

7. előadás: A plazma membrán szerkezete és funkciója. Anyagtranszport a plazma membránon keresztül.

- A plazma membrán határolja el az élő sejteket a környezetüktől
- **Szelektív permeabilitást** mutat, így lehetővé teszi, hogy egyes anyagok könnyebben jussanak át rajta, mint mások

A sejt membránok fehérjék és lipidek folyékony mozaikjai

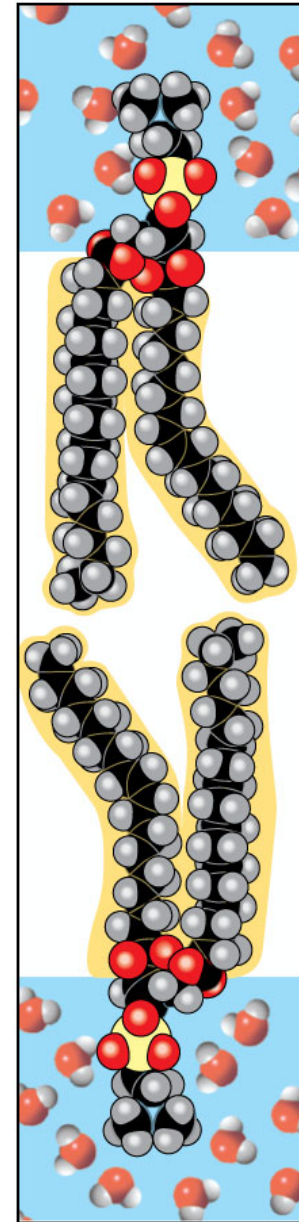
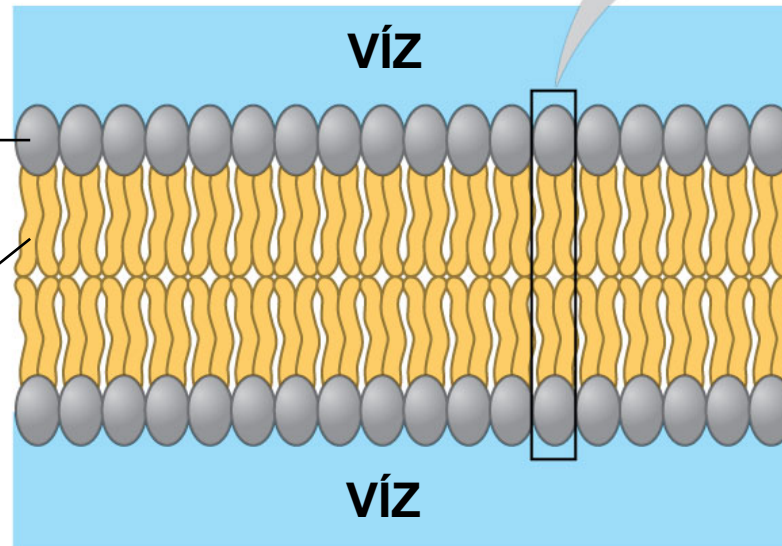
- A plazmamembrán anyagának nagy részét foszfolipidek alkotják
- A foszfolipidek **amfipatikus molekulák**, melyek hidrofil és hidrofób régiót is tartalmaznak
- A biológiai membránok **folyékony mozaik modellje** szerint a membrán egy folyékony struktúra, melybe különböző fehérjék mozaikjai vannak beleágyazva

A membrán modelljének alakulása:

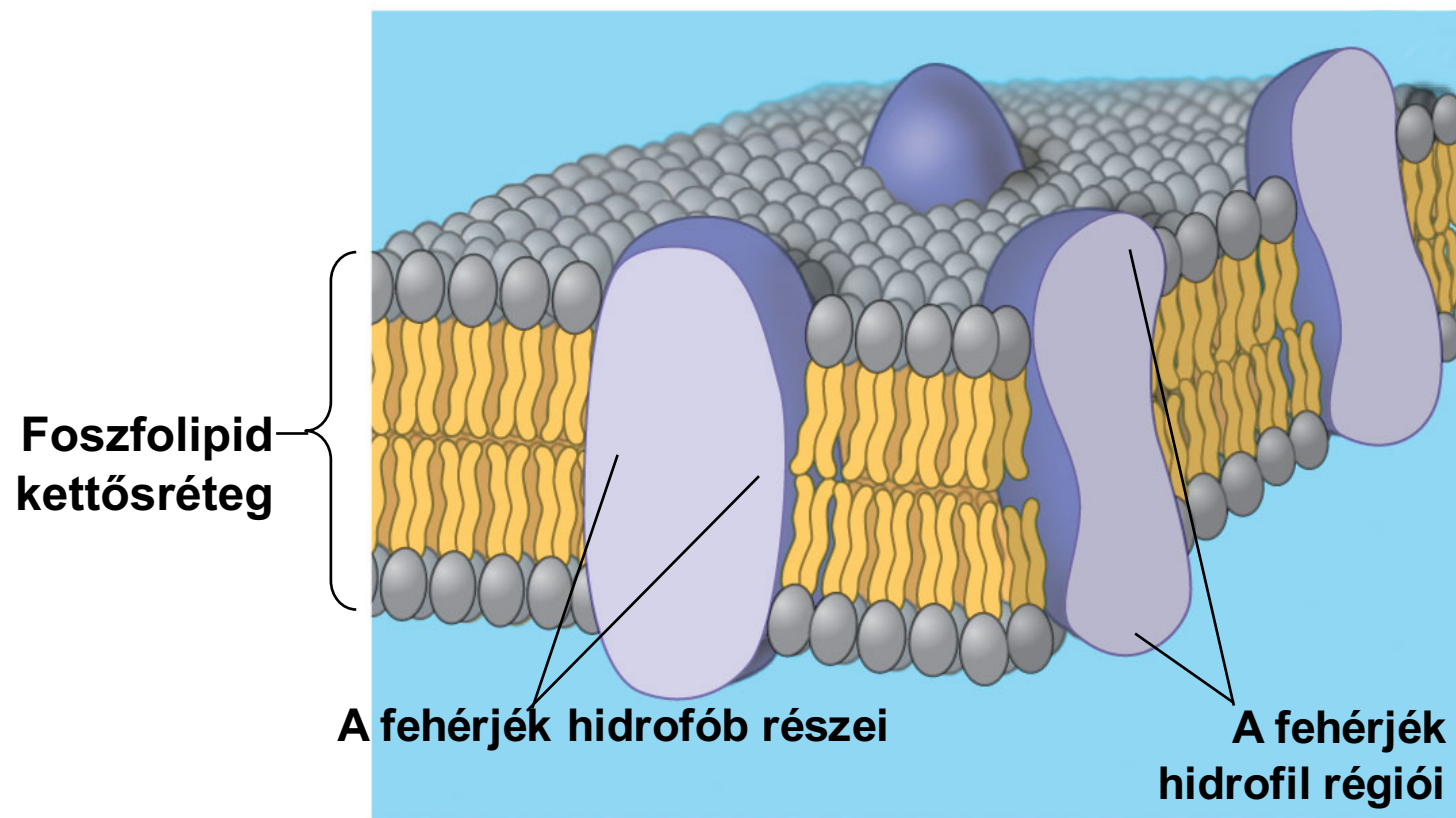
- **1915:** A membránok kémiai analízise azt mutatta, hogy azok lipidekből és fehérjékből épülnek fel
- **1925:** Az első struktúrális következtetés: a membrán foszfolipid kettősréteg

Hidrofil
fej

Hidrofób
farok

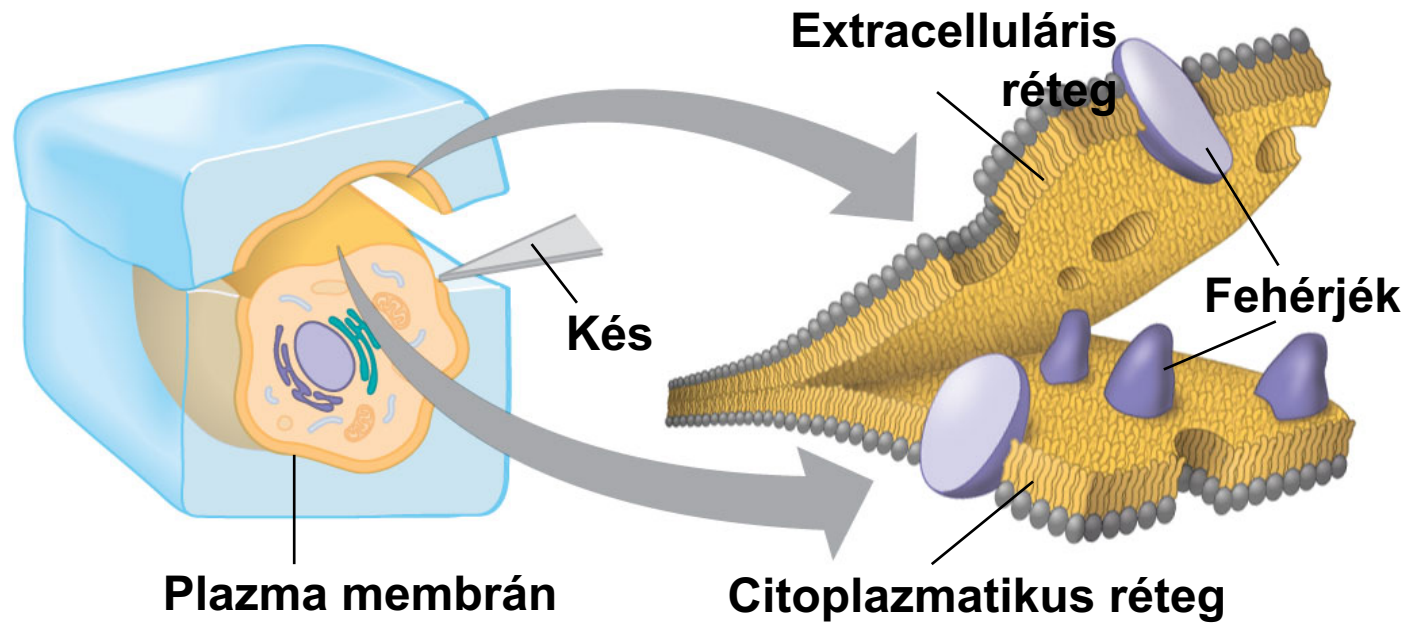


- **1935:** Hugh Davson és James Danielli bemutatta a “szendvics modellt”, melyben a membrán kétoldalán található globuláris fehérjék között lipid kettősréteg volt
- A későbbi vizsgálatok rámutattak a modell hiányosságaira – pl. olyan fehérjék elhelyezkedése, melyek a hidrofób és a hidrofil részekkel is rendelkeznek
- **1972:** S. J. Singer és G. Nicolson feltételezi, hogy a membrán a kettősrétegben dispergált fehérjék mozaikja, ahol csak a hidrofil részek érintkeznek a vízzel



- A plazma membrán fagyasztva töréses vizsgálata alátámasztotta a folyékony mozaik modellt
- A **fagyasztva töréses** eljárás során a folyékony nitrogénnel lehűtött preparátumot eltörik. Ha a törés síkja a membrán mentén fut beléphet annak belsejébe, és a kettős réteg kettéhasadhat.

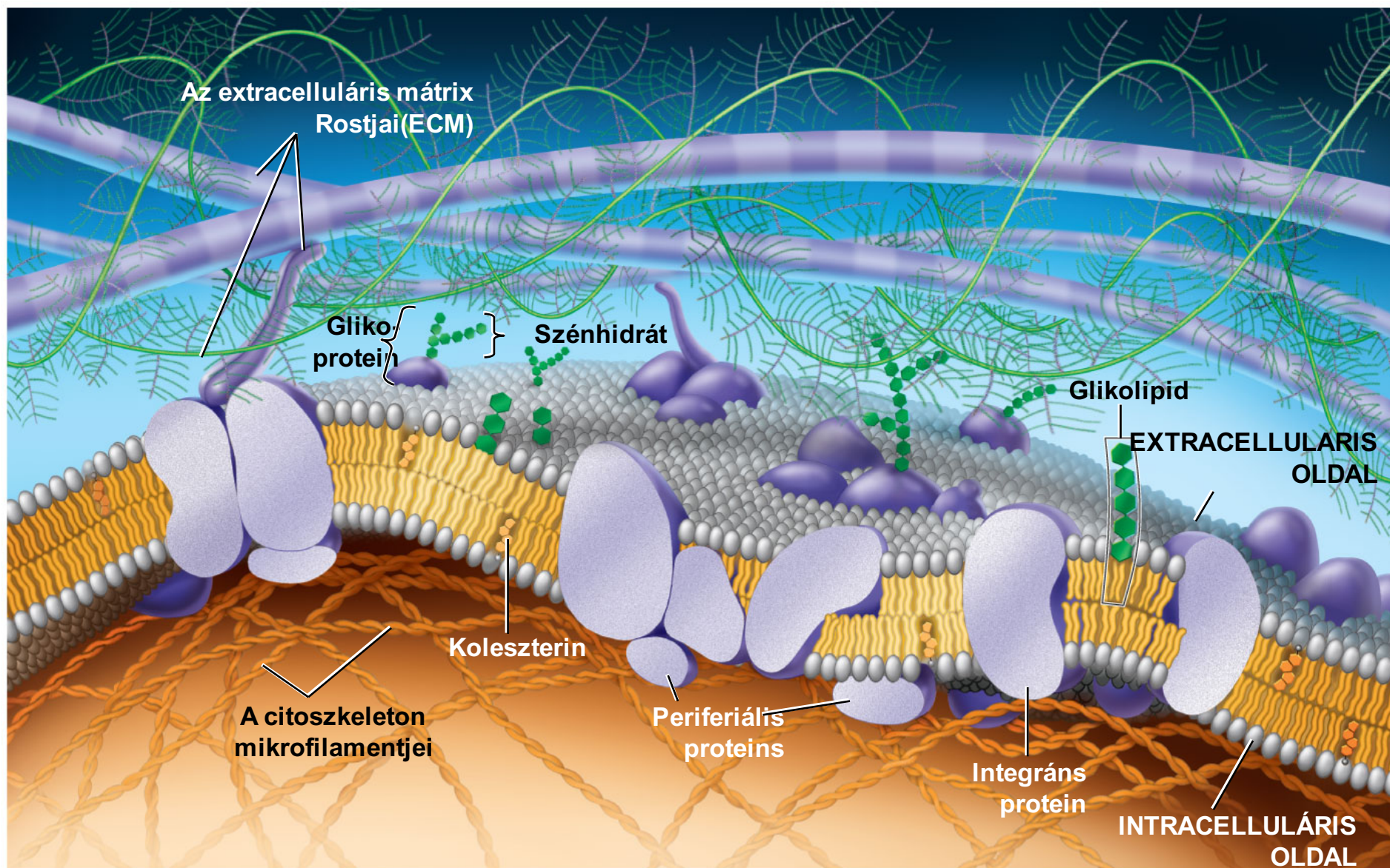
FAGYSZTVA TÖRÉS



EREDMÉNY

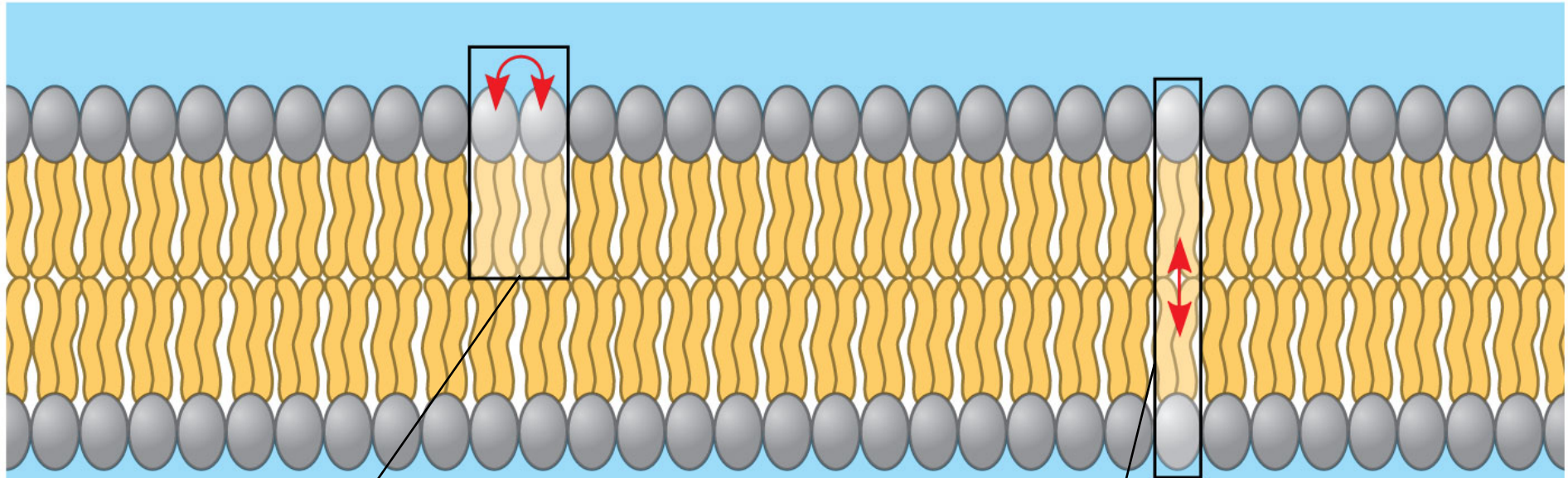


Az extracelluláris lemez belseje **Az intracelluláris lemez belseje**



A membránok fluiditása

- A plazmamembrán foszfolipidjei el tudnak mozdulni a membránban
- A lipidek legtöbbje és a fehérjék oldalirányban (laterálisan) mozdulnak el
- Nagyon ritkán a molekulák ún. flip-flop (transzverzális) mozgása is megfigyelhető

