

BIOLÓGIA ALAPJAI

(BMEVEMKAKM1; BMEVEMKAMM1)

Környezetmérnök (63) és műszaki menedzser (240) hallgatók számára (Hé 10.15-11.45; QAF15.)

2 + 0 + 0 óra, félévközi számonkérés

2 ZH: november 3. (9. hét), december 8. (14. hét)

Előadó: Bakos Vince, egyetemi tanársegéd

Előadások anyaga: Dr. Pécs Miklós, Bakos Vince

Elérhetőség: Ch. ép. alagsor 36. (Szennyvíz laboratórium)

Tel: 463-1243; Email: vbakos@mail.bme.hu

Írásos segédanyagok (végleges verziók a zh-k előtti utolsó órák napján éjfélig kerülnek fel: ...friss.pdf elnevezéssel):

http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/mezgaz/biologia_alapjai hálózati elérési útvonalon

Követelmények (szintén a hálózaton)



A tananyag felépítése:

Sejttani alapok:

a sejtek típusai,
sejtalkotók,
a fő biokémiai folyamatok

Biológiai szabályozás:

az enzimműködés szabályozása,
genetikai szabályozás, génmani-
puláció,
emberi hormonális szabályozás,
az idegsejtek működése

Az egyes szervek/szerv- rendszerek biokémiai műkö- dése

emésztés, felszívódás
a máj és az epe
a vese
az izomműködés
a vér

Testidegen anyagok mozgá- sa a szervezetben, farmako- kinetika



Élet, élő állapot

- Életerő elmélet (vis vitalis): kb. 200 évvel ezelőtt, szerves anyagot csak élőlények képesek előállítani. Cáfolat: Wöhler (1828.), karbamid szintézise
- Életjelenségek:
 - Önfenntartó: anyagcsere, mozgás, növekedés.
 - Önszabályozó: ingerlékenység
 - Önreprodukáló: szaporodás, öröklődés
 - **Élő-e vagy sem?...** (kristály képes növekedni, Hg-csepp két cseppre szétesni, a film hőhatásra hajlik, víz párolog, stb.)
- Életkritériumok
 - Életprogram (felépítésre és működésre vonatkozó információk)
 - Anyagcsere
 - Önszaporító képesség
 - Működési egység (szabályozó rendszer)
- Nagyfokú rendezettség, kicsi entrópia: E bevitel szükséges!



I. Prokarióták és eukarióták

Karyon = sejtmag pro- = elő/első eu- = valódi/jó/igazi

Alapvető különbség: nincs/van valódi, körülhatárolt sejtmagjuk

Evolúcióban: a prokarióták az ősi, egyszerűbb formák, az eukarióták összetettebbek, később jelentek meg

Prokarióták: a baktériumok, beleértve a fonalas szerkezetű sugárgombákat (Actinomycetales) is, és a kékmoszatok (Cyanobacterales)

Eukarióták: élesztők, fonalas gombák, protozoák, zöldmoszatok, és az összes többsejtű élőlény



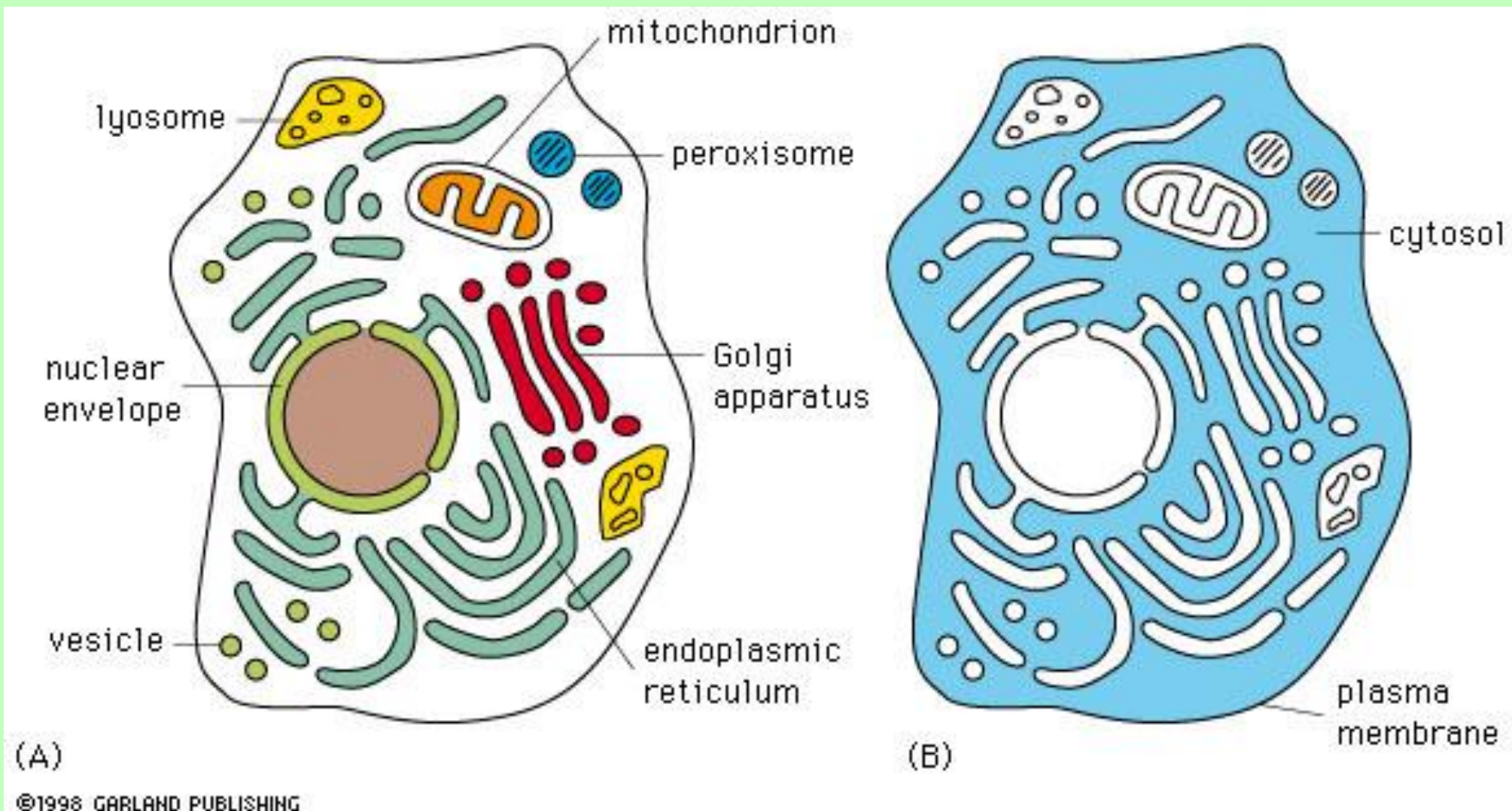
| | Prokarióták | Eukarióták |
|-------------------|---|--|
| Sejtszerveződés | egysejtű | főleg soksejtű, a sejtek differenciálódtak |
| Sejtméret | kicsi, 0,2 – 10 μm | nagyobb, 10 – 100 μm |
| Anyagcsere | aerob vagy anaerob | aerob esetleg fakultatív |
| Sejtfalak | jellegzetes szénhidrát + peptid térháló | változatos, cellulóz, kitin, szénhidrát, v. hiányzik |
| Belső membránok | nincsenek | vannak |
| Organellumok | nincsenek | mitokondriumok, kloroplasztiszok |
| Kompartimentáció | nem jellemző | jellemző |
| Citoplazmaáramlás | nincs | előfordul |



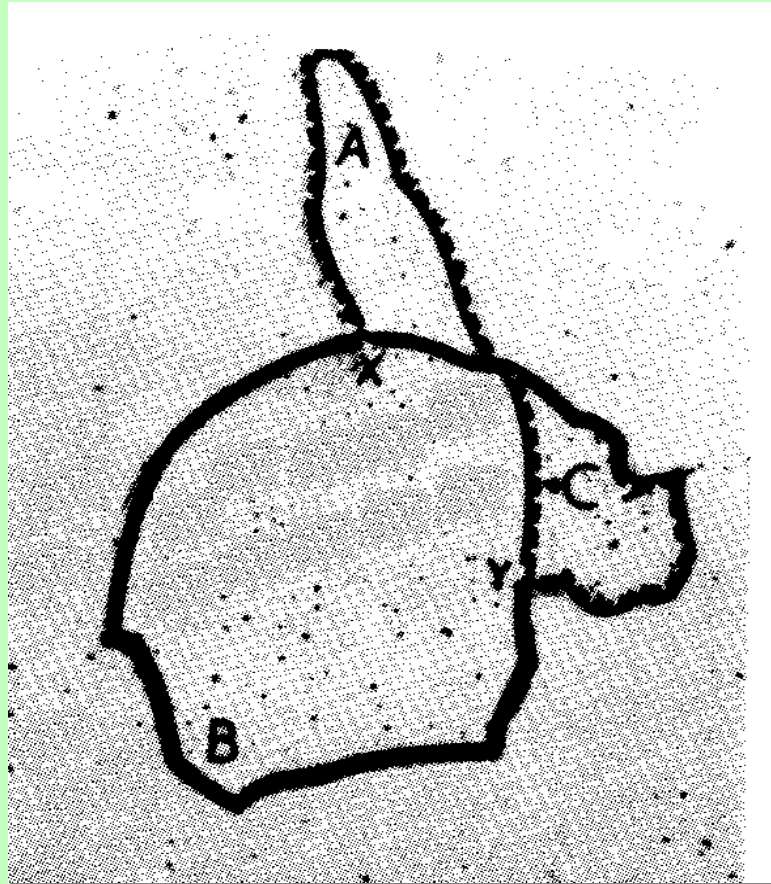
| | Prokarióták | Eukarióták |
|-----------------------|--|---|
| Genetikai organizáció | Egyetlen gyűrűs DNS molekula szabadon a citoplazmában, vagy egy ponton a membránhoz rögzítve | Kromoszómába organizálódott, hisztonokkal társult DNS, maghártyával körülvéve |
| Mozgásképeség | Nincs, illetve flagellinből álló csillókkal vagy ostorokkal | Nincs, illetve tubulinból álló csillókkal vagy ostorokkal |
| Szaporodás | Osztódás, hasadás | Mitózis, meiózis |



