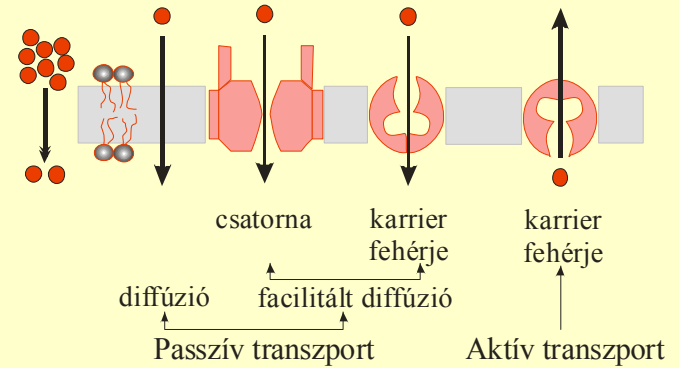


Transzportfolyamatok a biológiai rendszerekben

Transzportfolyamatok a sejt nyugalmi állapotában

A membránon keresztül történő anyagtranszport csoportosítása

A csoportosítás alapja: **ergiafelhasználás**
molekuláris mechanizmus



Molekulák diffúziója membránon keresztül

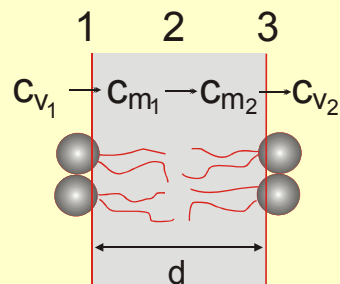
Diffúzió a lipid kettős rétegen keresztül

Fick I.

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

$$D_m \ll D$$

$$J_m = -D_m \frac{c_{m2} - c_{m1}}{d}$$



A koncentráció a membránon belül egyenletesen változik

Molekulák diffúziója membránon keresztül

Diffúzió a lipid kettős rétegen keresztül

$$J_m = -D_m \frac{c_{m2} - c_{m1}}{d}$$

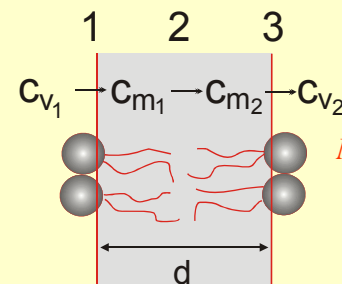
$$J_m = -p_m (c_{m2} - c_{m1})$$

Membrán permeabilitási állandó [ms^{-1}]

☹️ nem mérhető

$$\frac{c_{m1}}{C_{v1}} = \frac{c_{m2}}{C_{v2}} = K$$

$$C_{m1} = K C_{v1}$$

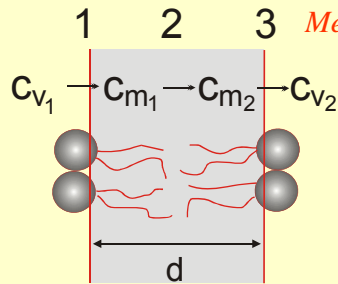


Molekulák diffúziója membránon keresztül

Diffúzió a lipid kettős rétegen keresztül

$$J_m = -p_m(C_{m_2} - C_{m_1})$$

Membrán permeabilitási állandó [ms^{-1}]



nem mérhető

$$\frac{C_{m_1}}{C_{v_1}} = \frac{C_{m_2}}{C_{v_2}} = K$$

$$C_{m_1} = KC_{v_1}$$

$$J_m = -p_m K (C_{v_2} - C_{v_1})$$

$$J_m = -p (C_{v_2} - C_{v_1})$$

$$J_m = -p(C_{v_2} - C_{v_1})$$

Permeabilitási állandó [ms^{-1}]

Értékét befolyásolja:

- diffúziós állandó a membránban
- membrán vastagsága
- megoszlási hányados a vizes és lipid fázis között