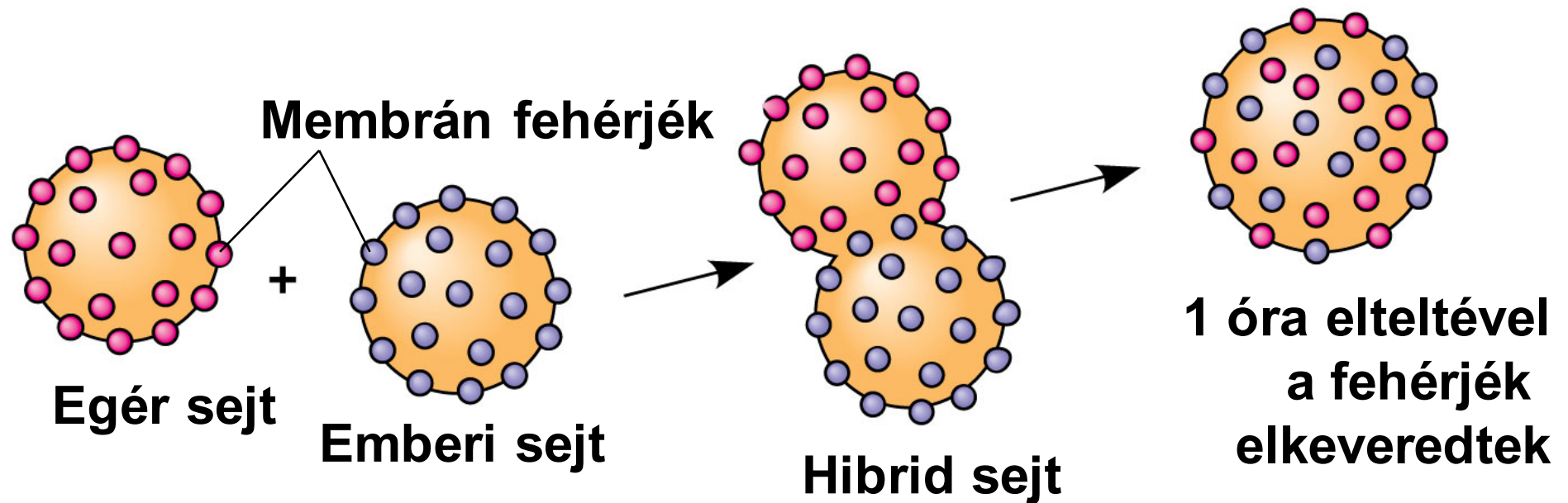


**A laterális mozgás $\sim 10^7$ -szer
Fordul elő másodpercenként.**

**Flip-flop mozgás nagyon ritka
(\sim havonta egyszer).**

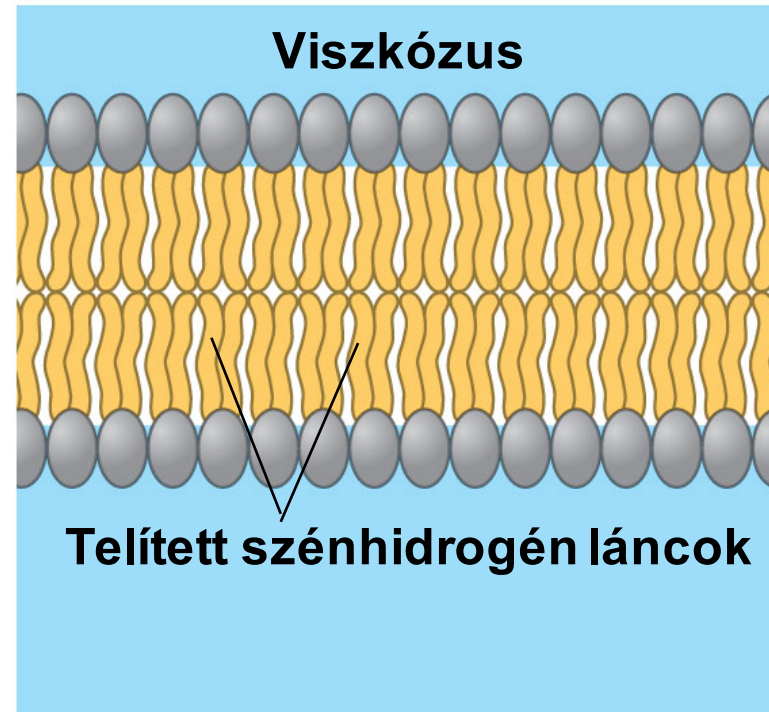
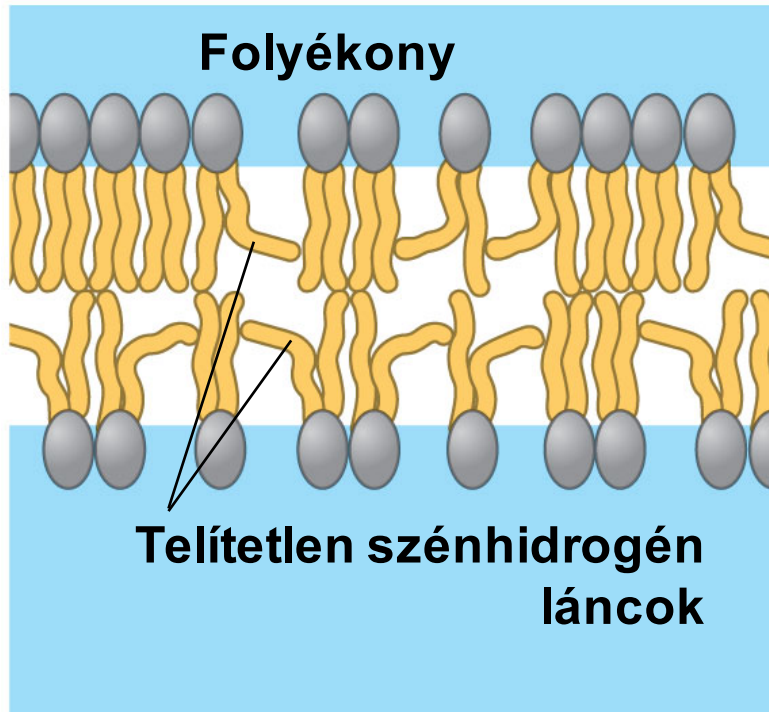
Tudnak-e mozogni a membrán fehérjék?

KÍSÉRLET



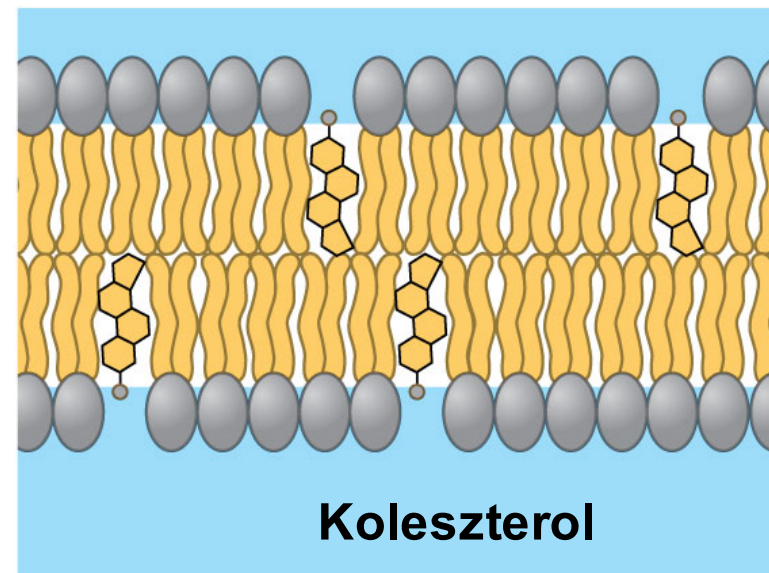
- A hőmérséklet csökkenésével a membránok folyékony állapotból szilárdba mennek át.
- A membránok dermedési hőmérséklete függ az őket felépítő lipidek típusától.
- A telítetlen zsírsavakat tartalmazó membránok folyékonyabbak, mint a telítetteket tartalmazóak.
- A membránoknak folyékonyaknak kell maradniuk, hogy megfelelően működjenek

- A koleszterolnak a hőmérséklettől függő hatása van a biológiai membránokra
- Magasabb hőmérsékleten (pl. 37°C) a koleszterol megakadályozza a foszfolipidek mozgását
- Alacsonyabb hőmérsékleten megőrzi a fluiditást, mert megakadályozza a szénhidrogén láncok tömörödését



(a) Telítetlen, ill. telített zsírsavak hatása

(b) Koleszterol az állati sejtek membránjában

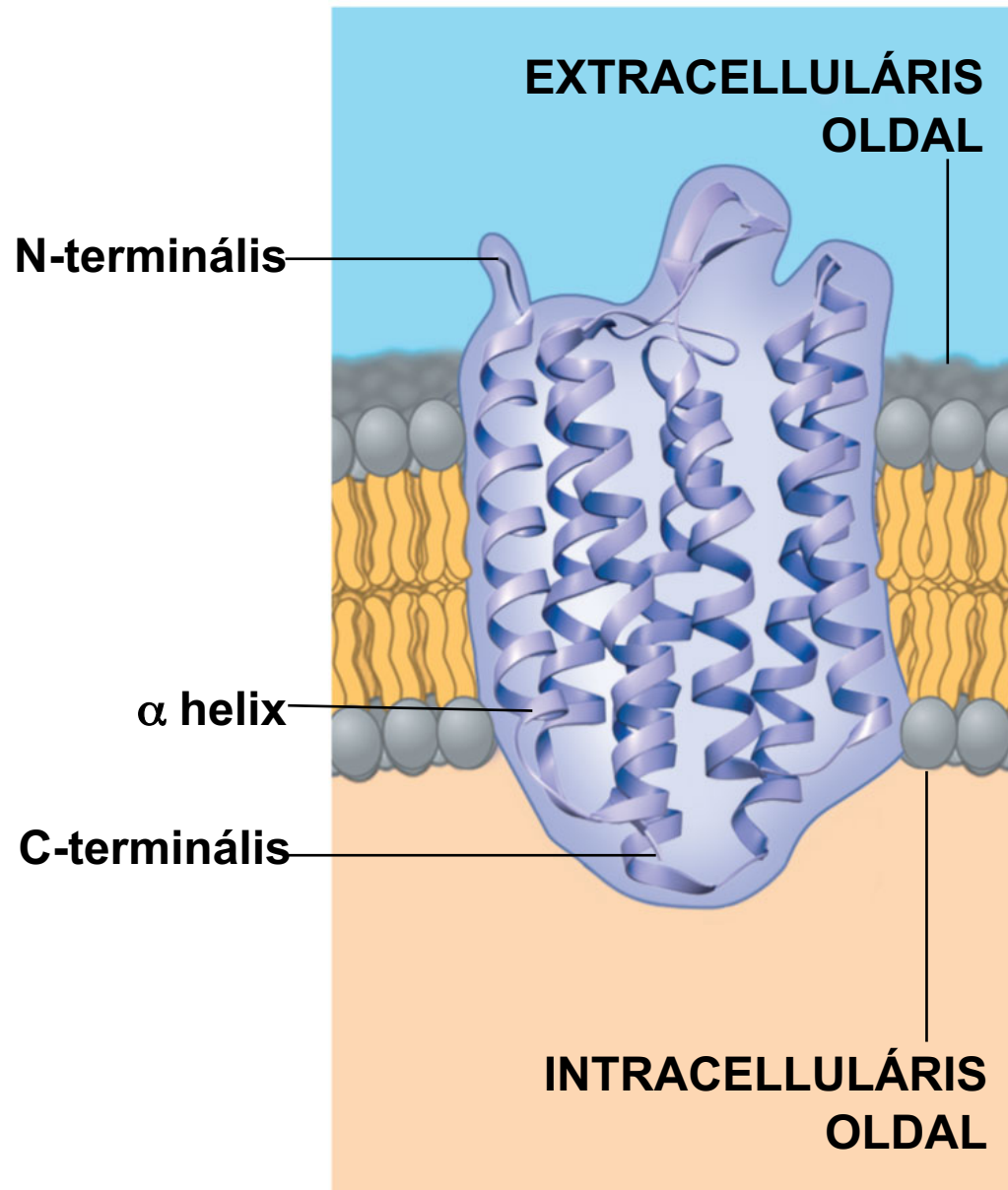


A biológiai membránok lipidösszetételének változása evolúciós előny lehet

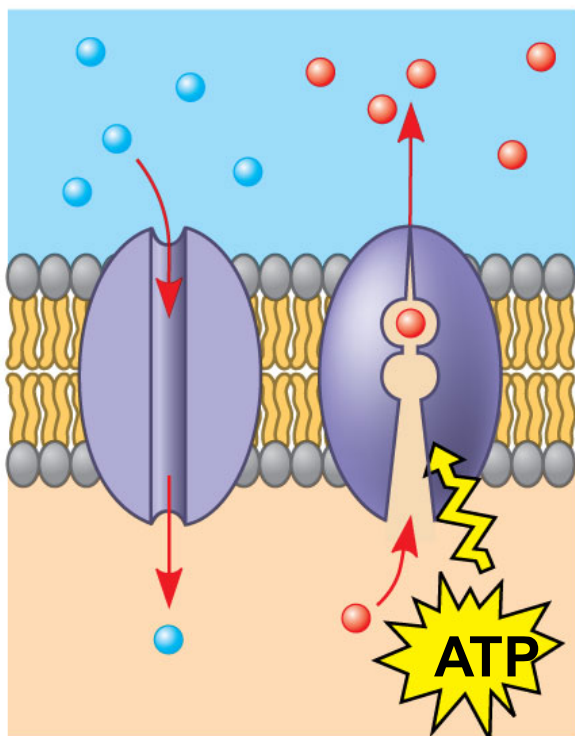
- A sejtmembrán lipidösszetételének változatai segítik az adaptációt a különböző környezetekhez (túl alacsony- túl magas hőmérséklet)
- Olyan környezetekben, ahol a hőmérséklet szélsőségesen változik, egyes élőlények változtatni tudják a plazmamembrán lipidösszetételét.

A membrán fehérjék és funkcióik

- **A perifériás membrán fehérjék** a membrán felszínéhez kapcsolódnak
- **az integráns membrán fehérjék** belehatolnak a membrán hidrofób magjába
- Azokat az integráns membrán fehérjéket, amik átérik a membránt, **transzmembrán fehérjéknek** nevezzük
- Az integráns fehérjék hidrofób régiói apoláris aminosav-maradékokat tartalmaznak, gyakran alfa-hélix struktúrában

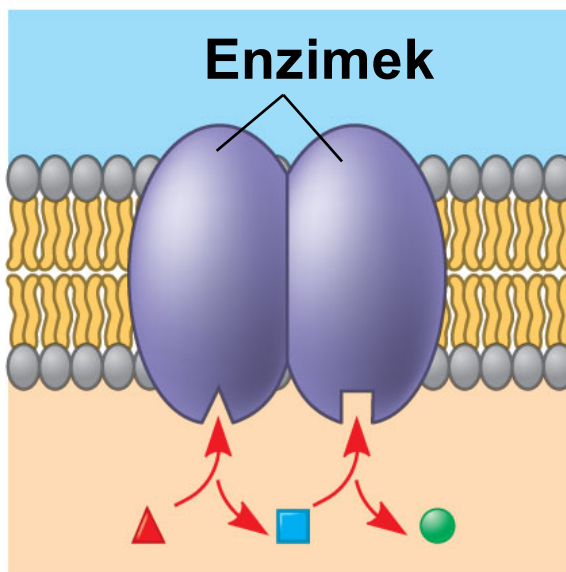


A membrán fehérjék hat legfontosabb funkciója:

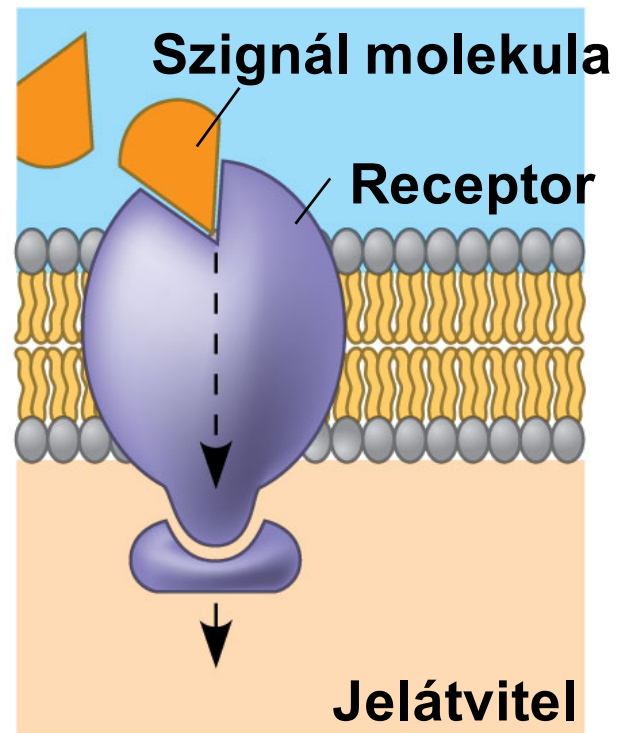


(a) Transzport

© 2011 Pearson Education, Inc.