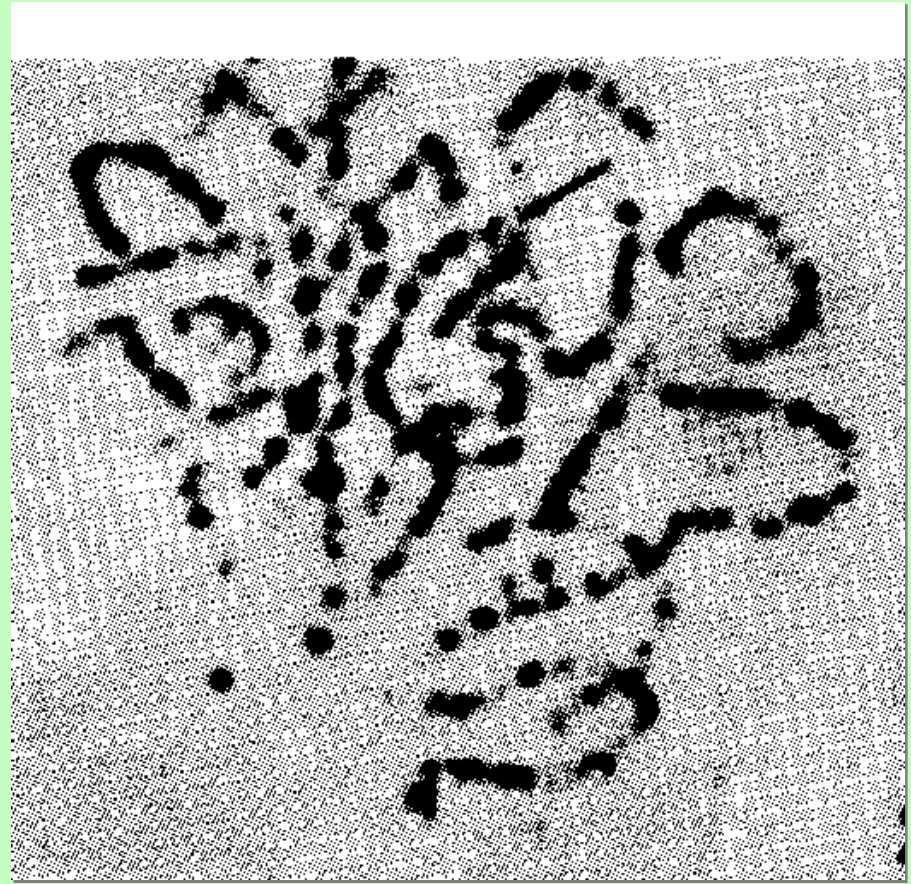
Az eukarióta sejt



Prokarióta DNS (*E. coli*) (duplikálódás közben)



Eukarióta DNS (kromoszómák)



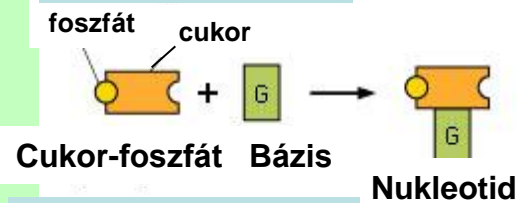
A DNS molekula szerkezete

II. Sejtalkotók

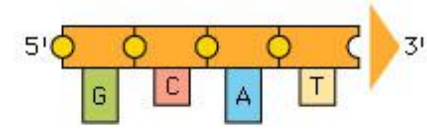
DNS

Igen stabil szerkezet, a kettőshélix szétválásához 95 °C-on kell „főzni”.

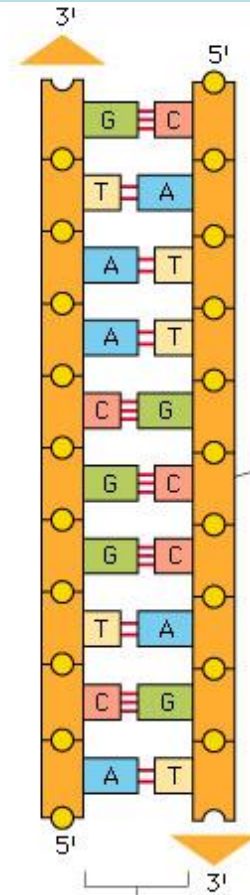
Építőkövek



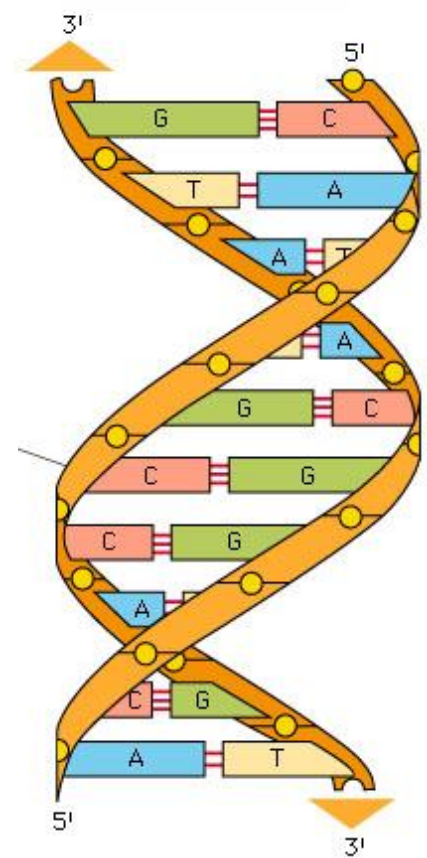
DNS szál



Dupla DNS szál



DNS kettős hélix



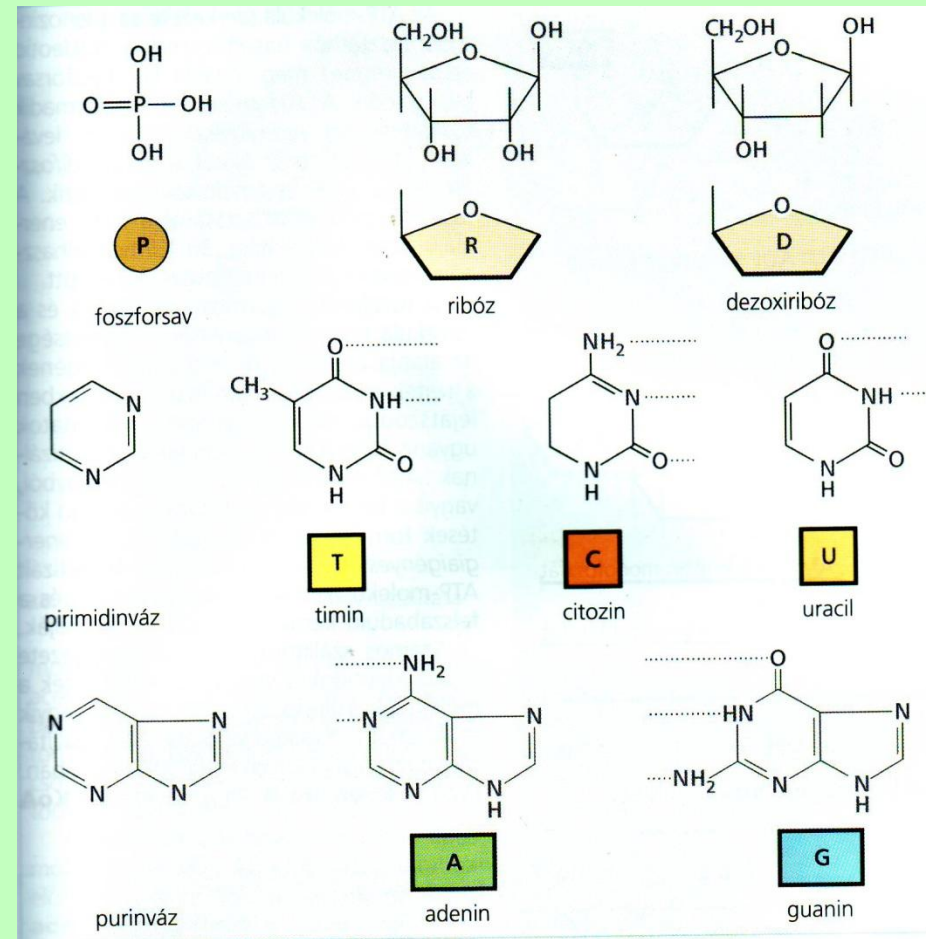
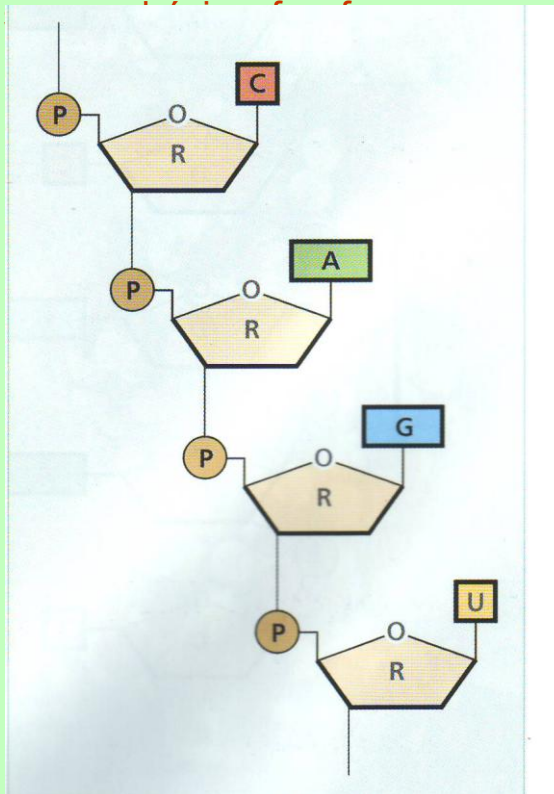
Hidrogén kötéssel összetartott bázis párok