Permeabilitás és polaritás összefüggése

kis hidrofób molekula	O ₂ CO ₂ N ₂	10 (cm/s)
kis poláros molekula	víz etanol	10 ⁻² (cm/s)
nagy poláros molekula	aminosavak glükóz nukleotidok	10 ⁻⁶ (cm/s)
ionok	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻	10 ⁻¹² (cm/s)

szintetikus lipid

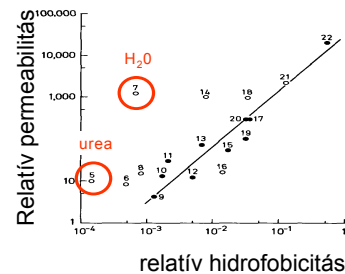


Figure 12-2 Essential Cell Biology, 2/e. (© 2004 Garland Science)

Ionok diffúziója membránon keresztül

$$\text{Fick I. } J_m = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

kémiai potenciál
és
elektromos potenciál
együttesen

$$J_k = -D_k \left(\frac{\Delta c_k}{\Delta x} + c_k \frac{z_k F}{RT} \frac{\Delta \varphi}{\Delta x} \right)$$

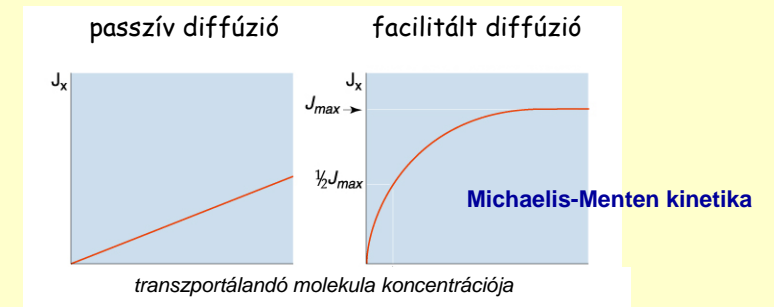
k-dik ion anyagáram-sűrűsége

Megfigyelés: számos esetben, habár a transzport nem energiadependens, a kémiai/elektrokémiai potenciálnak megfelelően folyik, **anyagáram-sűrűsége – sebessége – mégsem írható le passzív diffúzióként a Fick törvénnyel.**

Facilitált diffúzió membránon keresztül

Fehérje természetű közvetítők – szelektív diffúziós útvonalak

- passzív diffúzióhoz nagyobb sebességű
- szelektív
- telítendő
- szelektíven gátlható



Facilitált diffúzió membránon keresztül

a transzportált részecske és a membránfehérje közötti kapcsolat alapján

ioncsatorna

hidrofil pórus

karrier fehérje

transzmembrán fehérje

$$V_{\text{csatorna}} > V_{\text{karrier fehérje}} > V_{\text{passzív diffúzió}}$$