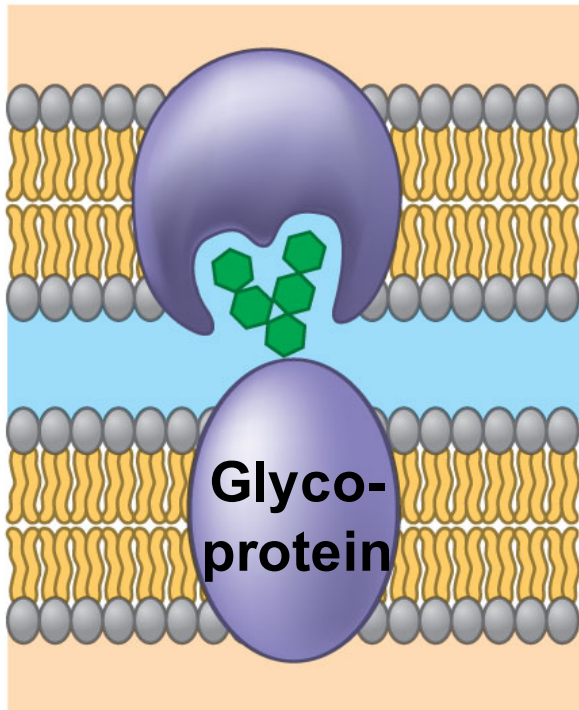


**(b) Enzimatis
aktivitás**

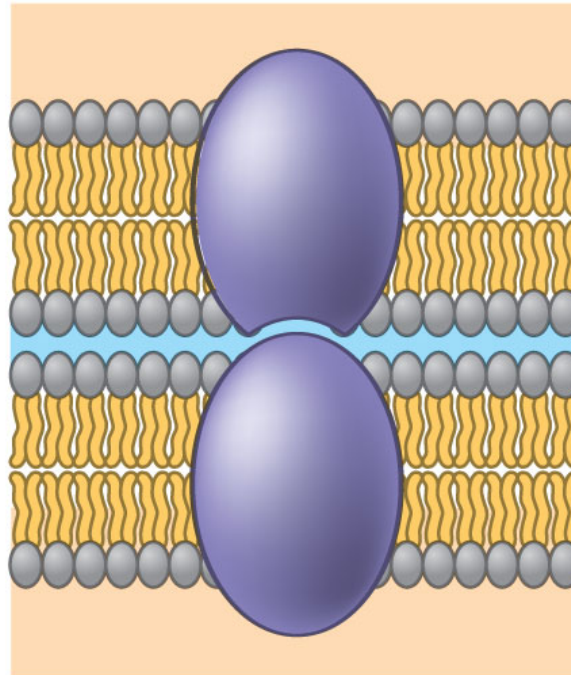


(c) Jelátvitel

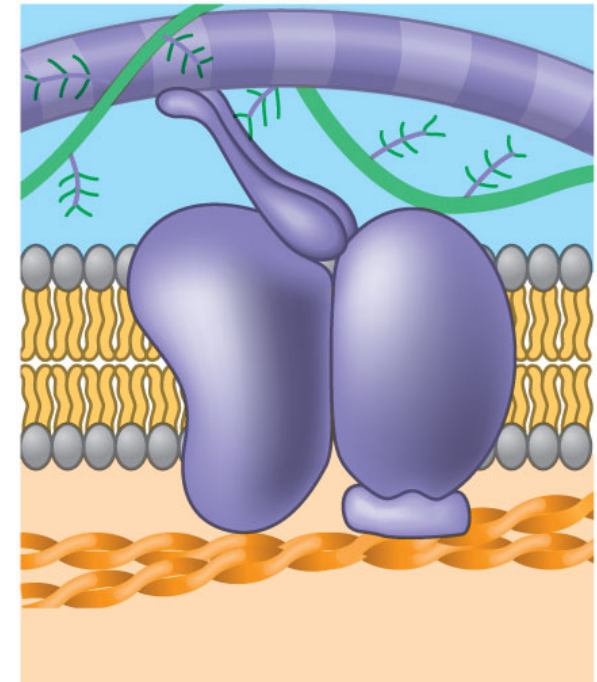
A membrán fehérjék hat legfontosabb funkciója:



(d) Sejt-sejt felismerés



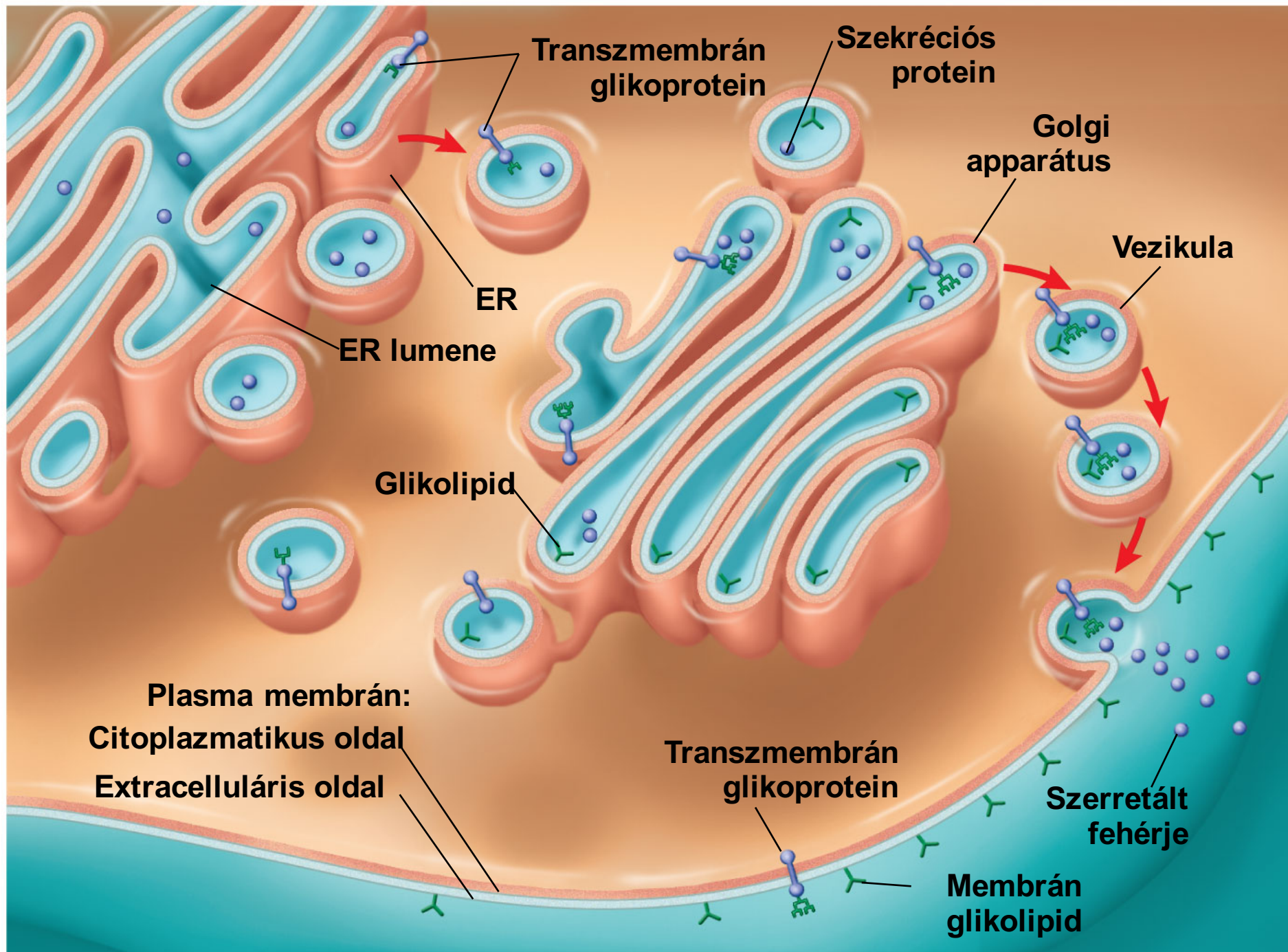
(e) Sejt-sejt kapcsolat



(f) Kapcsolódás a sejtvázhoz és/vagy az extracelluláris mátrixhoz (ECM)

A membrán szénhidrátok szerepe a sejt-sejt felismerésben

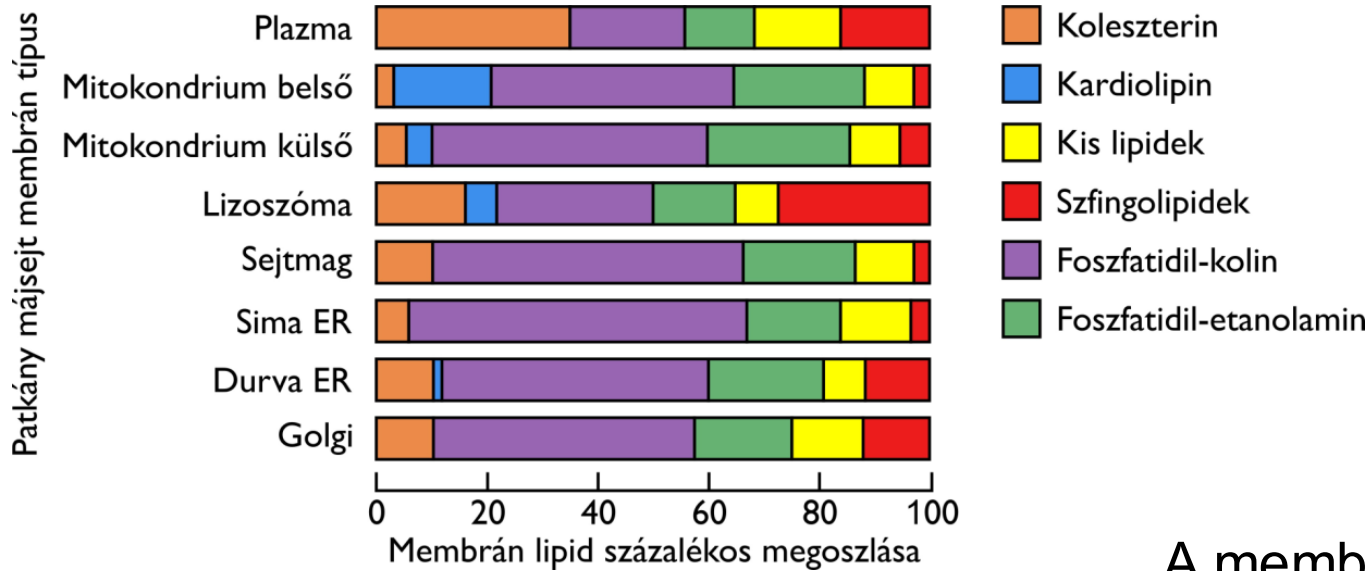
- A sejtek egymást a felszíni molekuláik segítségével ismerik fel, ebben gyakran szénhidrátok vesznek részt
- A membrán szénhidrátjai lehetnek kovalensen kötöttek lipidekhez (**glikolipid**) vagy fehérjékhez (**glikoprotein**), ez a gyakoribb
- A plazmamembrán extracelluláris oldalán elhelyezkedő szénhidrátok a fajok, az egyedek és egy egyed különböző sejtípusai között is különbözhetnek (pl. vércsoport antigének)



A membránok felépítése szelektív permeabilitást eredményez

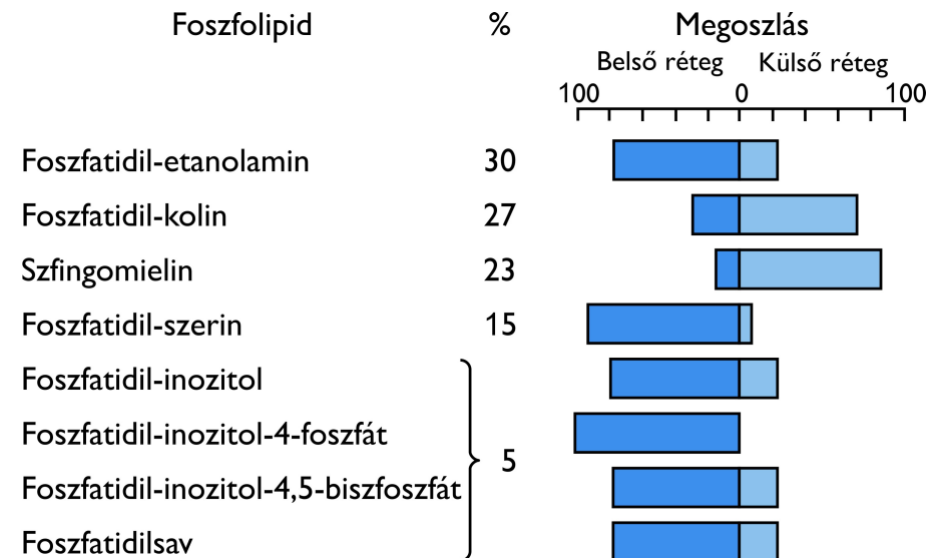
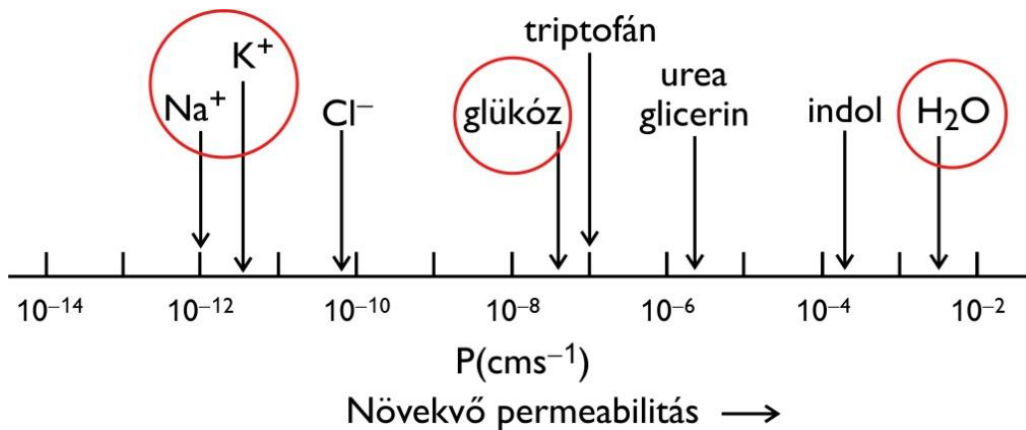
- A plazma membrán különbözőképpen átjárható az egyes anyagokra
- A hidrofób anyagok (pl. szénhidrogének) feloldódnak a lipidrétegben, így gyorsan átkerülnek
- A poláros molekulák (pl. cukrok) nem jutnak át könnyen a membránon