BME

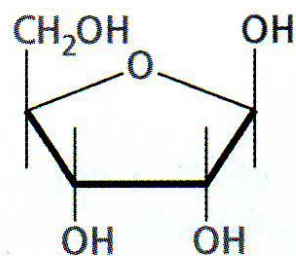
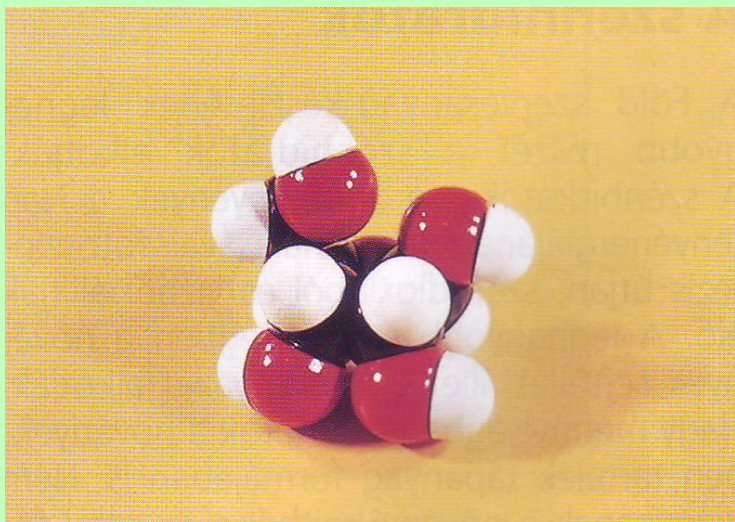
Nukleinsavak

- Előfordulásuk: a genetikai állományban (genom, örökítő anyag: DNS), ill. annak transzkripciója (átírás RNS-re) és transzlációja (fehérje szintézis) során.
- Építőkövei:
 - Nukleotidok:
cukor + nitrogéntartalmú

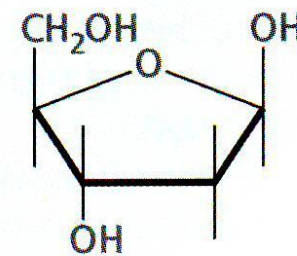


Nukleotidokat alkotó pentózok

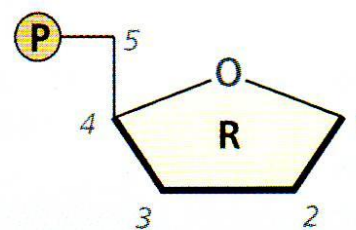
- Ribóz és dezoxi-ribóz (pentózok): DNS és RNS alkotórészei



ribóz
 $C_5H_{10}O_5$



dezoxiribóz
 $C_5H_{10}O_4$



ribóz-5-foszfát



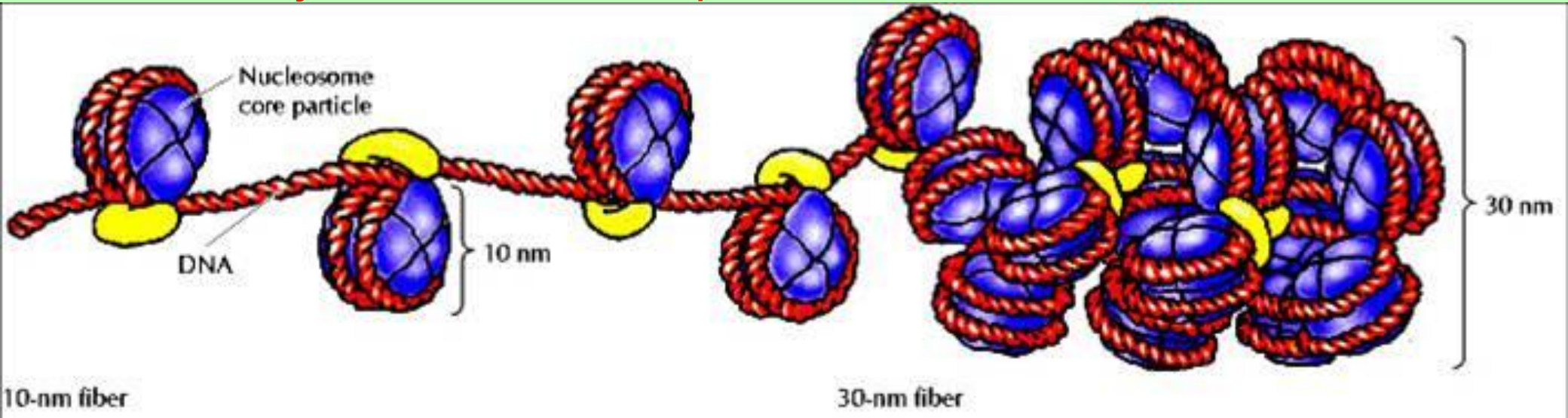
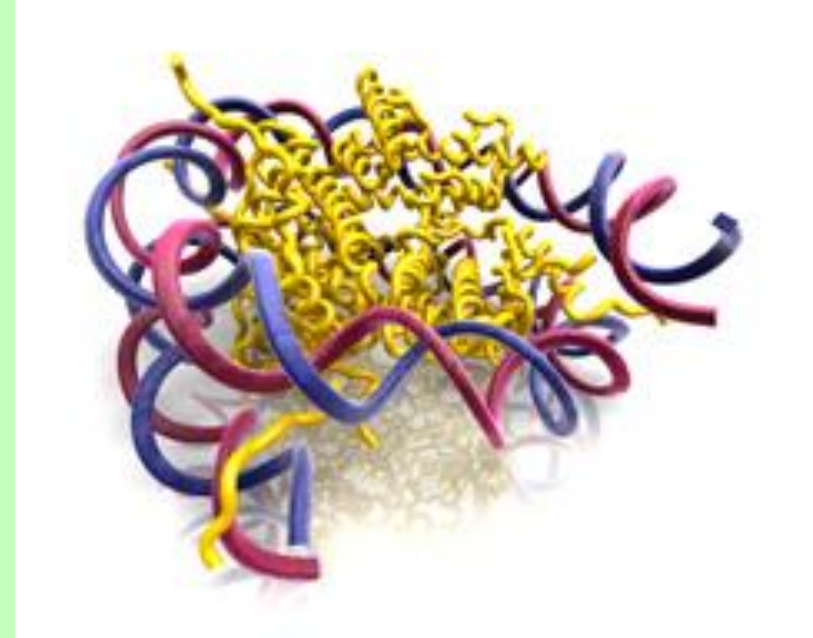
1. A DNS SZERKEZETE

A kromoszómák finomszerkezete:

A DNS gömb vagy korong alakú hisztonokra (bázikus fehérjékre, strukturális fehérje) tekeredik fel.