Aktív transzport membránon keresztül

-a transzport a kémiai/elektrokémiai **potenciáleséssel szemben**

folyik,

-energiafüggő

-ATP-vel működő transzporterek

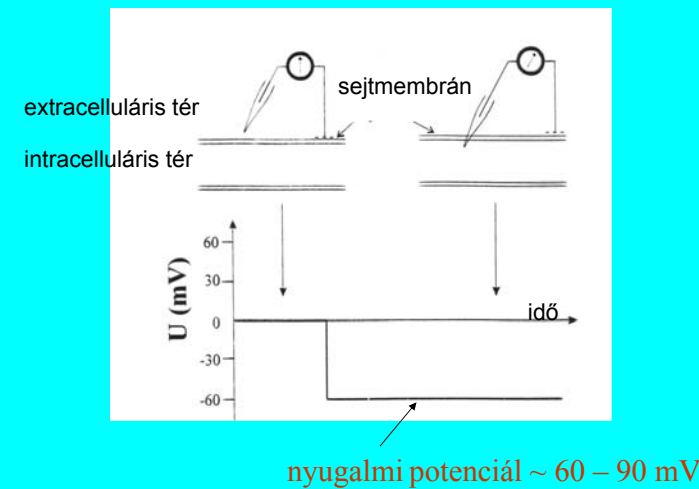
-fénnyel működő transzporterek

-csatolt transzporterek

Elektrofiziológiai jelenségek és a transzportfolyamatok kapcsolata

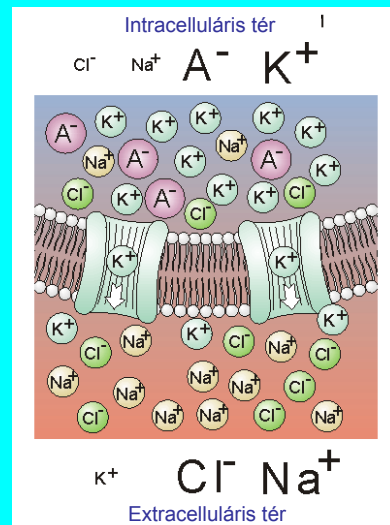
Tapasztalat 1:

A sejtmembrán két oldala között elektromos potenciálkülönbség van



Tapasztalat 2:

A sejtmembrán két oldalának sajátos az ionösszetétele



Tapasztalat 2 (folyt.):

A sejtmembrán két oldalán egyenlőtlen az ionok eloszlása

Szövet	C _{Intracelluláris} (mmol/l)			C _{Extracelluláris} (mmol/l)		
	[Na ⁺] _i	[K ⁺] _i	[Cl ⁻] _i	[Na ⁺] _e	[K ⁺] _e	[Cl ⁻] _e
Tintahal óriásaxon	72	345	61	455	10	540
békaizom	20	139	3,8	120	2,5	120
patkányizom	12	180	3,8	150	4,5	110

Lehetséges magyarázatok

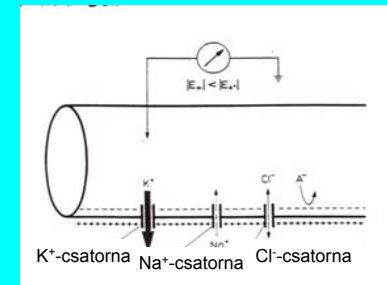
Tételezzük fel: nincs egyensúly



vagyis folyik transzport

Vegyük tekintetbe a membrán valós permeabilitását

a membrán nemcsak a K^+ -ra nézve átjárható,



de az egyes ionokra nézve a permeabilitás különböző lehet

az egyes ionok fluxusa $\neq 0$

az eredő fluxus $= 0$

Transzportmodell

az eredő fluxus $= 0$

$$\Sigma J = J_{K^+} + J_{Na^+} + J_{Cl^-} = 0$$

$$J_k = -D_k \left(\frac{\Delta c_k}{\Delta x} + c_k \frac{z_k F}{RT} \frac{\Delta \varphi}{\Delta x} \right)$$

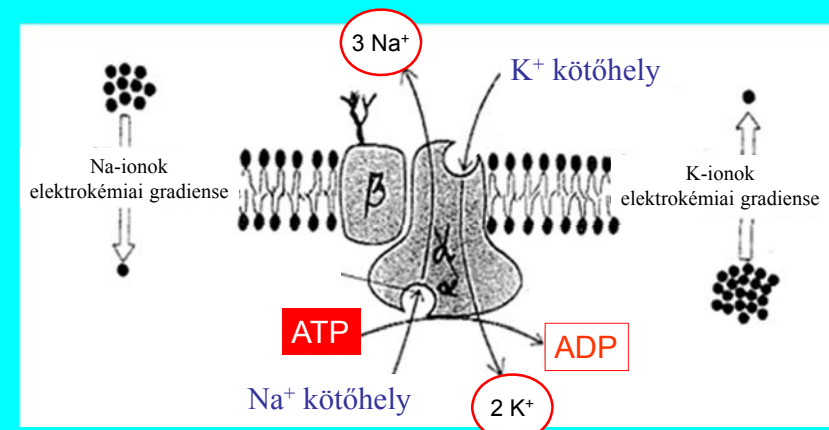
$$\varphi_e - \varphi_i = -\frac{RT}{F} \ln \frac{\Sigma p_k^+ c_{ke}^+ + \Sigma p_k^- c_{ki}^-}{\Sigma p_k^+ c_{ki}^+ + \Sigma p_k^- c_{ke}^-}$$