A plazmamembrán lipid összetétele és átjárhatósága

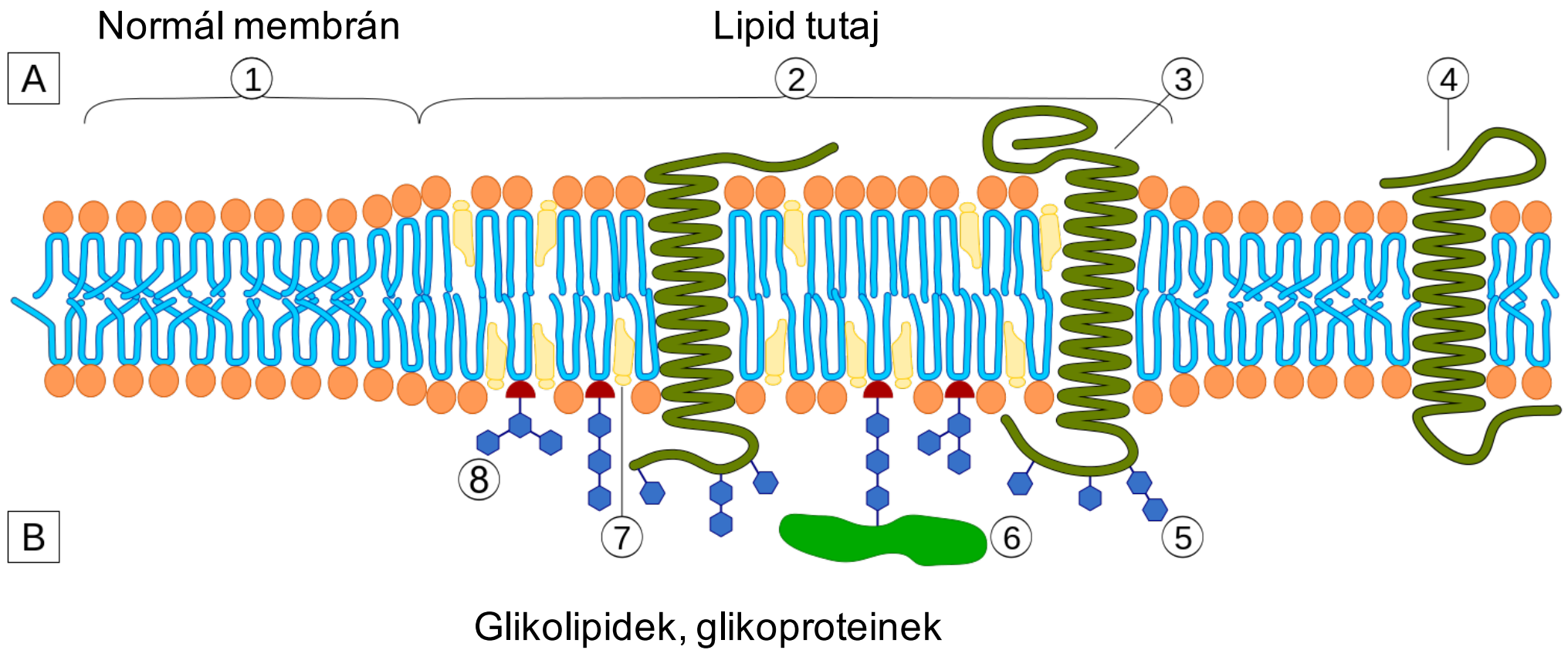


A membrán asszimetrikus

A membrán szelektíven permeábilis

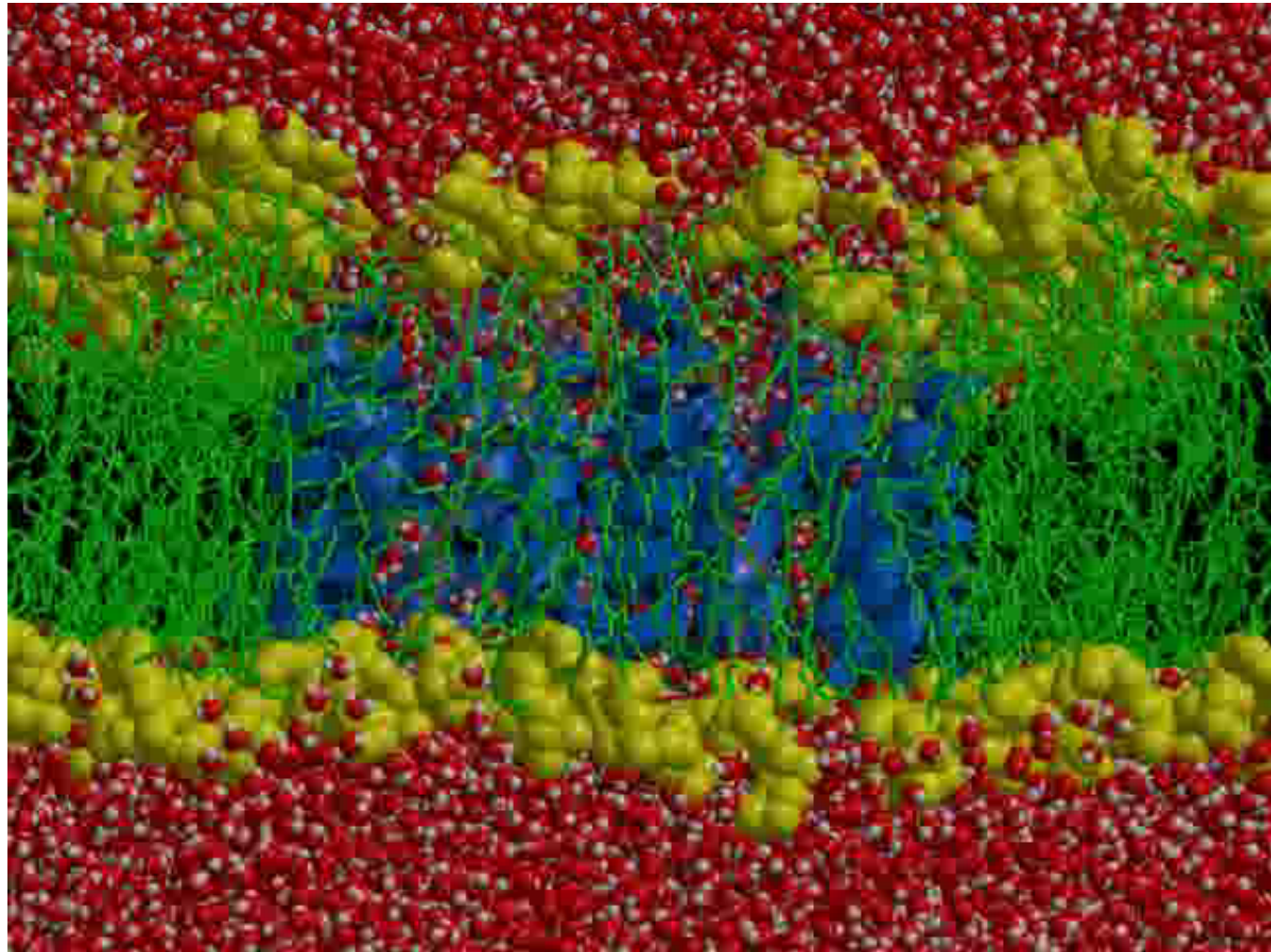


Lipid tutaj (lipid raft)



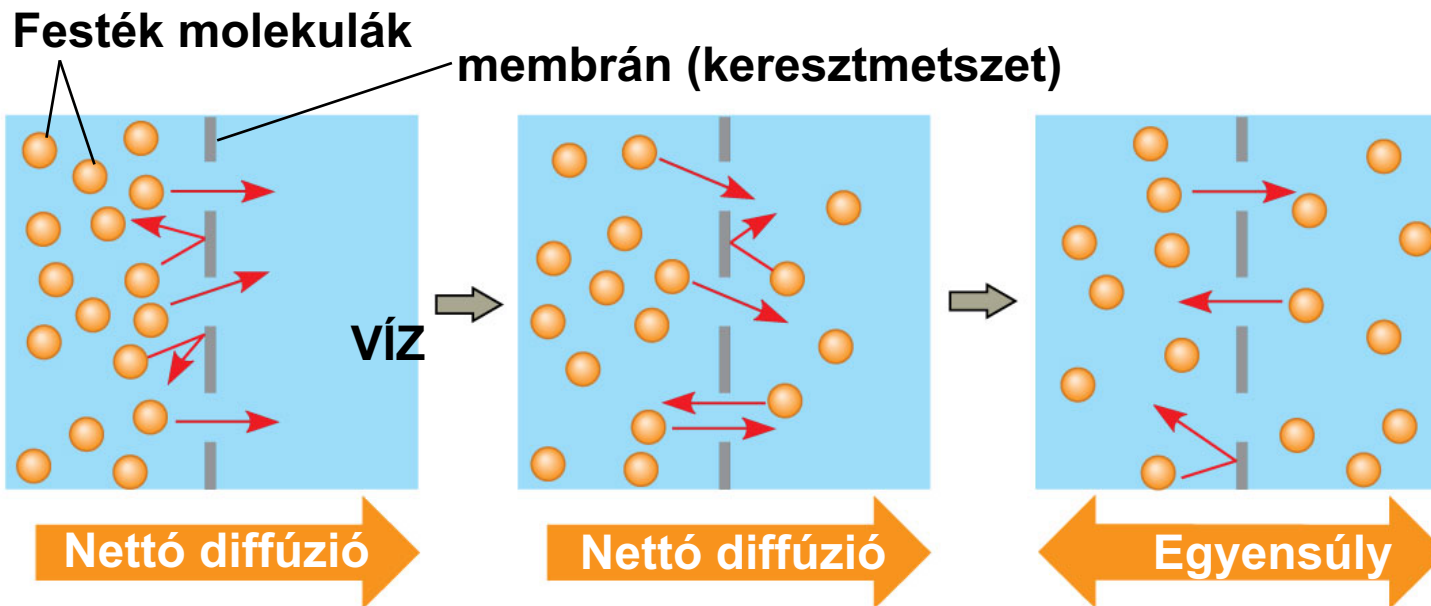
Transzport fehérjék

- **A transzport fehérjék** lehetővé teszik a hidrifil molekulák számára az átjutást a membránon
- Számos fehérje csatornát képez a membránon keresztül
- A víz átjutását is hasonló fehérjék (vízcsatornák) **aquaporinok** segítik
- Más transzport fehérjék megkötik a molekulákat az egyik oldalon és alakváltozást szenvedve átjuttatják a túloldalra

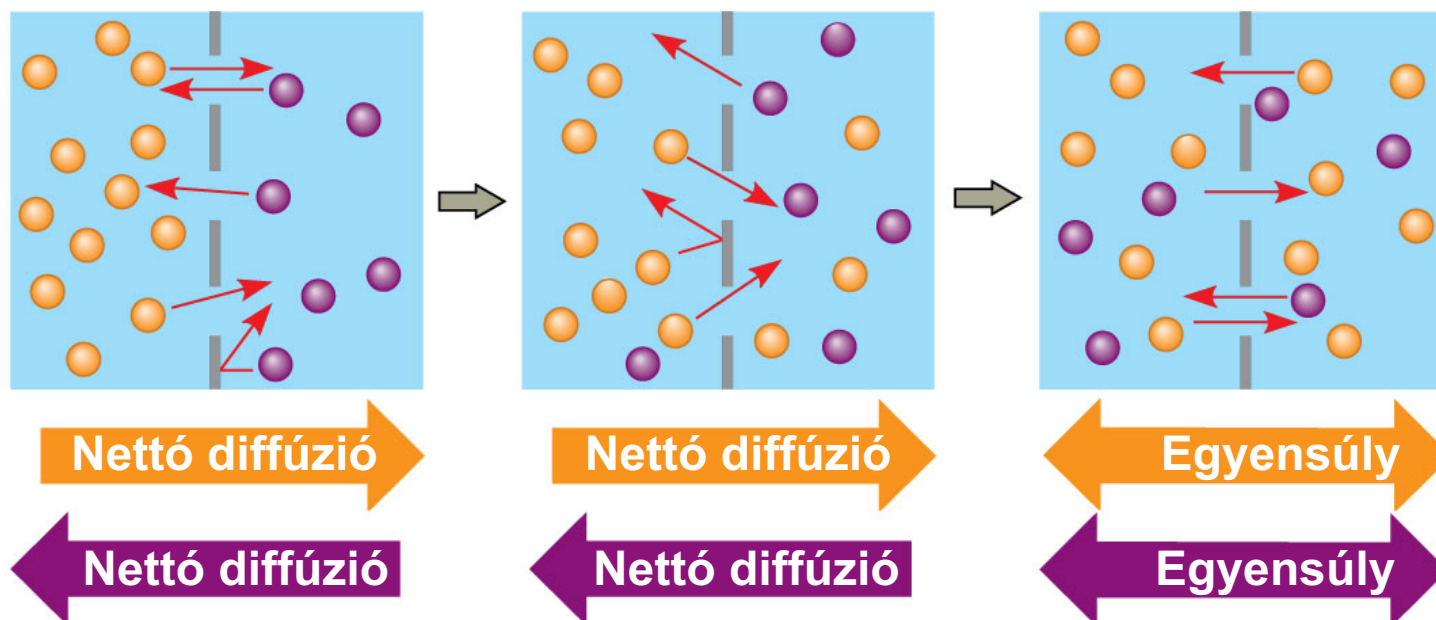


A passzív traszport az anyagok elektrokémiai gradiense mentén valósul meg

- **A diffúzió** a molekulák azon tendenciája, hogy a rendelkezésre álló teret egyenletesen töltsék ki.
- Bár minden molekula véletlenszerűen mozog, a molekulacsoportok diffúziója mégis lehet irányított
- Dinamikus egyensúlyi állapotban, a ki- és a belépő molekulák mennyisége egyensúlyban van



(a) Egy oldott anyag diffúziója

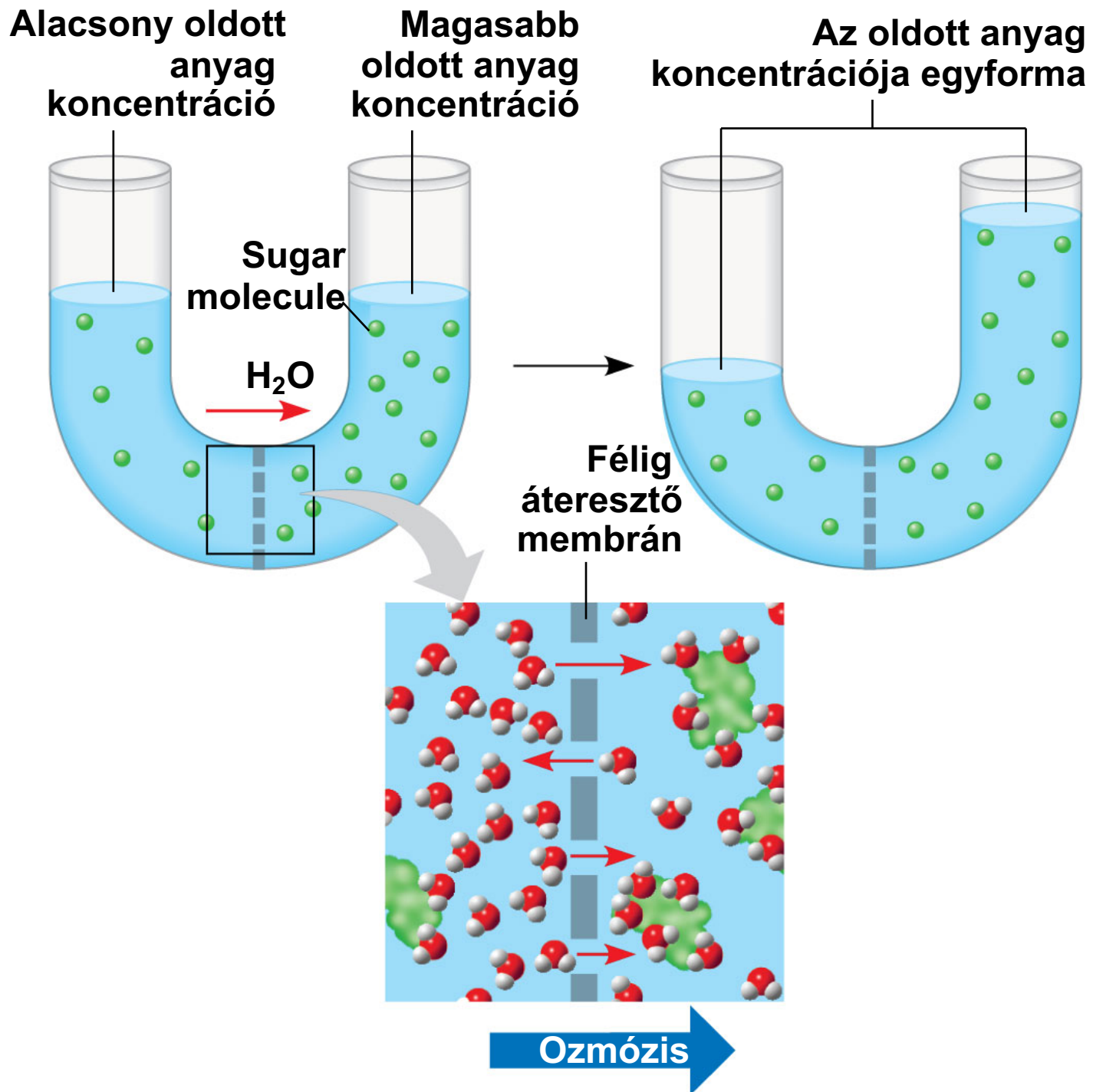


(b) Két oldott anyag diffúziója

- Az oldott anyagok a **koncentráció gradiensüknek** megfelelően diffundálnak
- Ebben az esetben nem kell munkát befektetni.
- A biológiai membránokon keresztül lezajló diffúzió esetén, nem kell a sejtnek energiát befektetni az anyagok szállításába: **passzív transzport**

Az ozmózis jelensége

- **Az ozmózis** a víz féligáteresztő hártyán történő diffúziója
- Ozmózis során a víz a hígabb oldatrész felől a töményebb felé mozog addig, míg a koncentráció ki nem egyenlítődik.