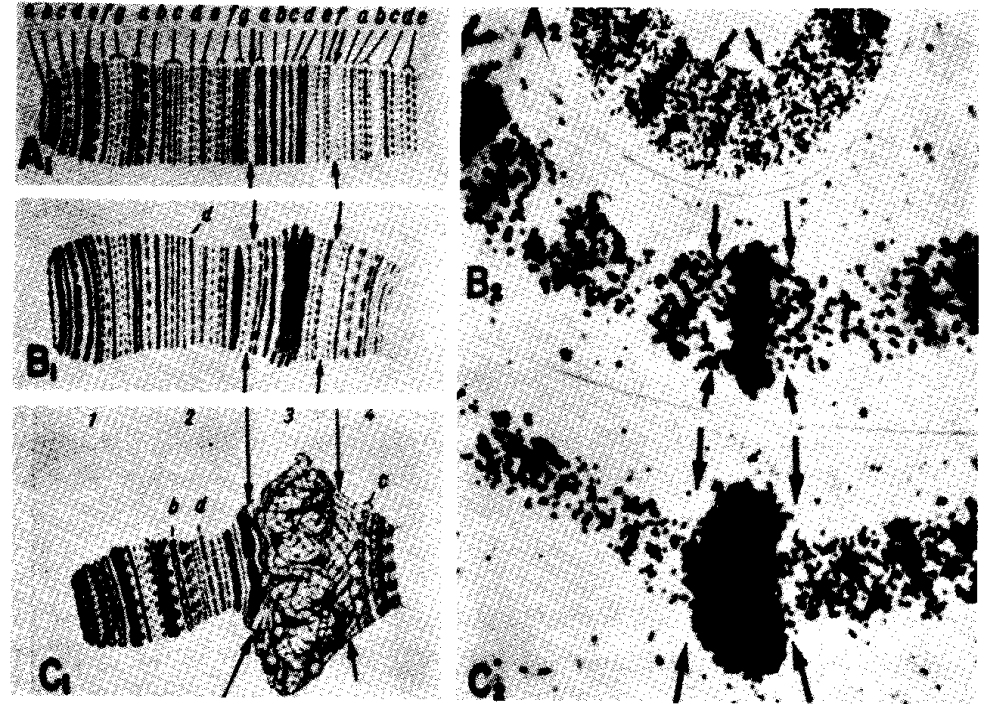
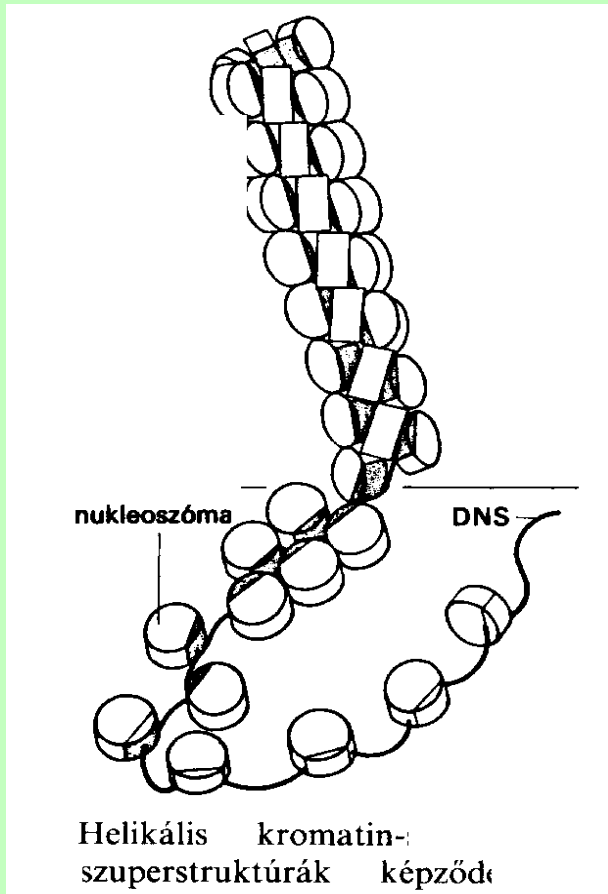
(Vannak nem hiszton fehérjék is.)

Kromatin: a nukleáris DNS ezen fehérjékkel alkotott komplexe.



A nukleoszómák „gyöngy-sor-kötegeket” alkotnak

Az aktív kromoszómákon gyakran vannak duzzadások, *puffing*-ok. A kromoszóma szerkezete fellazul, a gének hozzáférhetővé válnak

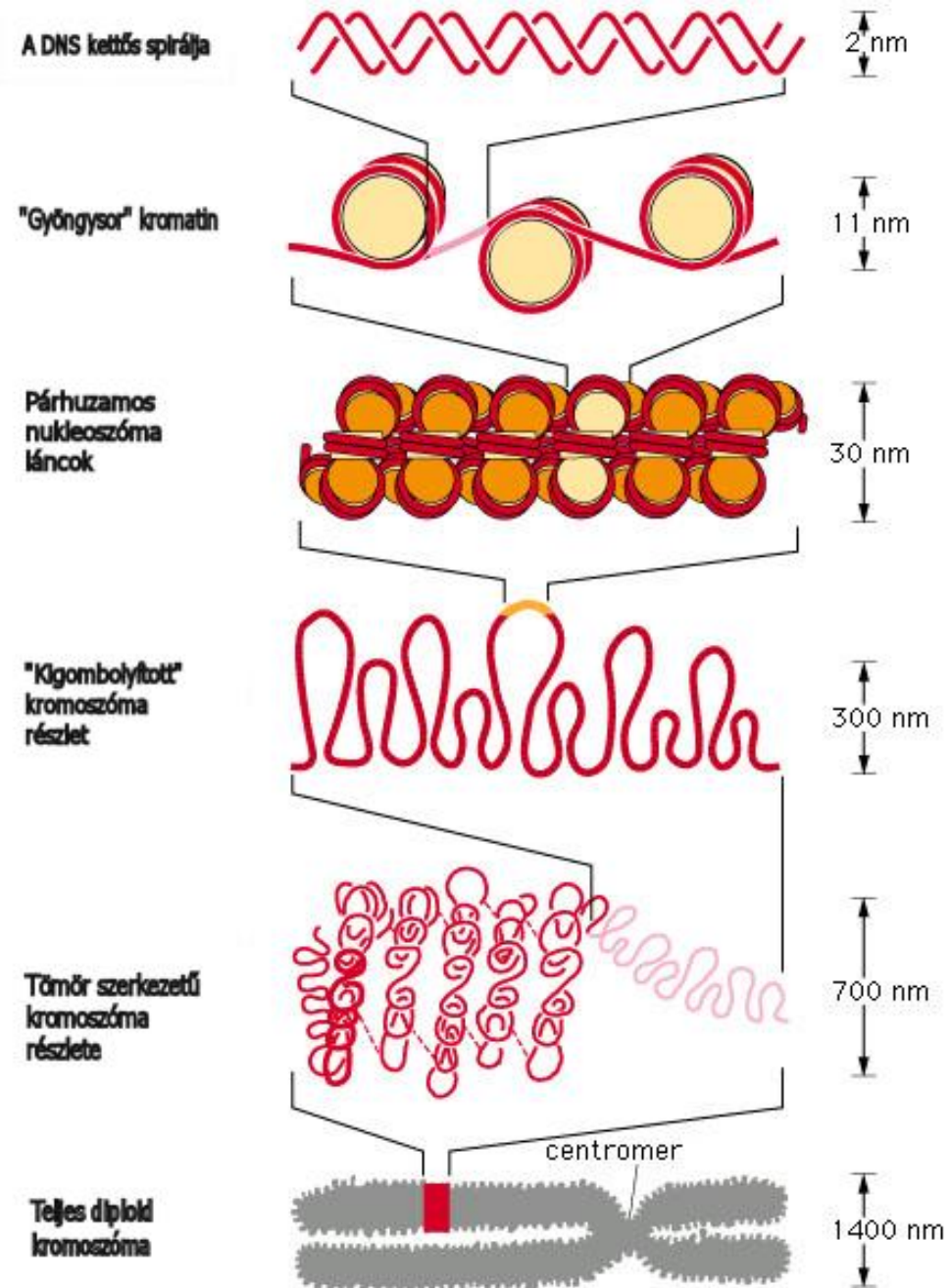


13.14. ábra. A *Rynchosciara angelae* chromosomájának „puffjai” a kialakulás különböző stádiumaiban (A₁, B₁, C₁) Feulgen-szerint festve (Pavan és Breuer nyomán, 1952). A₂, B₂, C₂, a chromosoma azonos régiói, azonban H³-thymidinnel kezelt lárvákból. A „puffokból” a DNS mennyisége hatalmas mértékben megnövekedett (

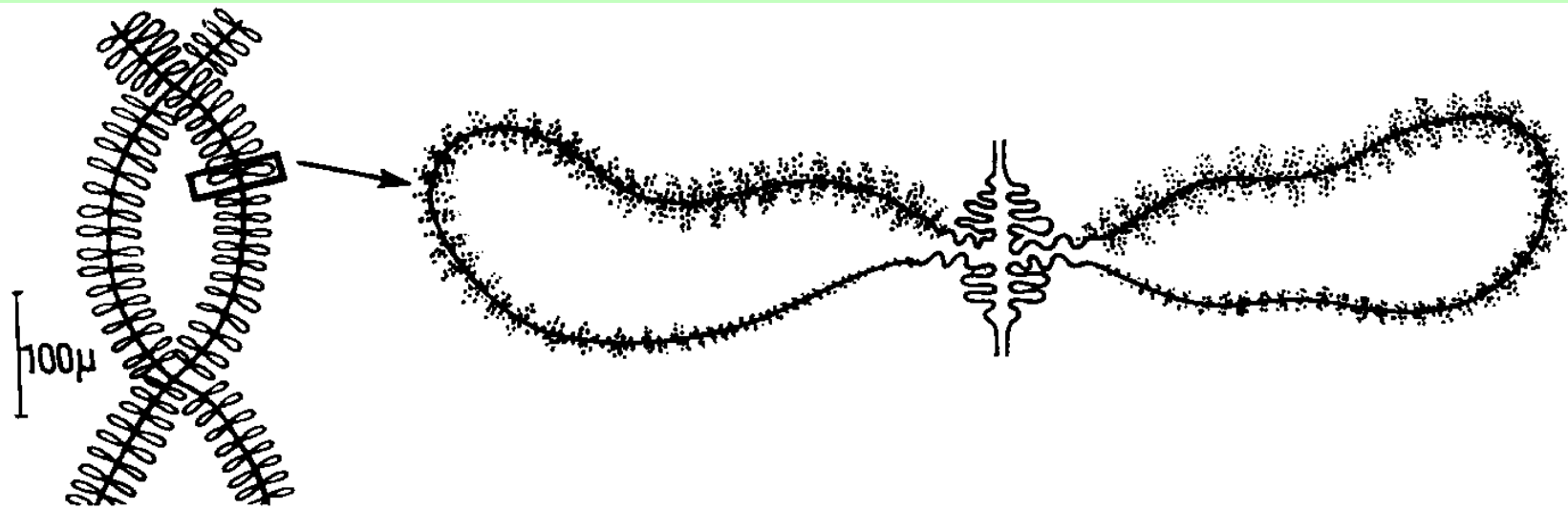


A DNS tömörítése

- A DNS feltekert és többszörösen összehajtogatott formában tárolódik a kromoszómákban.
- A DNS szál kb. 50.000-szer hosszabb, mint a kromoszóma