Goldman – Hodgkin – Katz egyenlet

Nátrium - kálium pumpa

antiporter

Ioneloszlás fenntartása aktív transzporttal

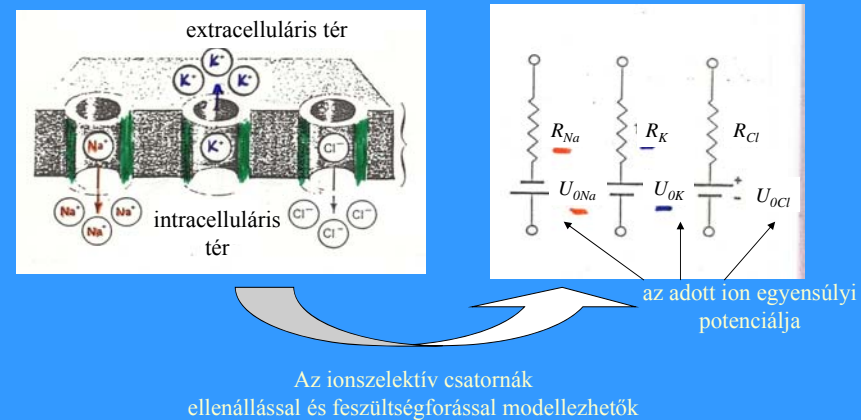


Sejtek energiafelhasználásának kb. harmada fordítódik erre

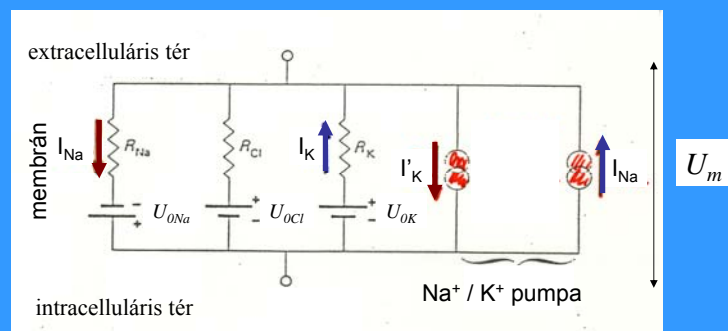
Ellenőrizzük!

	tintahal óriás axon	békaizom
$U_{\text{mért}}$	-62	-92
U_{GHK}	-61,3	-89,2
$U_{0\text{Na}^+}$	+47	+46
$U_{0\text{K}^+}$	-91	-103
$U_{0\text{Cl}^-}$	-56	-88

A sejtmembrán elektromos modellje



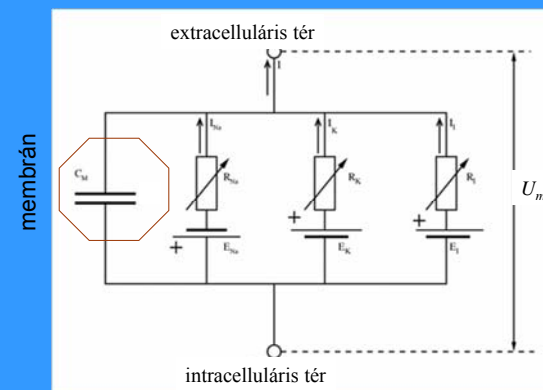
Az állandó ionkoncentráció fenntartásához szükséges a Na^+ és K^+ pumpa működése



Ohm-törvény alapján:

$$I_j = 1/R_j (U_m - U_{0j})$$

A sejtmembrán kondenzátorként viselkedik



$$I_m = I_{\text{ion}} + I_c$$

Kapacitása: $\sim 10^{-6} \text{ F/cm}^2 \rightarrow \sim 5000 \text{ pár töltés/1}\mu\text{m}^2$

A sejtmembrán elektromos tulajdonságai

elektromotoros erő

ellenállás

kapacitás