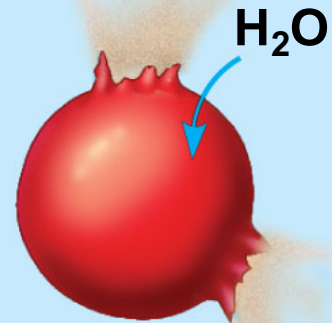


Víz egyensúly sejtfal nélküli sejtekben

- **Izotóniás** oldat: Az oldott anyag koncentrációja egyforma a membrán két oldalán, nincs nettó vízmozgás
- **Hipertóniás** oldat: Az oldott anyag koncentrációja extracellulárisan magasabb, a sejt vizet veszít
- **Hipotóniás** oldat: Az oldott anyag koncentrációja extracellulárisan alacsonyabb, a sejtbe víz áramlik be

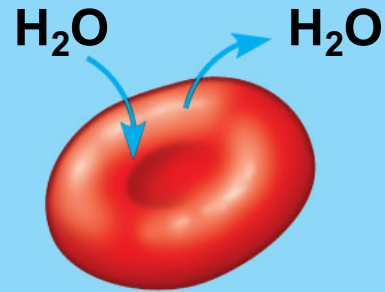
(a) Állati sejt

Hipotóniás oldat



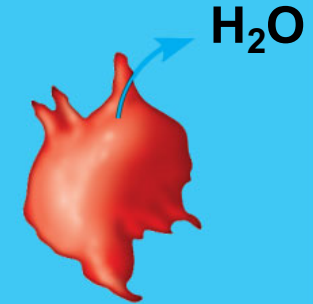
Lízis

Izotóniás oldat



Normál

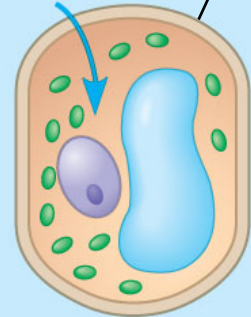
Hipertóniás oldat



Zsugorodás

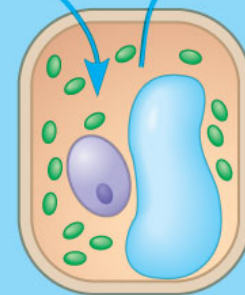
(b) Növényi sejt

H₂O Cell wall



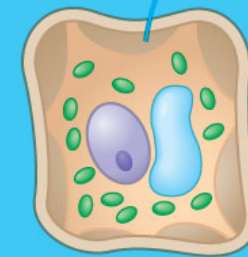
Turgor (normál)

H₂O H₂O



Petyhüdt

H₂O

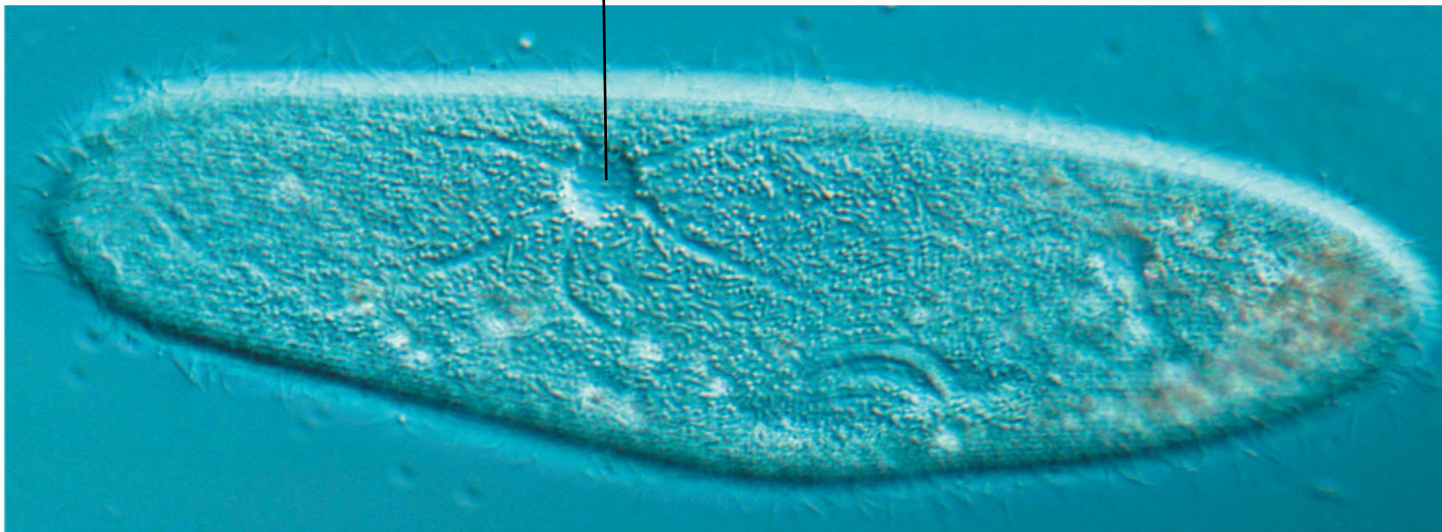


Plazmolizált

- A hipotóniás vagy hipertóniás környezetek problémát okoznak a szervezeteknek
- **Az ozmoreguláció** során a szervezet szabályozza az oldott anyag koncentrációját és a víz egyensúlyt, ez elengedhetetlen az ilyen környezetekhez való adaptációhoz
- Pl.: A papucsállatka (*Paramecium*), mely hipertóniás az édesvízi környezetben, kontraktilis vakuólával kell hogy rendelkezzen, hogy kipumpálja a bejutó vizet

Kontraktilis vakuóla (lúktető üröcske)

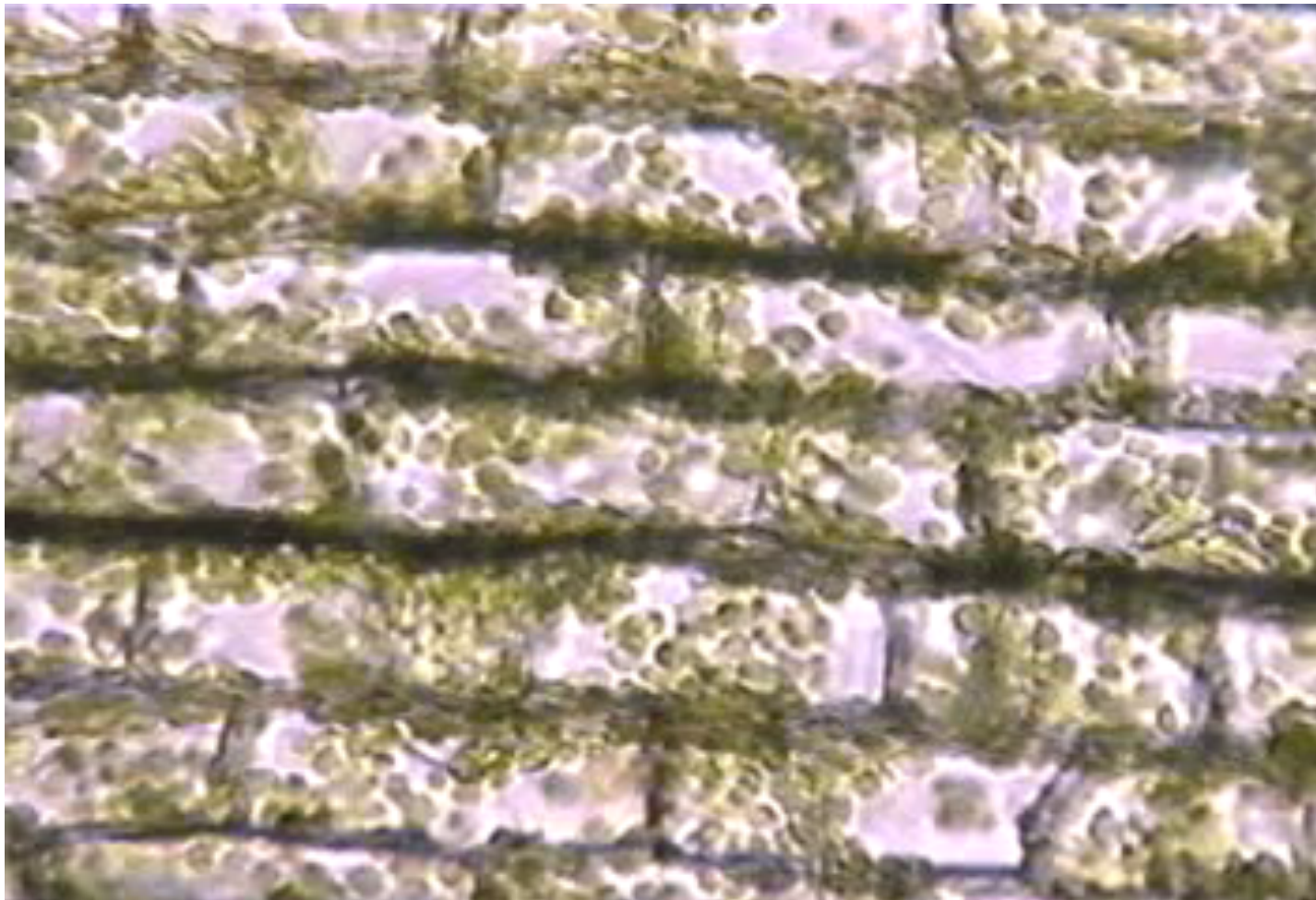
50 μm



Vízegyensúly sejtfallal rendelkező sejtekben

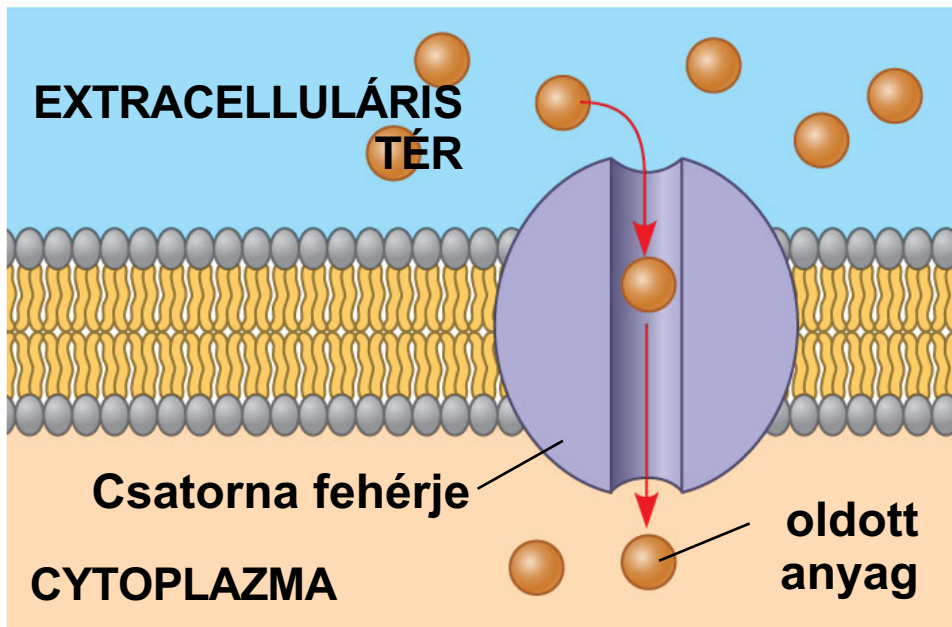
- A sejtfal segíti a vízegyensúly kialakítását
- A növényi sejtek hipotóniás közegben addig duzzadnak, amíg a sejtfal megakadályozza a további vízfelvételt; a sejt **turgor** állapotú lesz
- Ha a növényi sejt izotóniás közegbe kerül, akkor nincs nettó vízmozgás, a sejt petyhüdt lesz, és a növény “hervadt”

- Hipertóniás közegben a növényi sejt vizet veszít és a plazmamembrán elválhat a sejtfaltól: **plazmolízis**

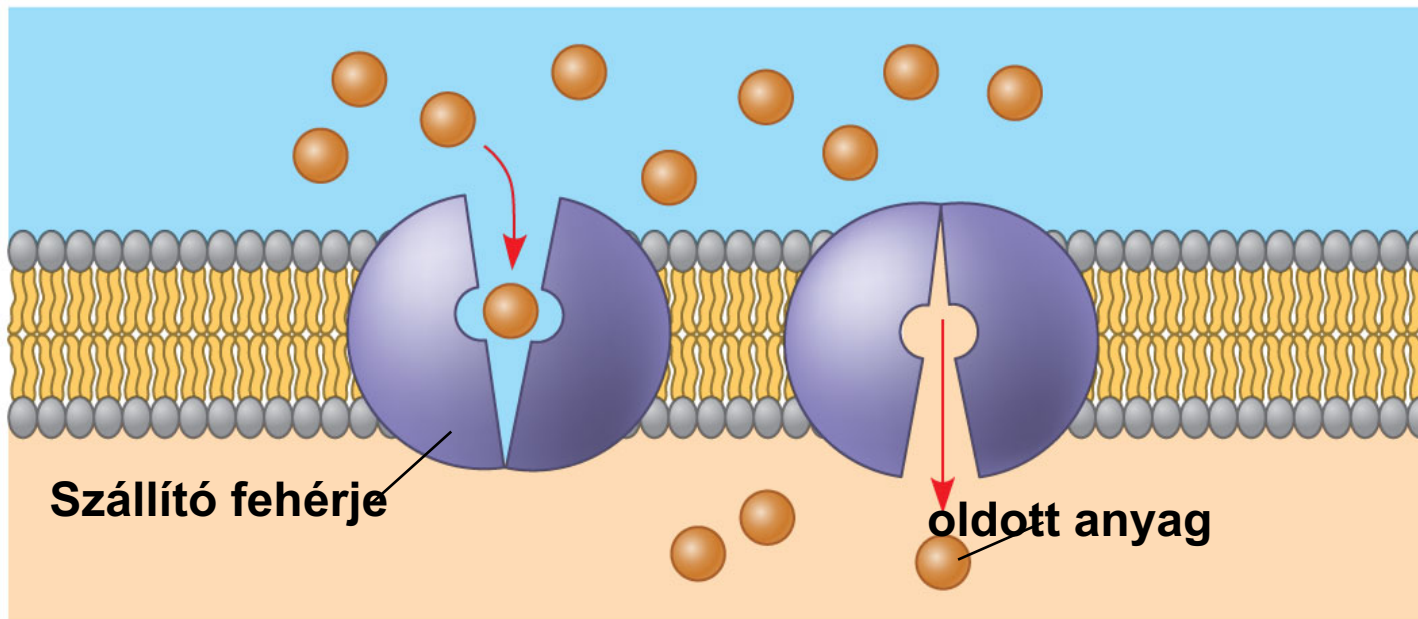


Facilitált passzív transzport: diffúzió fehérjék segítségével

- Facilitált diffúzió során, a molekulák plazmamembránon keresztül zajló passzív mozgását transzport fehérjék gyorsítják fel
- A csatorna fehérjék olyan környezetet alakítanak ki, melyben specifikus molekulák vagy ionok áramolhatnak át a plazmamembránon
- Ilyen csatorna fehérjék pl.:
 - Aquaporinok: a víz facilitált diffúziója
 - **ion csatornák**, melyek meghatározott hatásra/stimulusra nyílnak ki