A kiírás során keletkeznek un. *lámpakefe* kromoszómák. A DNS hozzáférhető hurkokat alkot, de nincs szabad láncvég



Triturus-petesejt lámpakefe-chromoszómainak vázlata. *Baloldalt*: kis nagyítással. *Jobboldalt*: nagyobb nagyítással; jól láthatók a hurkokat alkotó oldalnyúlványok, valamint a chromonemák spiralizációja



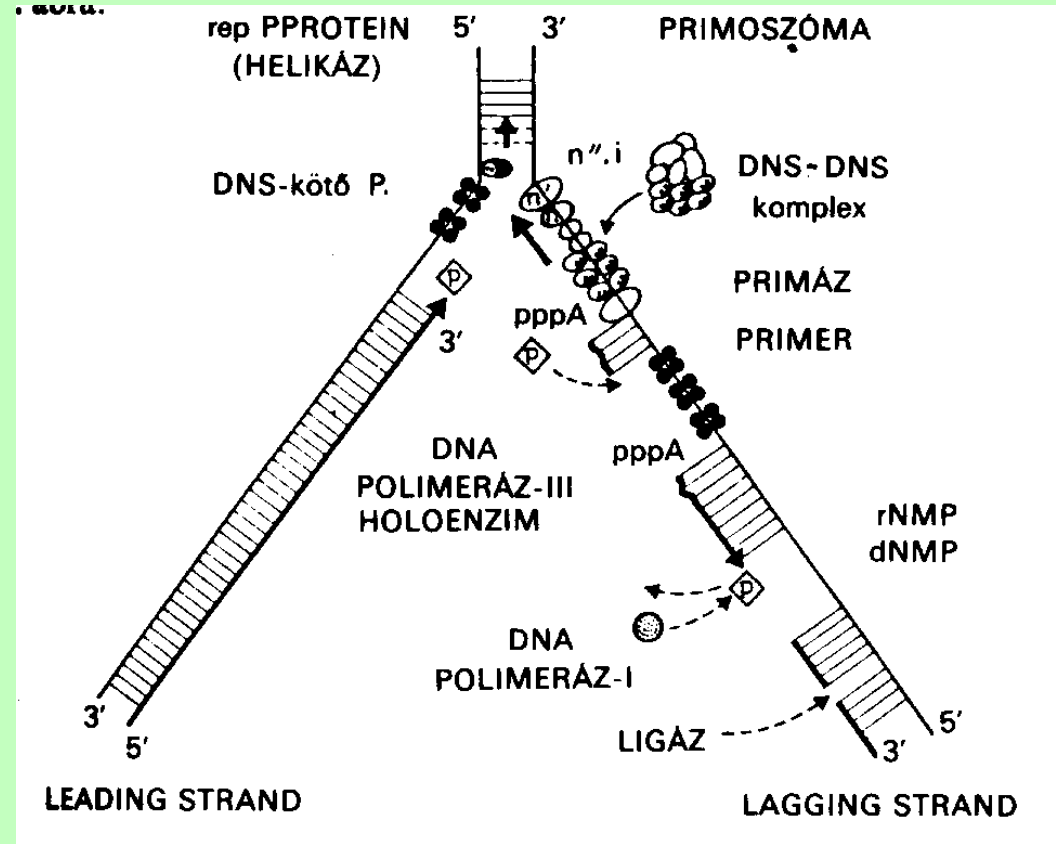
A Genom és feltérképezése

- A kromoszómákban tárolt genetikai információ a genom
- *E. coli*: $4,7 \cdot 10^6$ db nukleotid (cirkuláris DNS)
- Humán genom $6 \cdot 10^9$ nukleotid pár 46 kromoszómában (22 pár autoszóma és 2 szex kromoszóma): 1,9 μm oldalú kocka
- James Watson (amerikai biológus), Francis Crick (angol biofizikus) és Maurice Wilkins (angol biofizikus); 1953.
 - A DNS molekula felépítése, működési alapok leírása (Wilkins)
 - Spirális szerkezet, 2 nm átmérő, egy teljes csavarulat 3,4 nm (Wilkins)
 - Modell (fizikai és kémiai tulajdonságok) (Watson és Crick)
- Genotípus és fenotípus

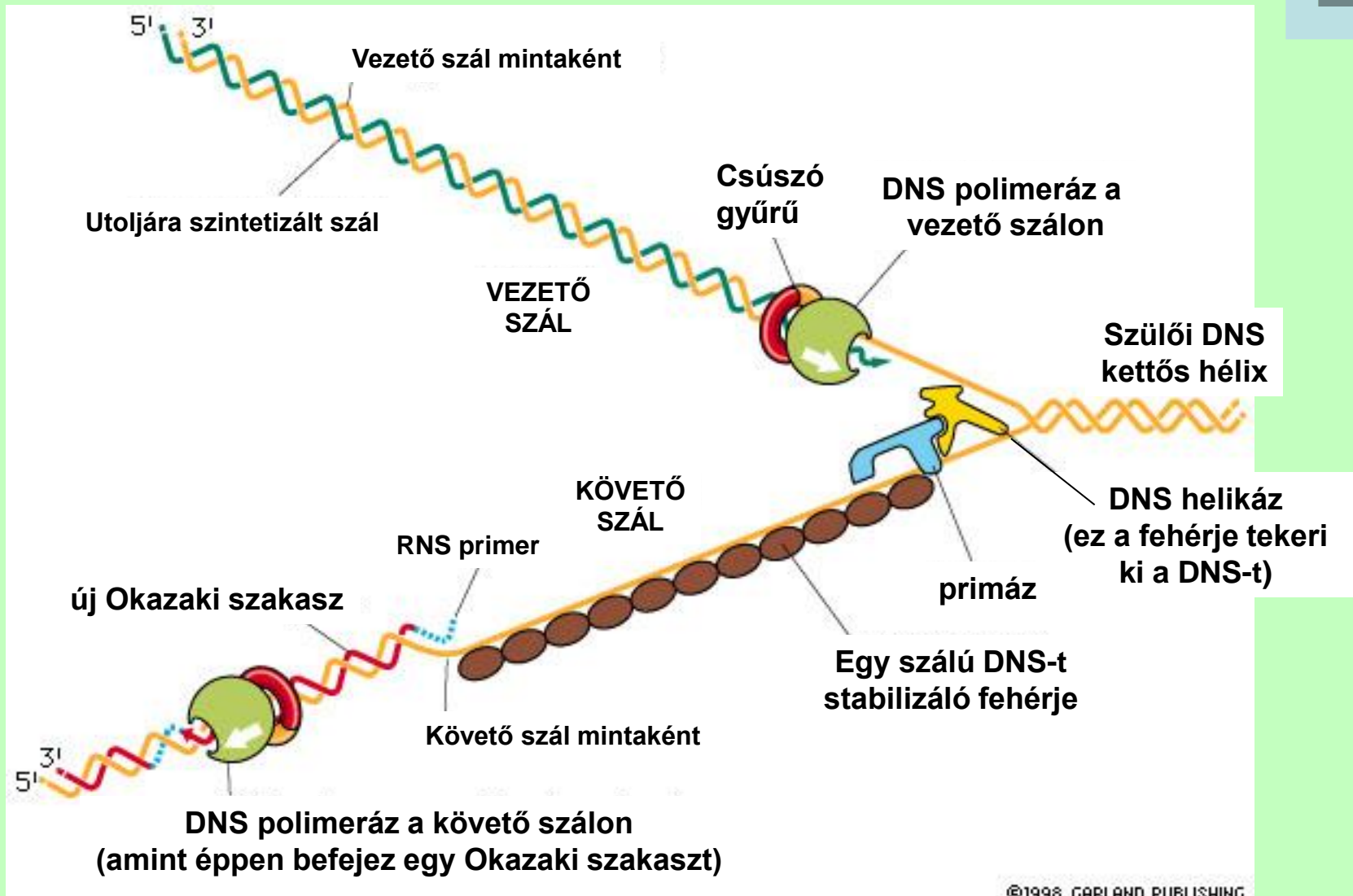


2. A DNS funkciói, működése

- **Átírás DNS-ről DNS-re:**
DNS replikáció – a sejtmagban
 - szétcsavarás (helikáz)
 - replikációs villa
 - komplementer szálak szintézise
 - „ellentétes irányú” szintézis (a másolandó – minta, templát - DNS szálak lefutásának megfelelően mindkét szálon 3' – 5' irányban halad.
 - Vezető szál és követő szál
 - Okazaki fragmensek



A DNS replikációs gépezet



REPAIR (újrapárosító, javító, reparáló) mechanizmusok



olyan enzimrendszerek, amelyek képesek a DNS hibáit kijavítani.

Hibák (mutációk):

- másolási hibák
- környezeti hatások

Egy enzimkomplex csak egy bizonyos hibát ismer fel és tud kijavítani.

Minél fejlettebb egy faj, annál többféle repair enzimrendszere van. Már a prokariótáknál is megjelenik.

A repair hatékonysága szabályozás alatt áll, állandó a mutációs ráta. (klíma – hőmérséklet)



3. Átírás DNS-ről RNS-re: transzkripció

- Átírás DNS-ről mRNS-re: a fehérjeszintézis első lépése (transzkripció)
 - kodogén (kódoló) szál, - néma szál

A sejtmagban történik.

- Átírás DNS-ről más RNS-re, (riboszóma RNS, transzfer RNS) ezek bázissorrendje is itt tárolódik, szintézisük direkt átírással történik

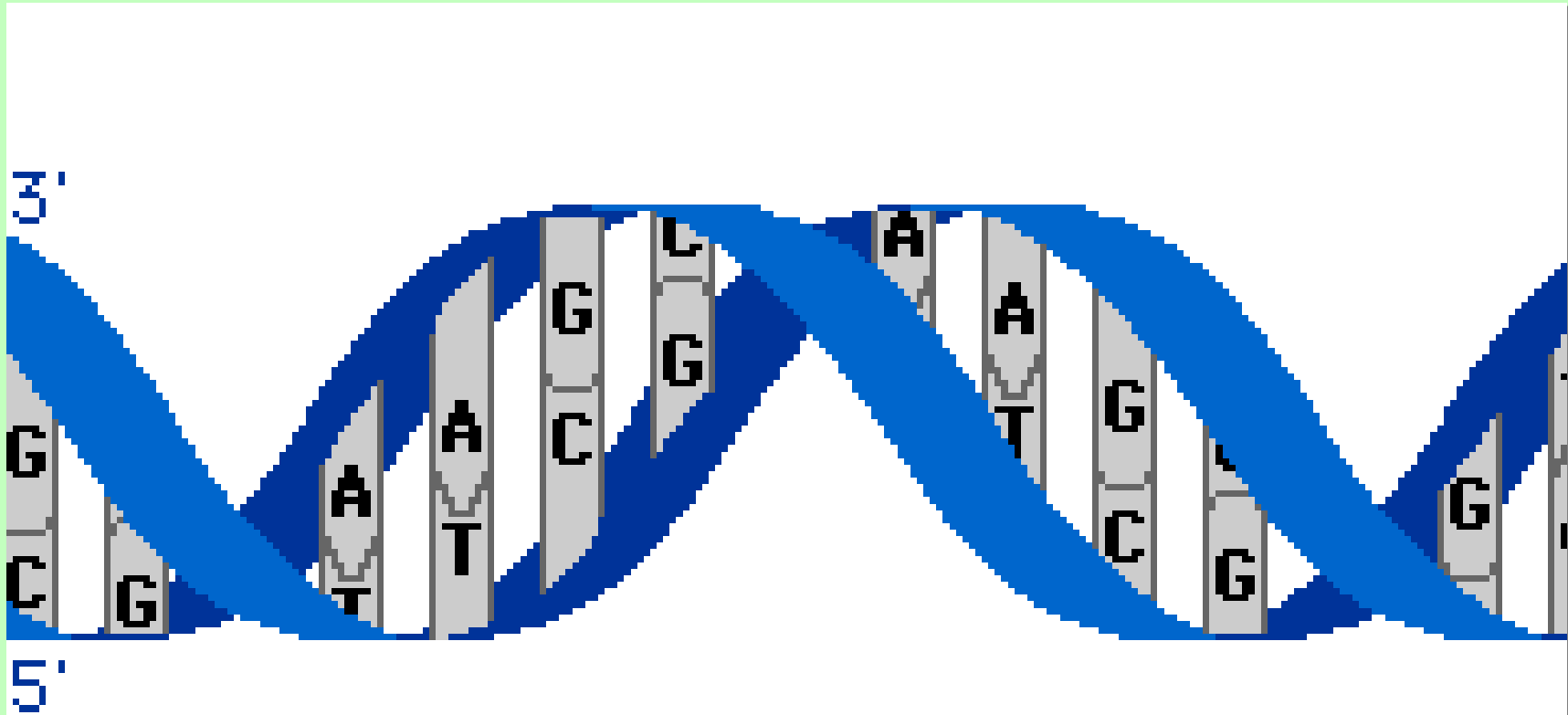
DNS (Adenin, timin, citozin, guanin)

RNS (Adenin, uracil, citozin, guanin)

- Messenger RNS (mRNS)
- Riboszomális RNS (rRNS)
- Transzfer RNS (tRNS)



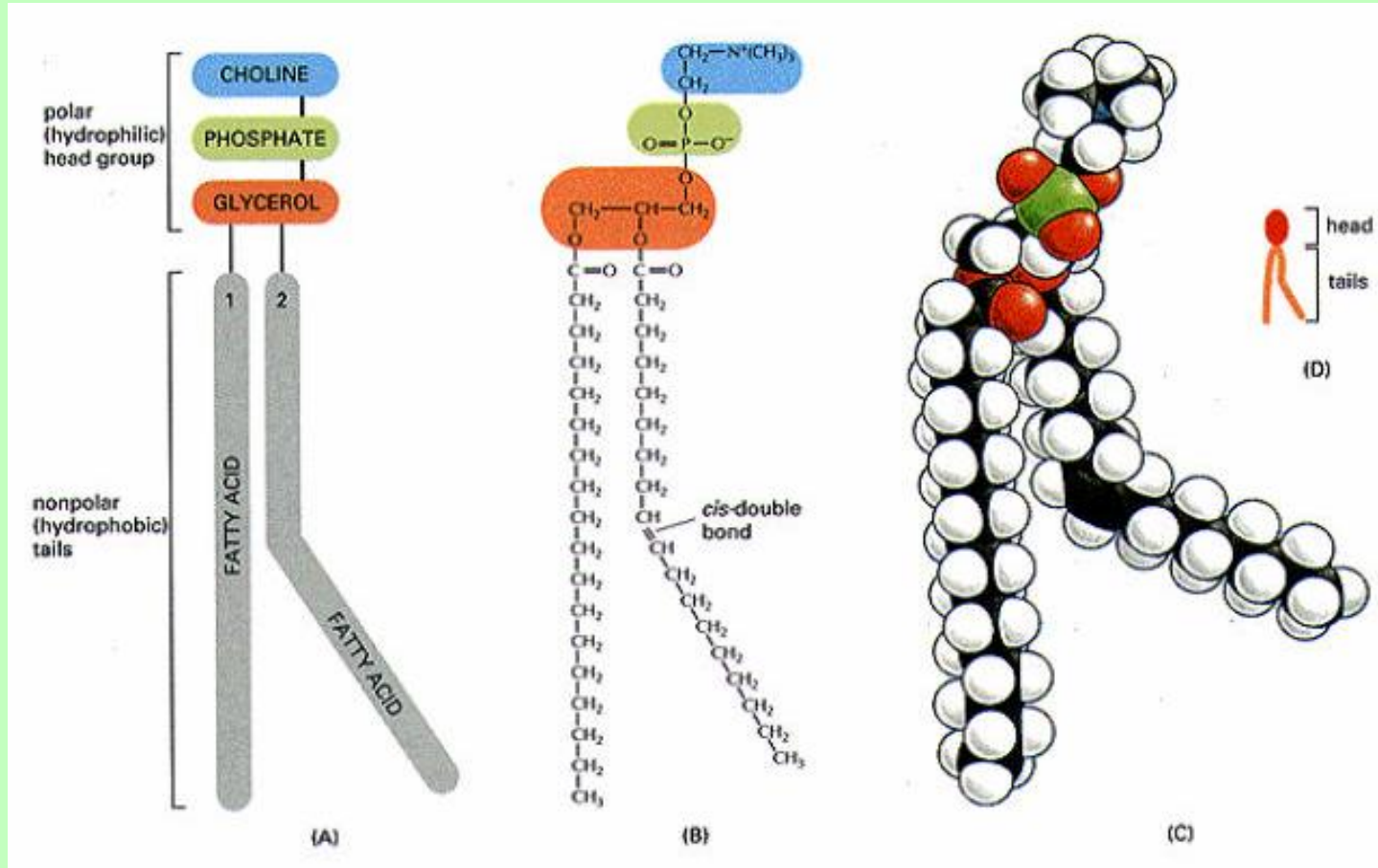
Átírás mRNS-re: transzkripció



Biológiai membránok

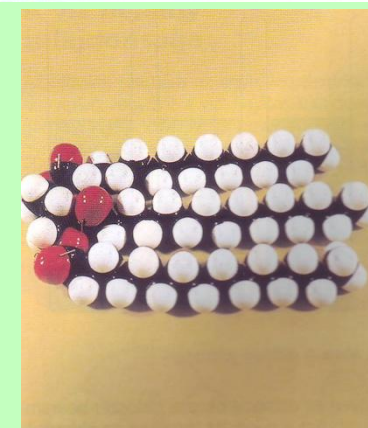
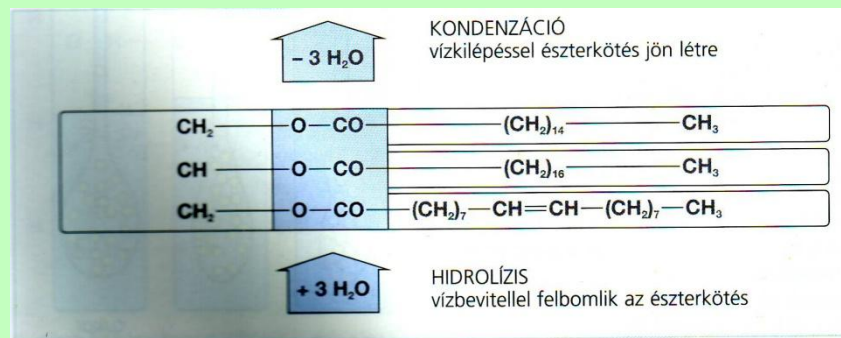
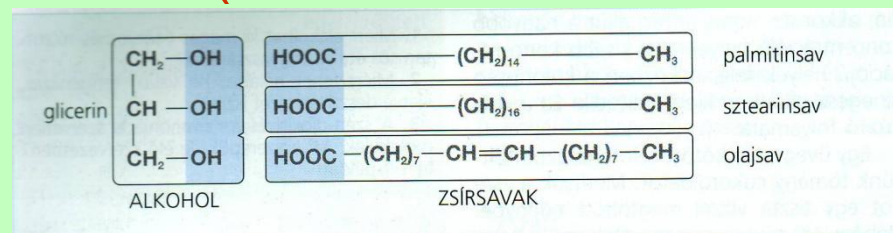
1. Szerkezet: foszfolipid kettősréteg + fehérjék

A foszfolipid molekulák két részből állnak: apoláris (hidrofób) alkil-láncokból és poláris (hidrofil) foszforsav- és aminos-csoportokból.