(a) Csatorna fehérje



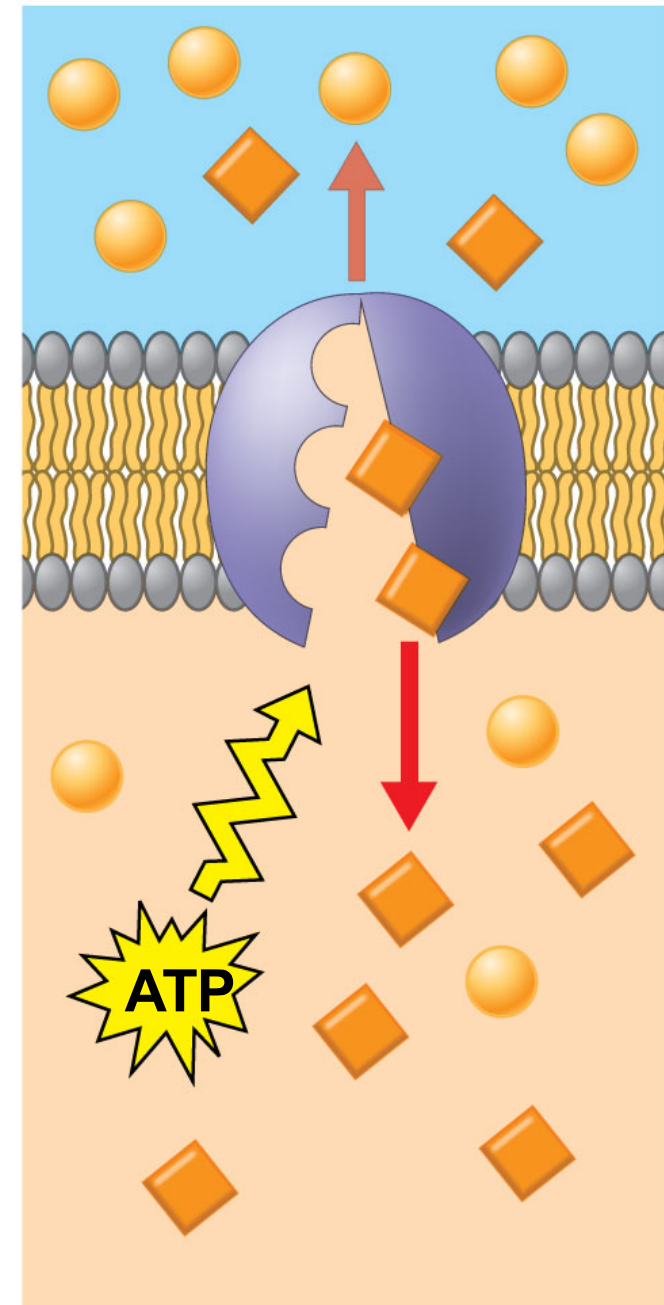
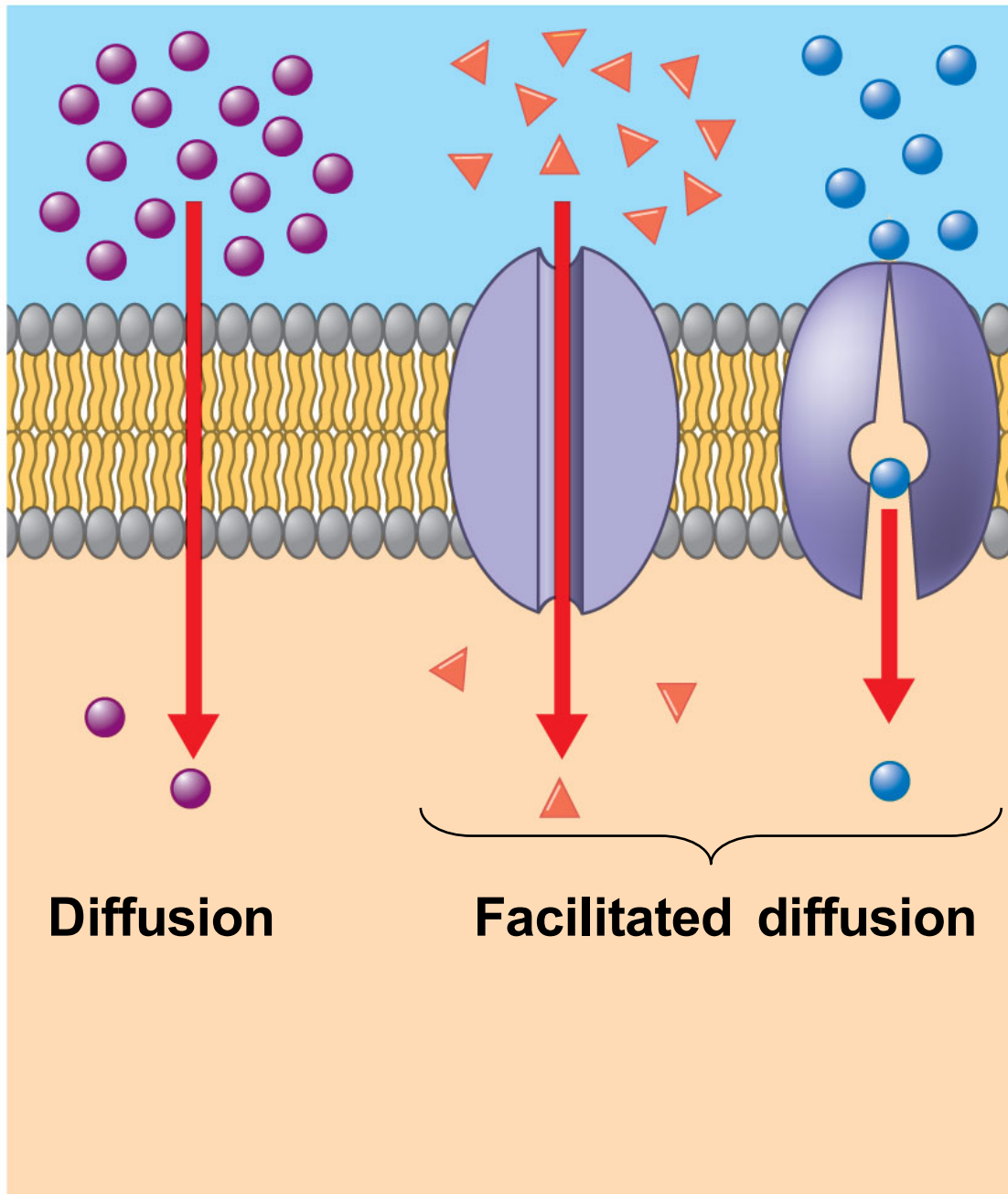
(b) Szállító fehérje

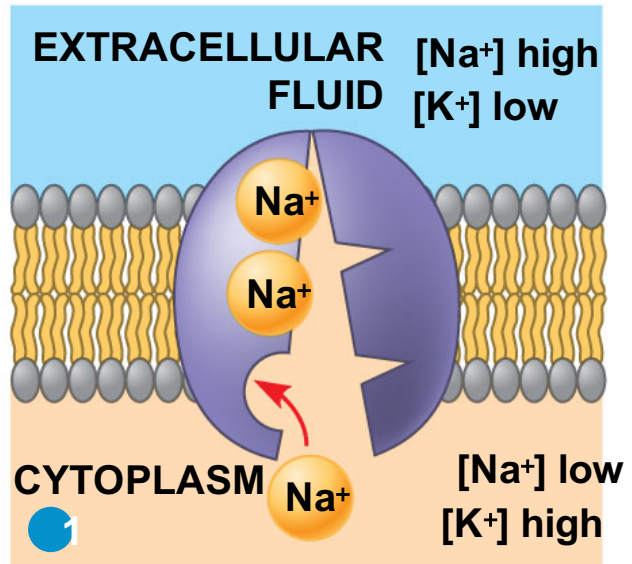
Aktív transzport során oldott anyag koncentráció gradiensevel szemben mozog

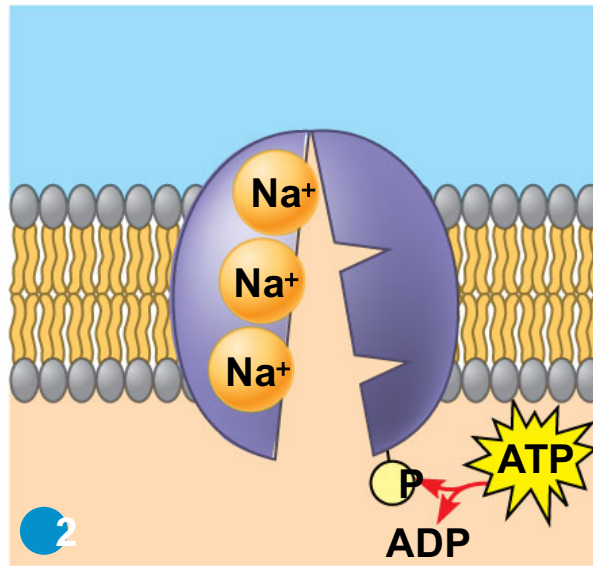
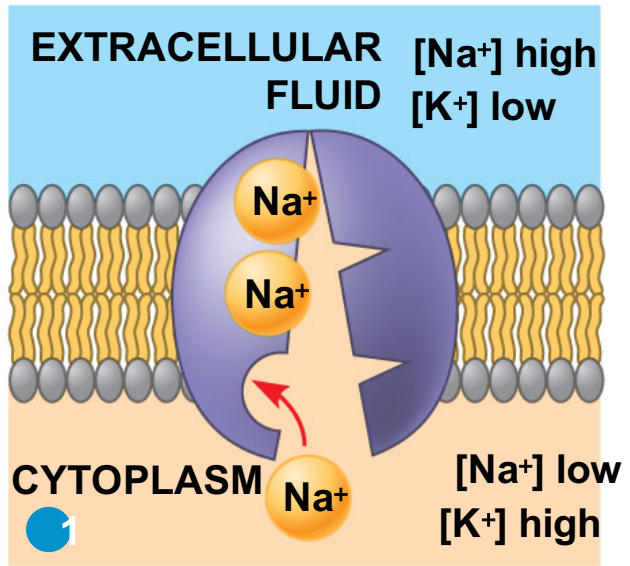
- A *facilitált diffúzió* passzív transzport, hiszen az oldott anyag koncentráció gradiensenek megfelelően mozog, így a transzport nem igényel energiát
- Számos transzport fehérje az oldott anyagokat a koncentráció gradienssel szemben is tudja szállítani, ez **energia igényes** folyamat (ATP-t, elektrokémiai gradienst használ)

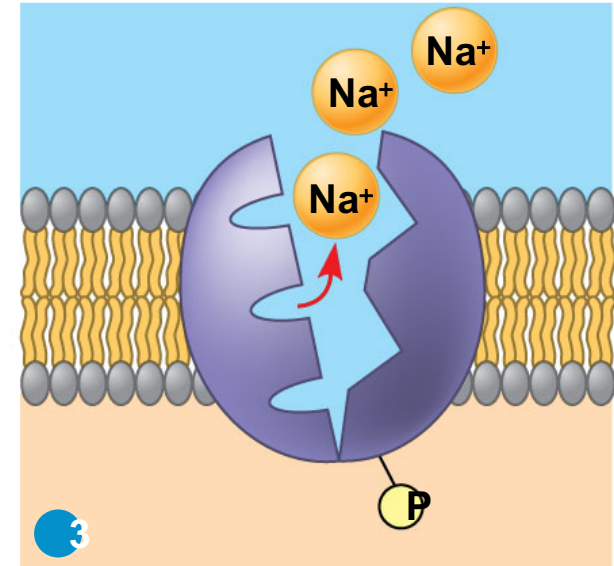
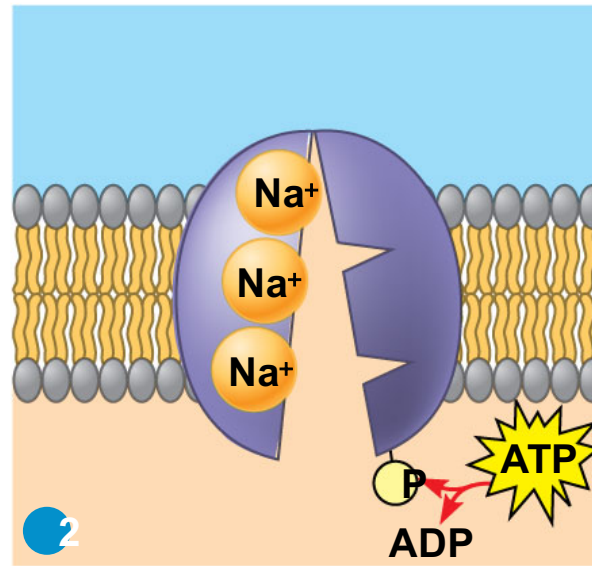
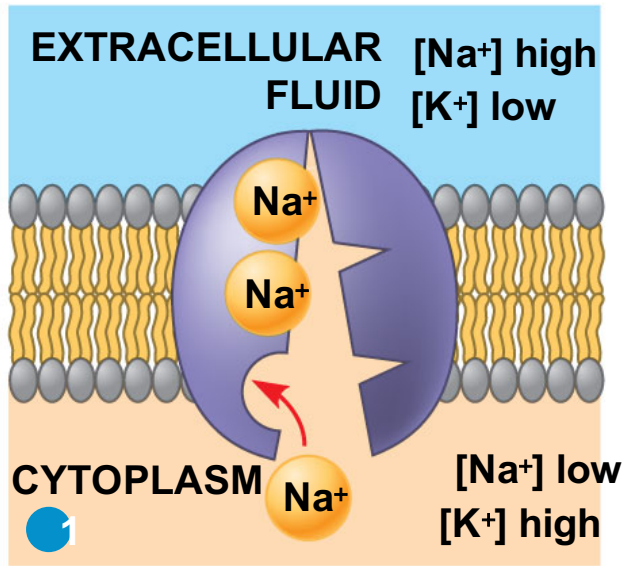
Passive transport

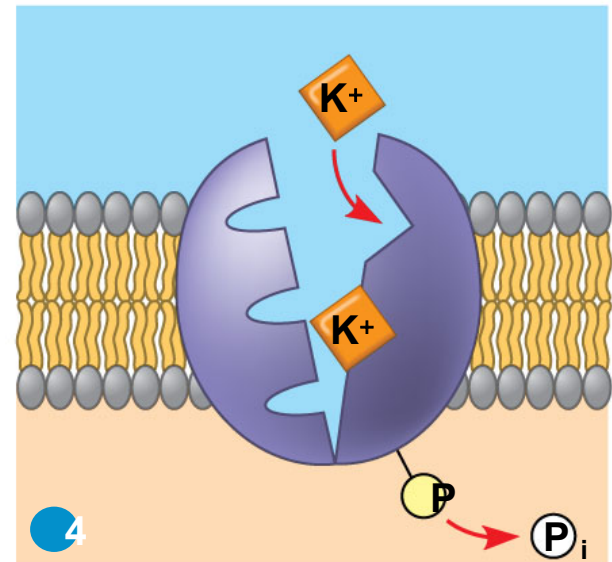
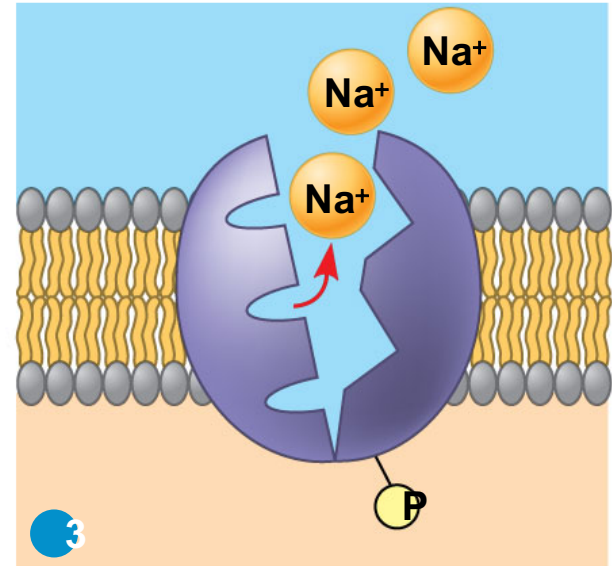
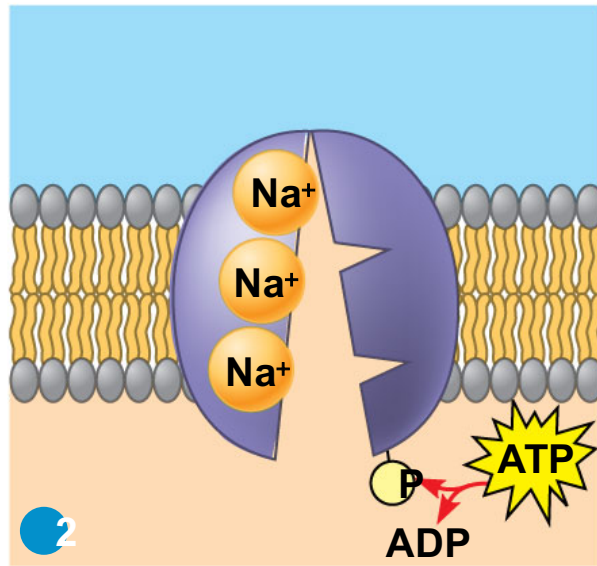
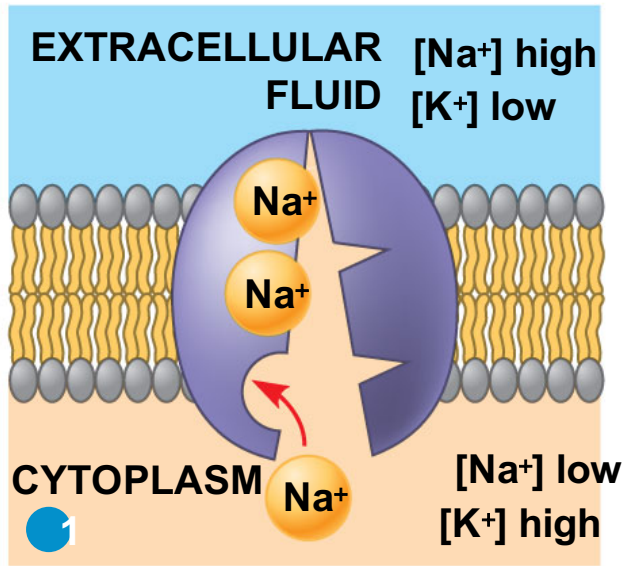
Active transport