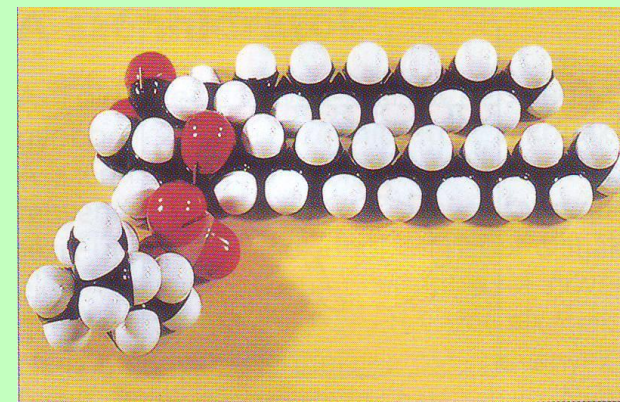
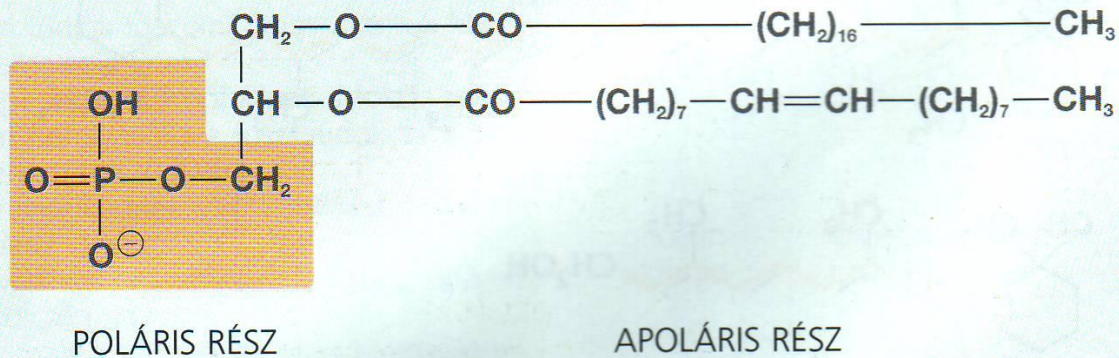
LIPIDEK

- Közös jellemzőjük: jól oldódnak zsíroldó szerekben (hosszú szénhidrogénláncok, apoláris tulajdonság)
- Neutrális zsírok: glicerín (háromértékű alkohol) + zsírsavak
 - Főként palmitinsavat, sztearinsavat, olajsavat tartalmaznak
 - A zsírsavak glicerinnel kondenzációs reakcióban, vízkilépéssel észterkötést hoznak létre (ez hidrolízissel felbontható)
- Neutrális zsírok előfordulása:
 - tartalék tápanyagok,
 - hőszigetelő, mechanikai védőszerep.



LIPIDEK

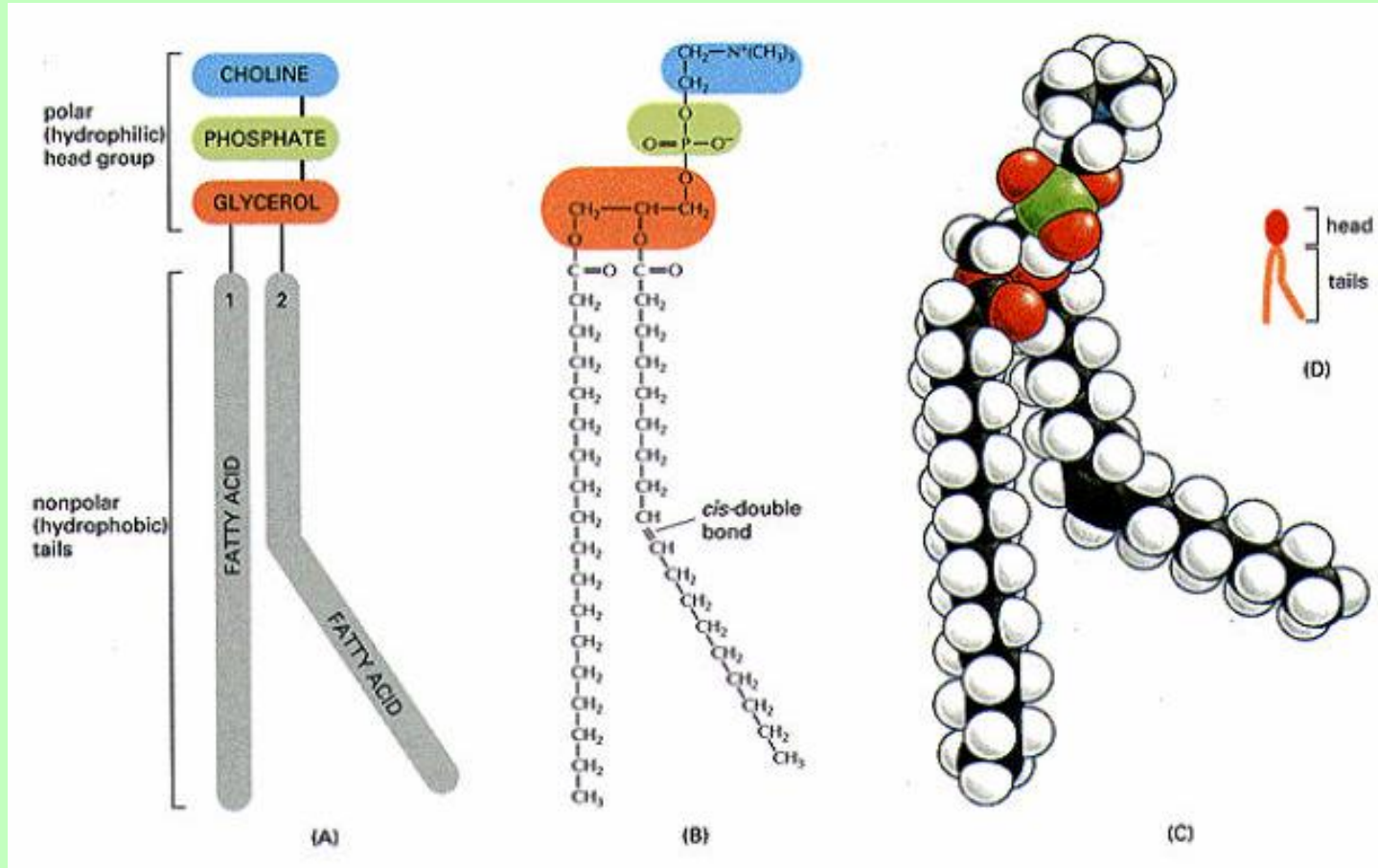
- Foszfátidok: glicerín + zsírsavak + foszforsav
 - Apoláris fark
 - Poláris fej (a vízmolekulákkal H-kötést tud létrehozni).
- Előfordulásuk: pl. sejtmembránok