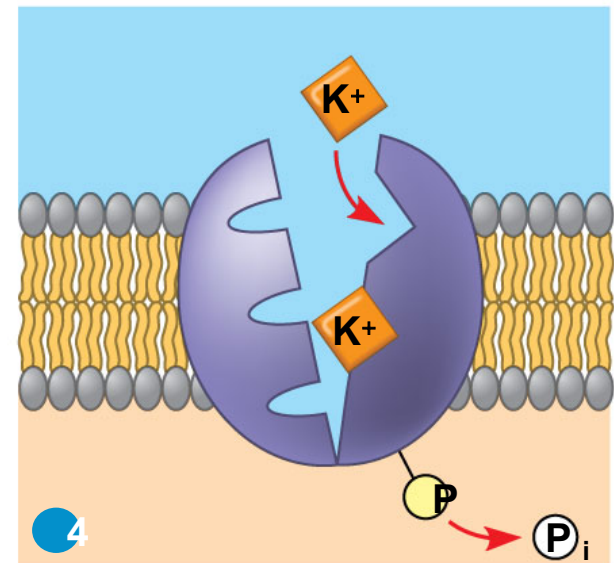
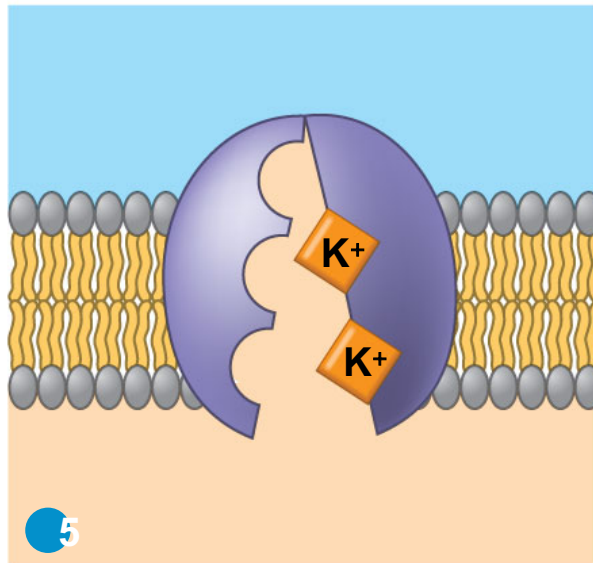
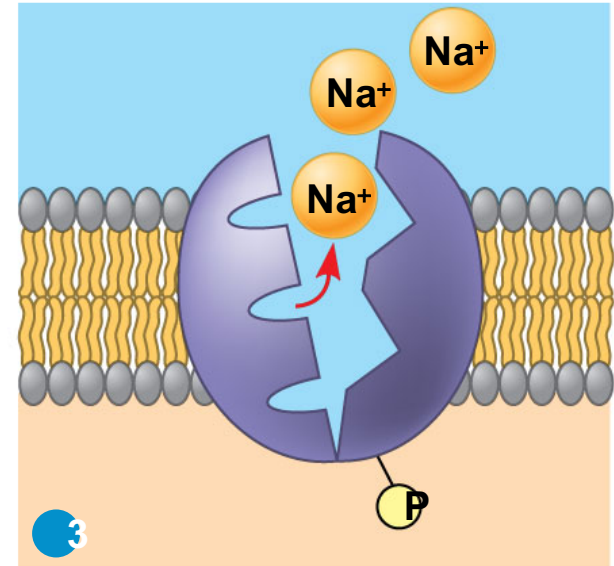
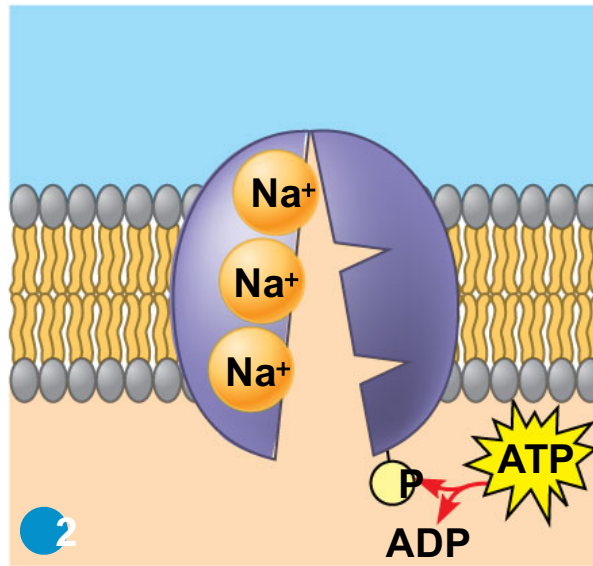
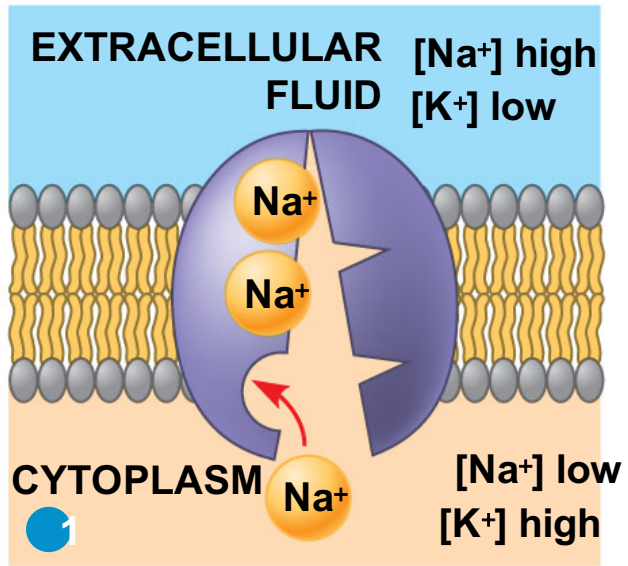


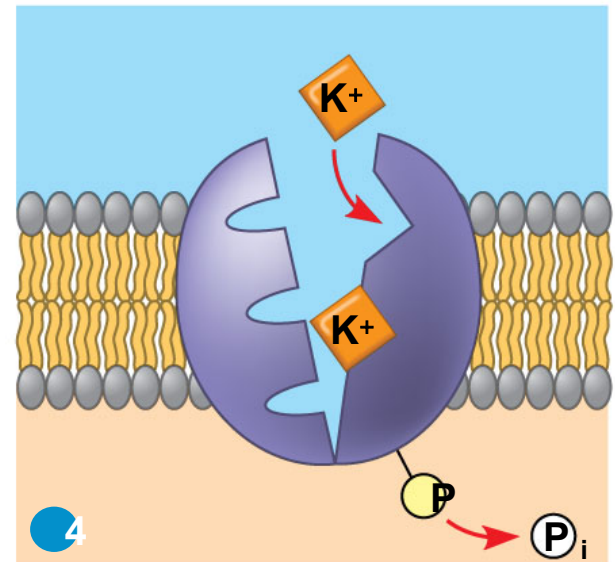
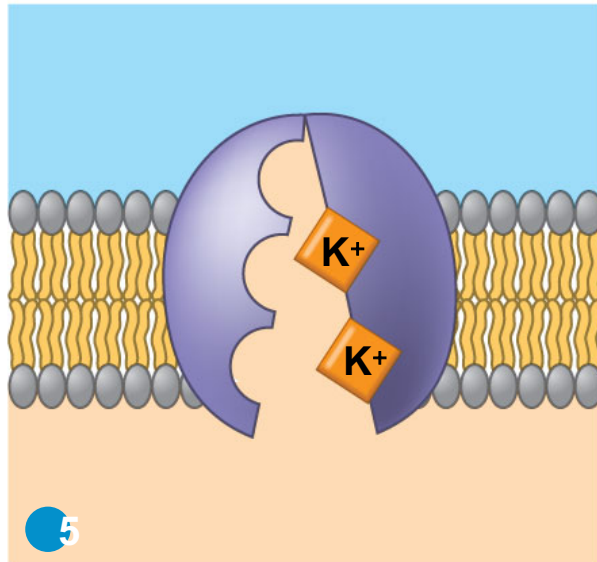
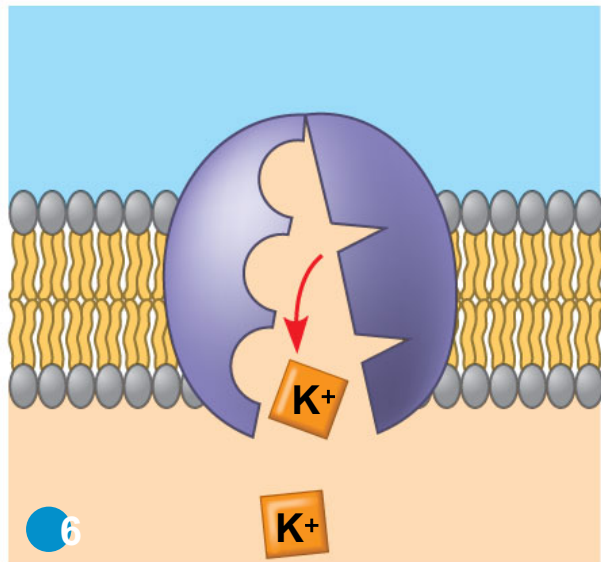
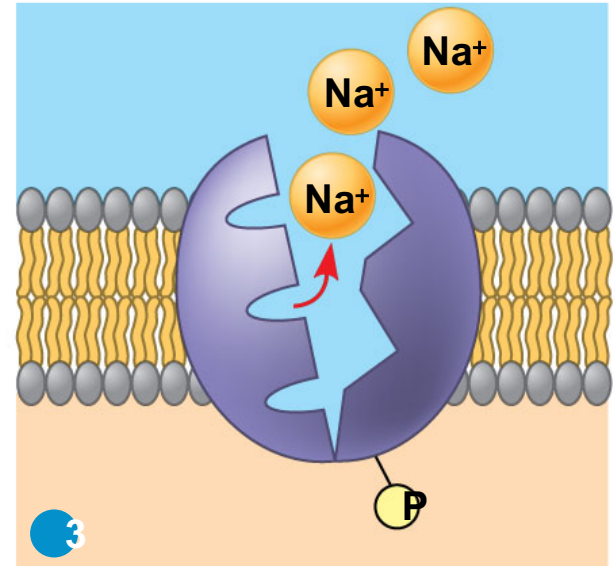
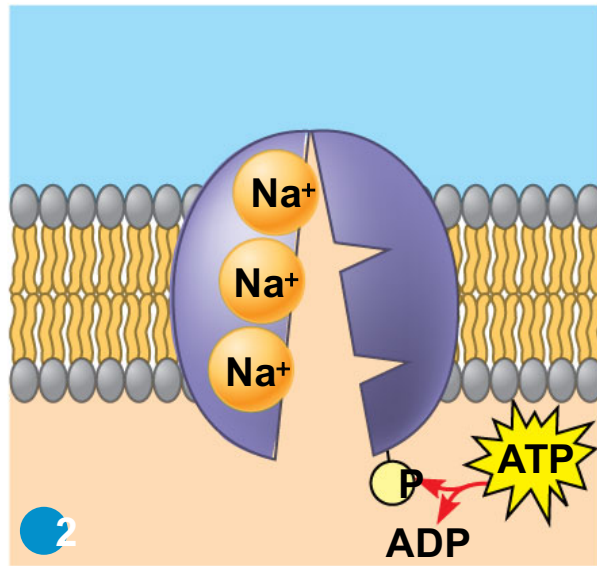
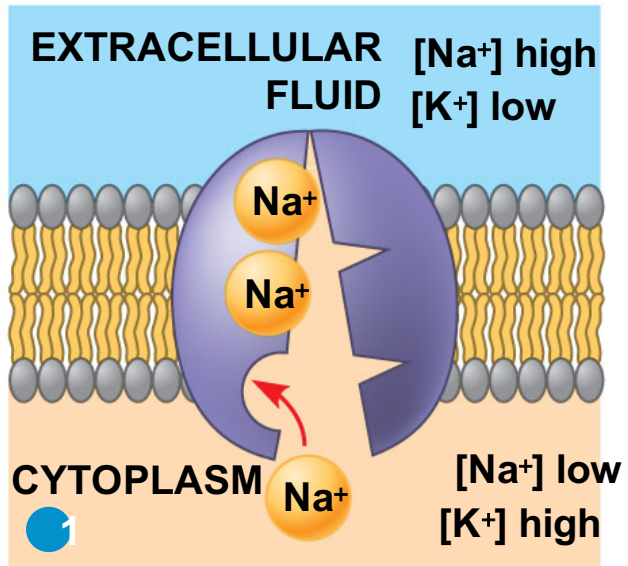


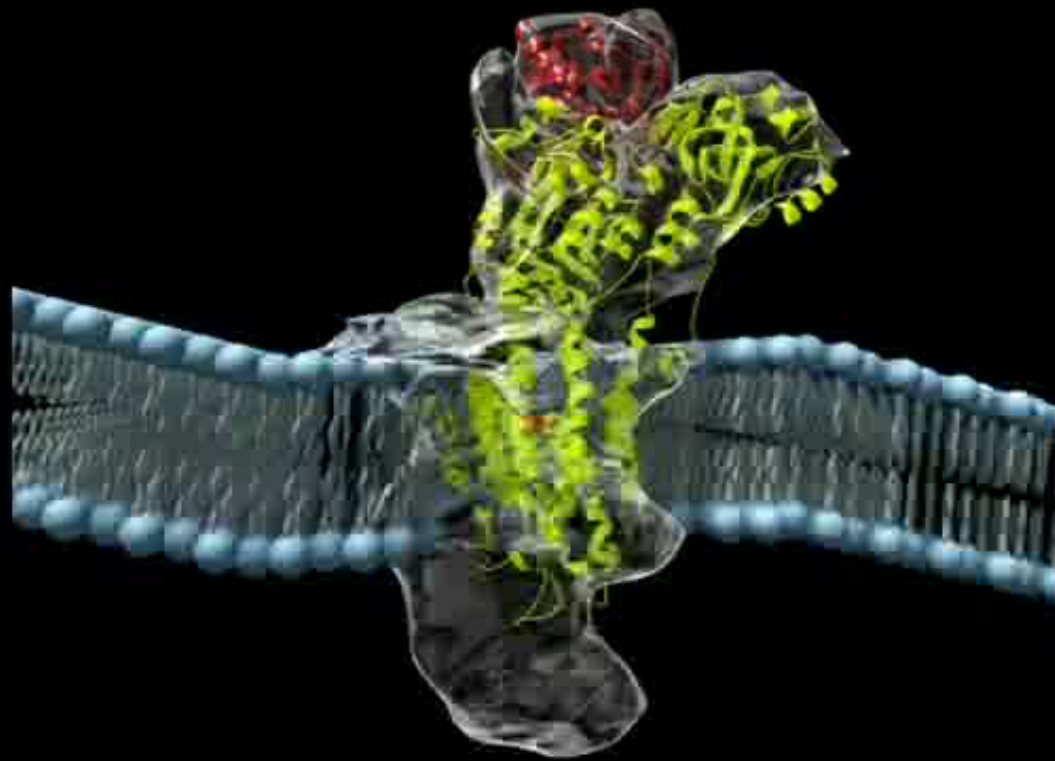










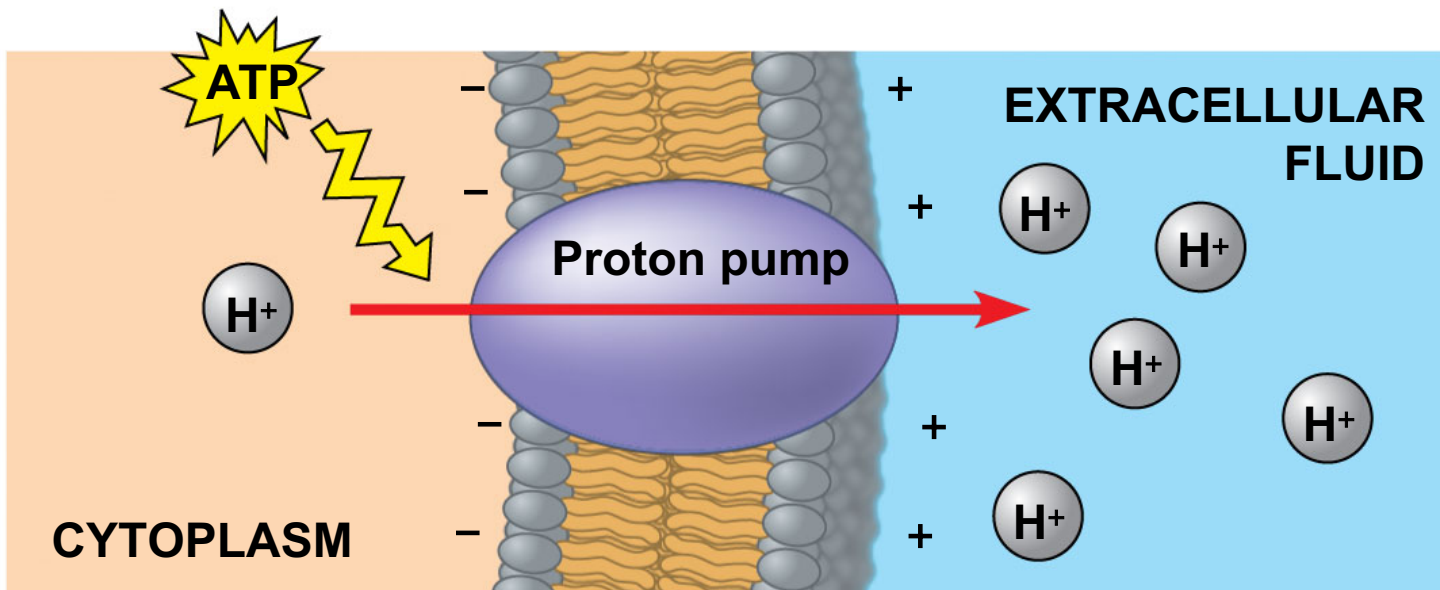


Na,K-ATPase

Az ion pumpák membrán potenciált alakítanak ki

- **A membrán potenciál** feszültség különbség a membrán két oldala között, mely a különböző töltések egyenlőtlen megoszlása miatt jön létre
- Az ionok mozgására az **elektrokémiai gradiensük** hat (a koncentrációjuk és a töltésük)

- Az **elektrogén pumpák** olyan transzport fehérjék, melyek feszültség különbséget generálnak a membránon
- Állati sejtekben a **Na⁺-K⁺ pumpa** a legfontosabb elektrogén pumpa
- Növényekben, gombákban és baktériumokban a legfőbb elektrogén pumpa a **proton pumpa**
- Az elektrogén pumpák segítenek energiát tárolni, melyet a sejt később felhasználhat



Kotranszport: Másodlagos aktív transzport

- **Kotranszport:** másodlagos aktív transzport az elektrokémiai gradienssel szemben - egy másik ion elektrokémia hajtóereje hajtja
- A növényi sejtek gyakran a proton pumpa általa generált elektrikémiai gradienst használják fel más anyagok aktív transzportjához

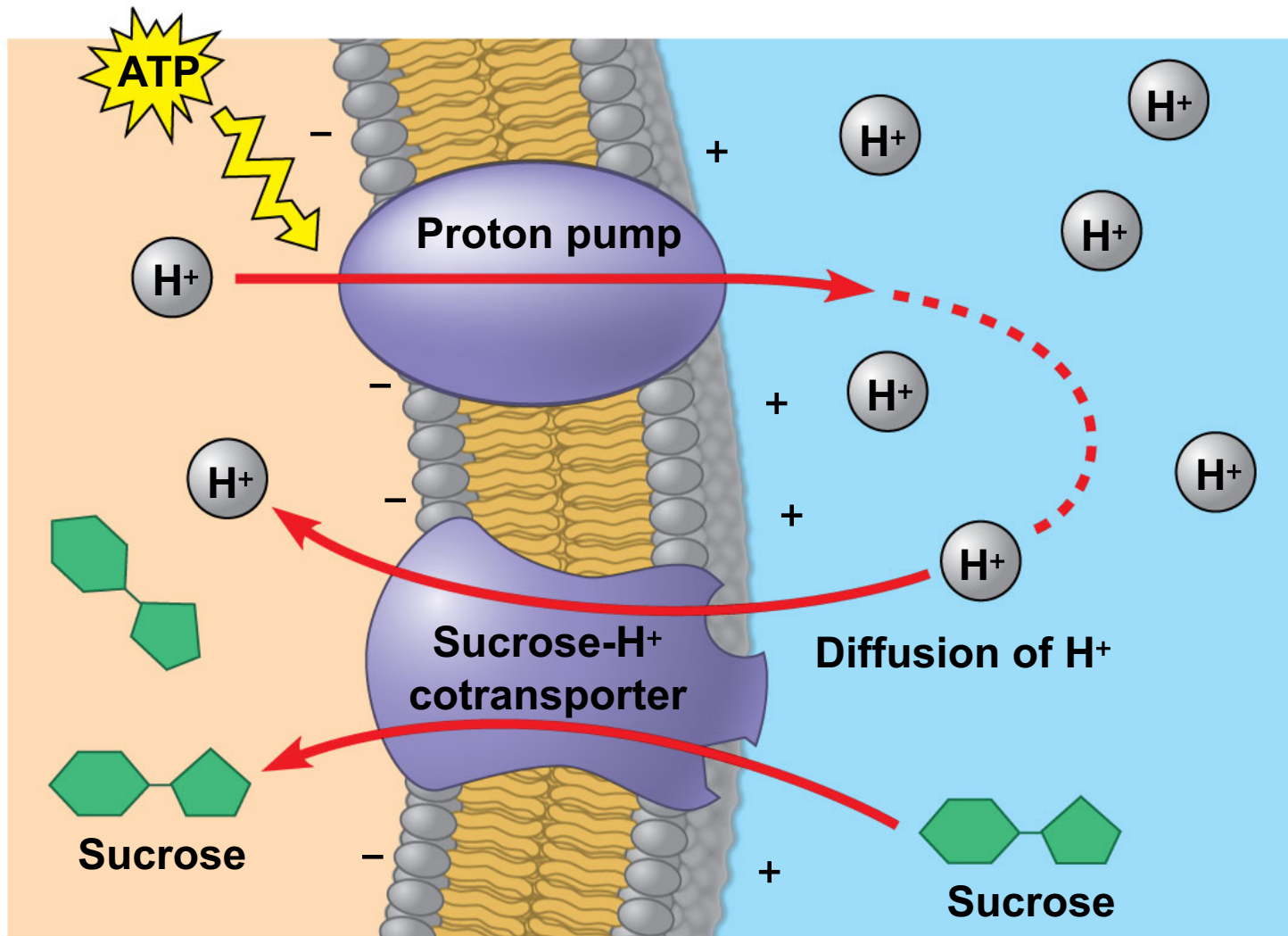
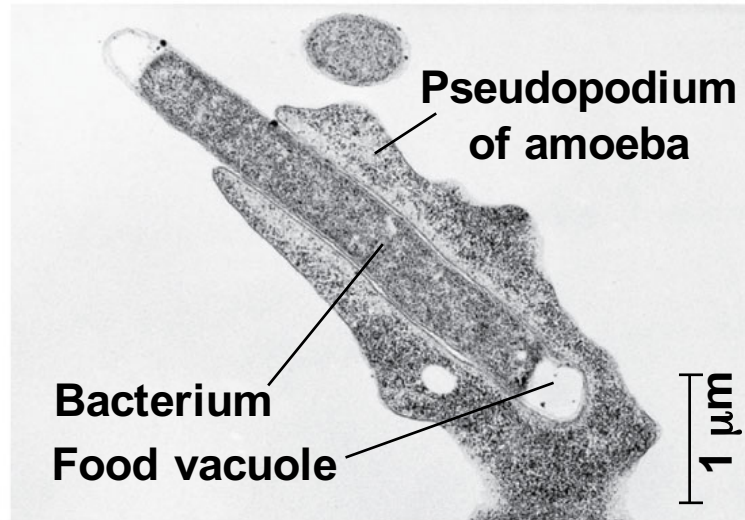


Figure 7.22a

Phagocytosis



An amoeba engulfing a bacterium via phagocytosis (TEM).

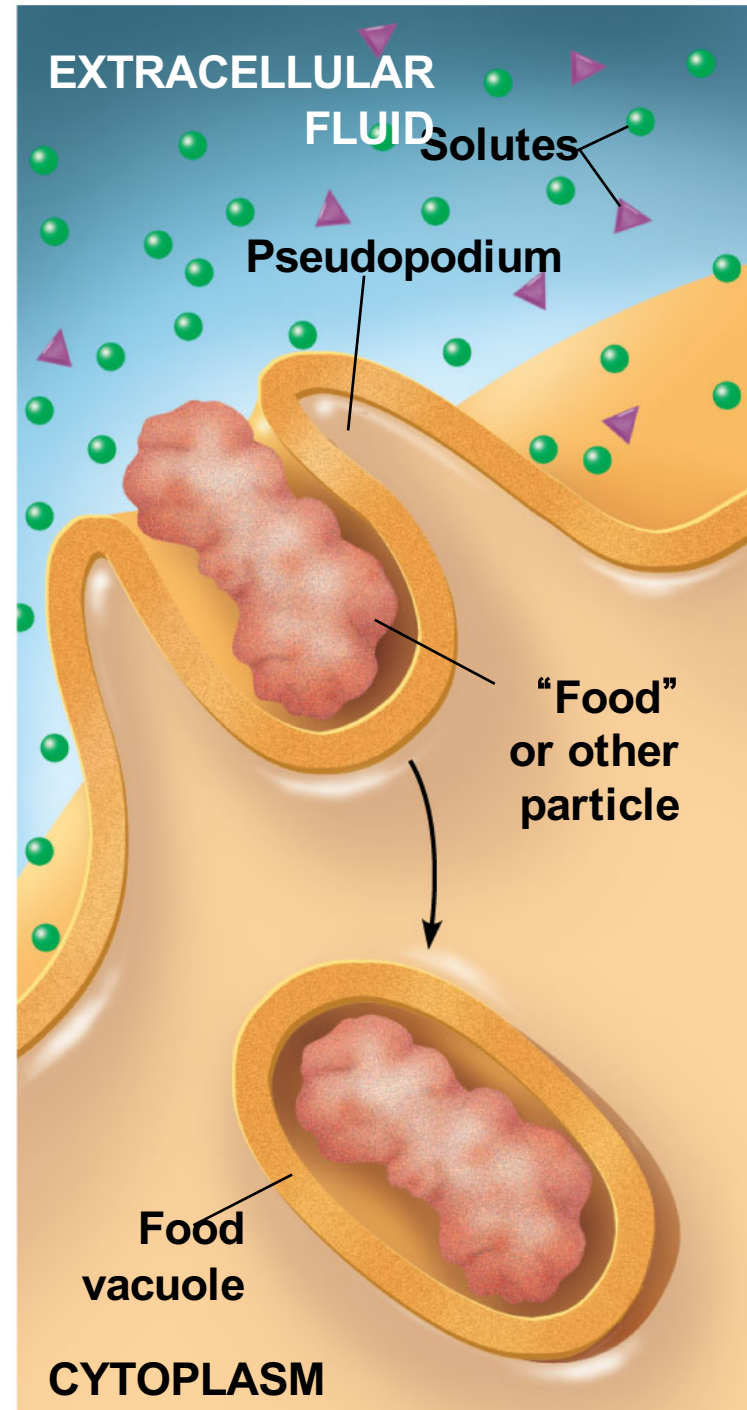
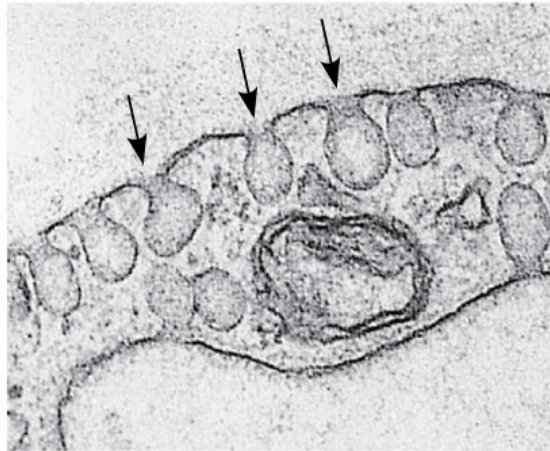


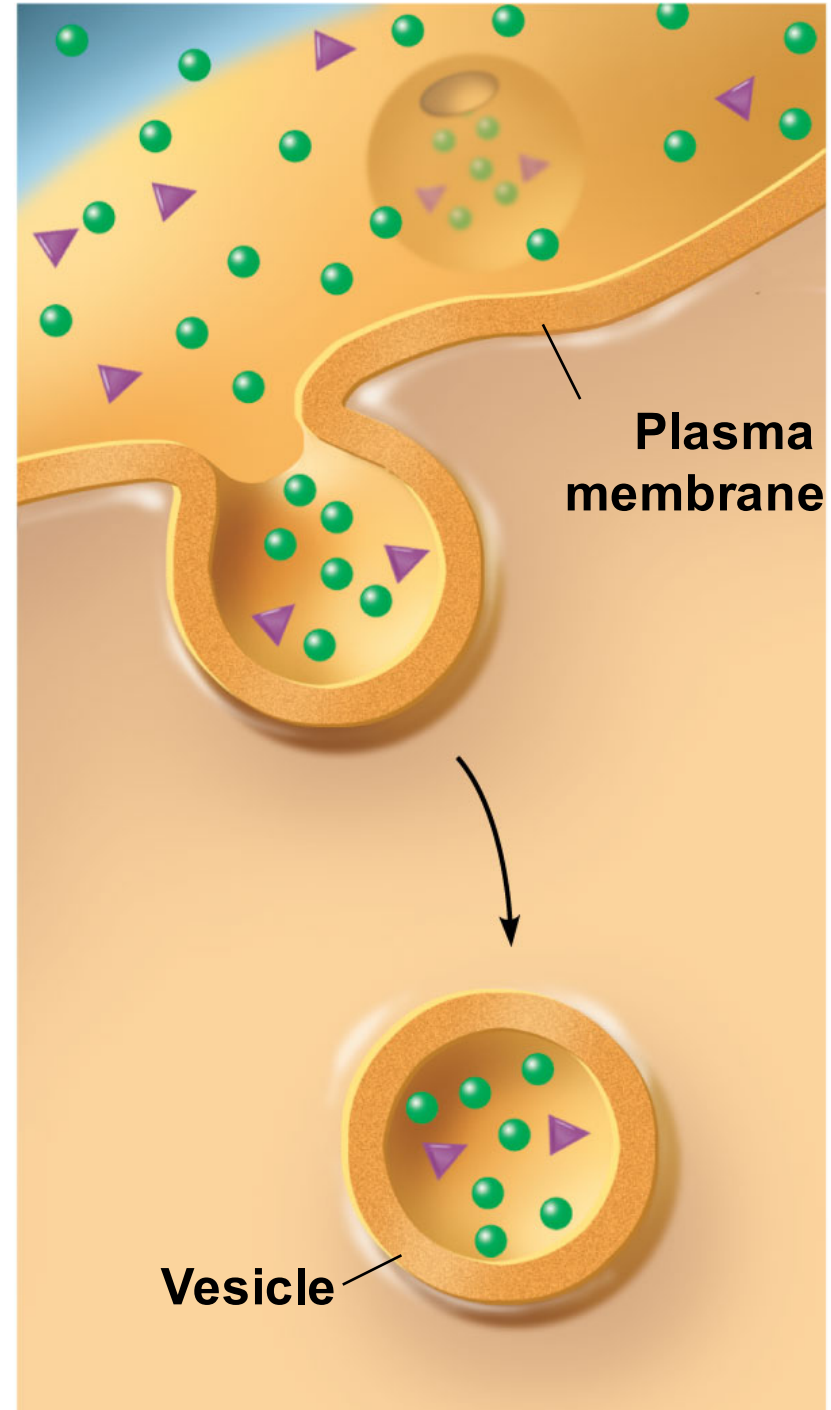
Figure 7.22b

Pinocytosis

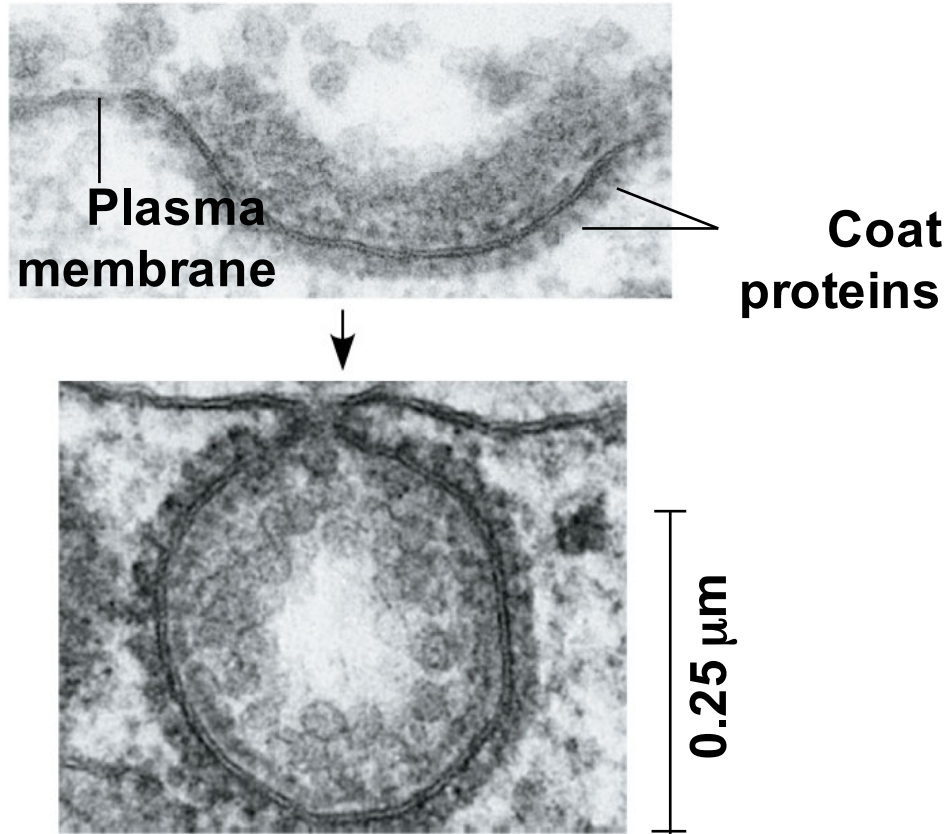


0.5 μm

Pinocytosis vesicles forming in a cell lining a small blood vessel (TEM).



Receptor-Mediated Endocytosis



Top: A coated pit. Bottom: A coated vesicle forming during receptor-mediated endocytosis (TEMs).