Biológiai membránok

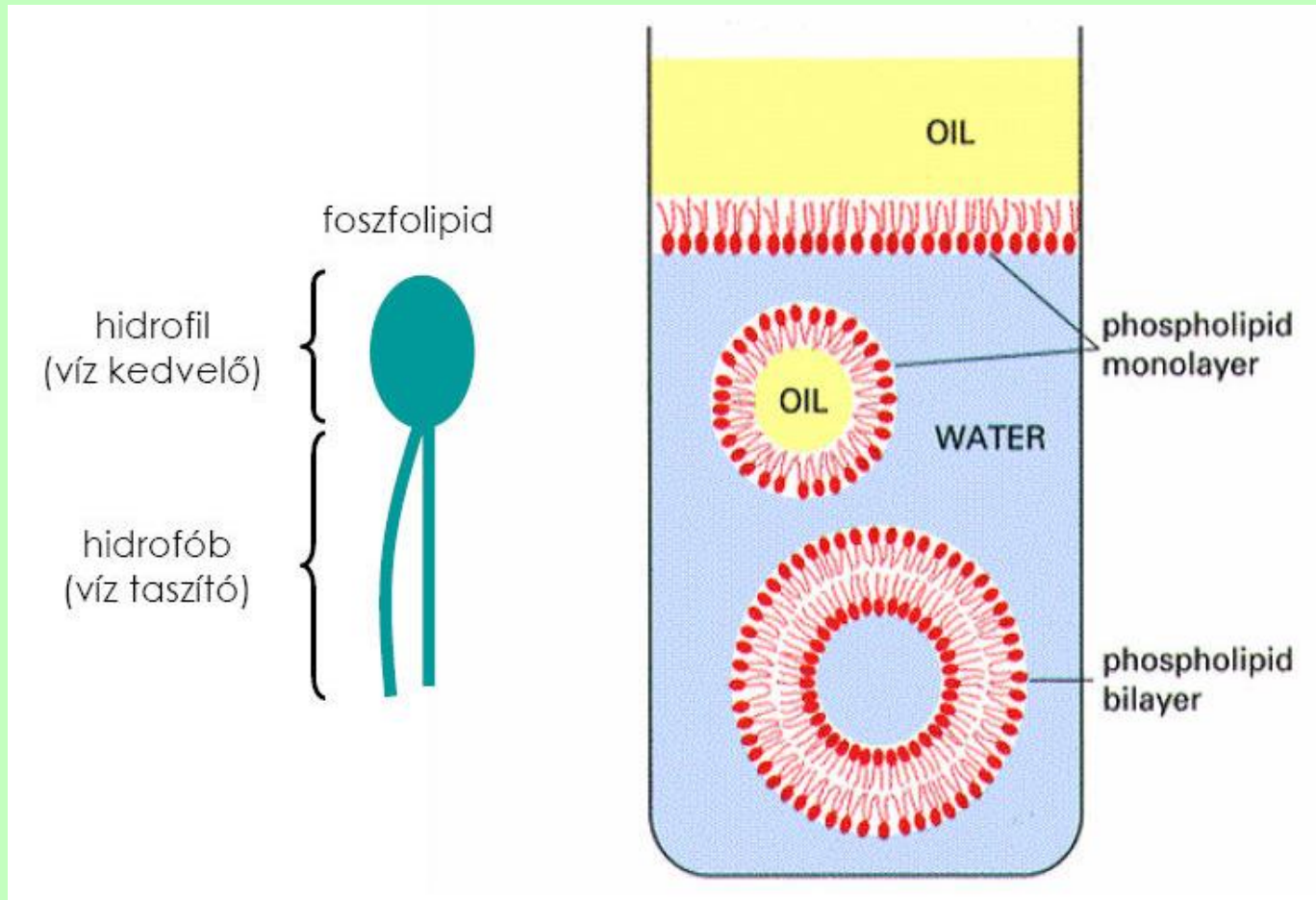
1. Szerkezet: foszfolipid kettősréteg + fehérjék

A foszfolipid molekulák két részből állnak: apoláris (hidrofób) alkil-láncokból és poláris (hidrofil) foszforsav- és aminos-csoportokból.



Biológiai membránok kialakulása

Irányított elhelyezkedés:



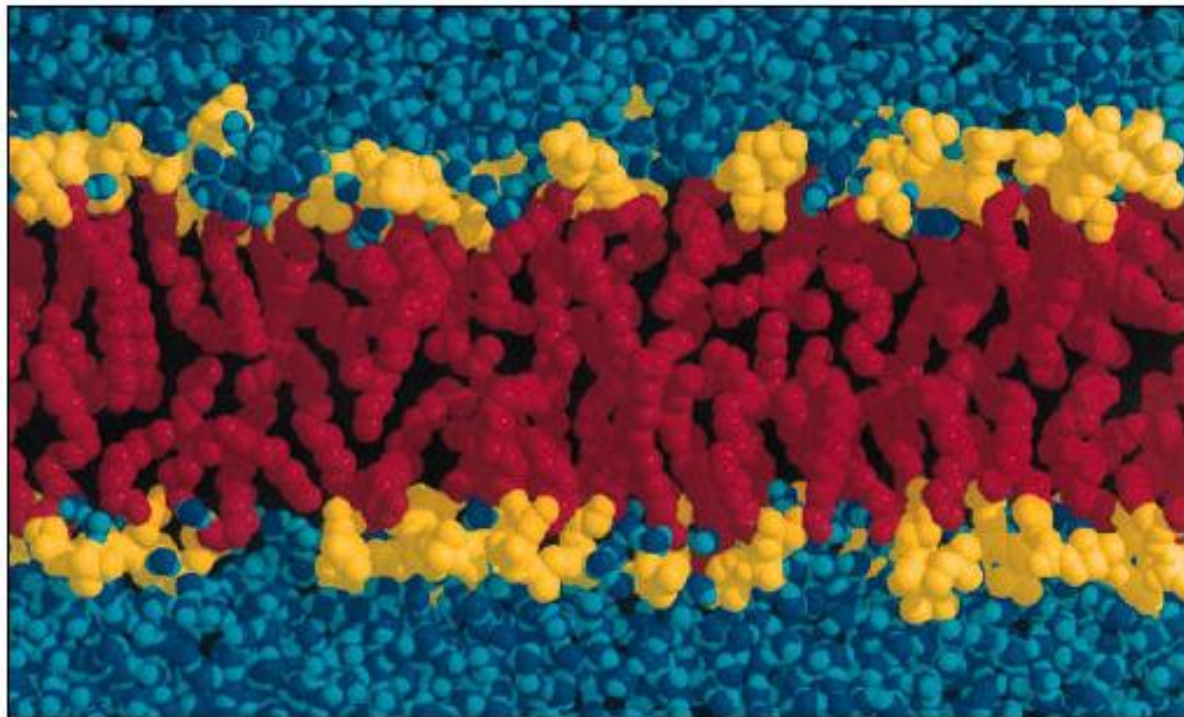
» Monolayer

» Micella

» Kettősréteg

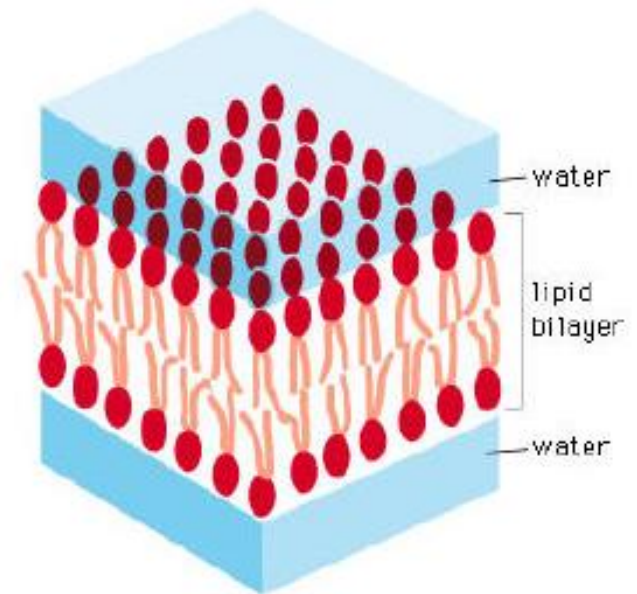


A foszfolipid kettősréteg szerkezete



(A)

1 nm



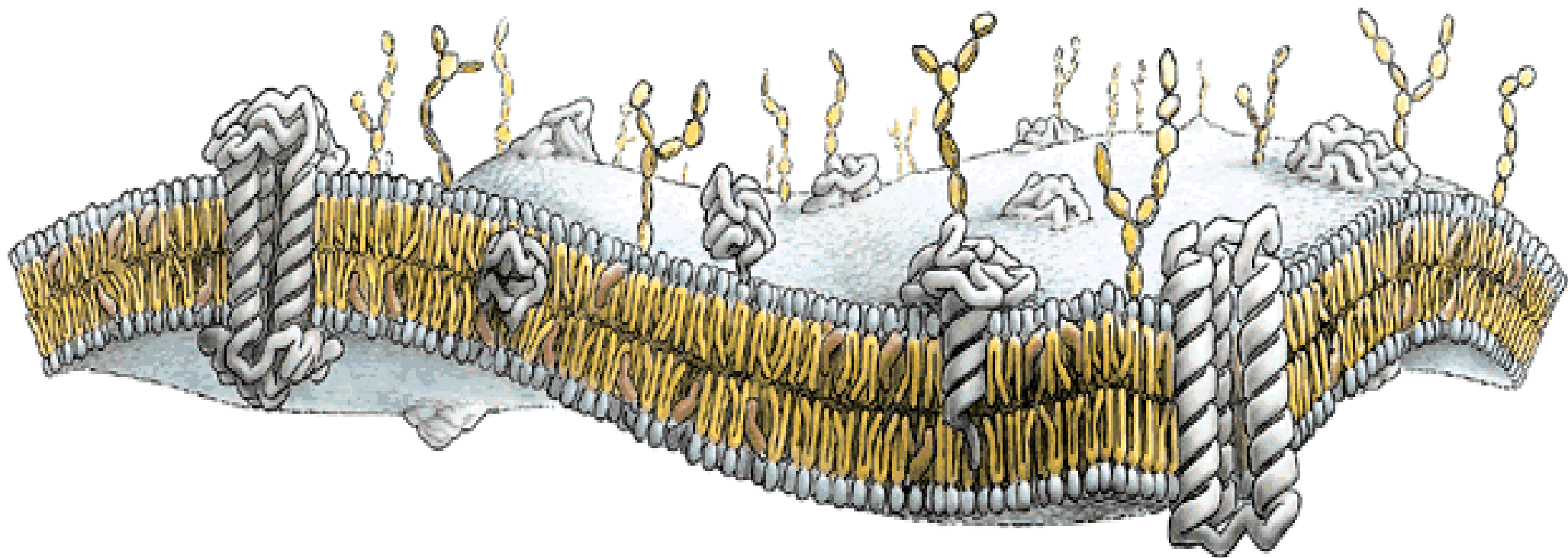
(B)



Membránfehérjék

Integráns és periferiális membránfehérjék

Folyékony mozaik modell (Singer-Nicolson féle fluid)

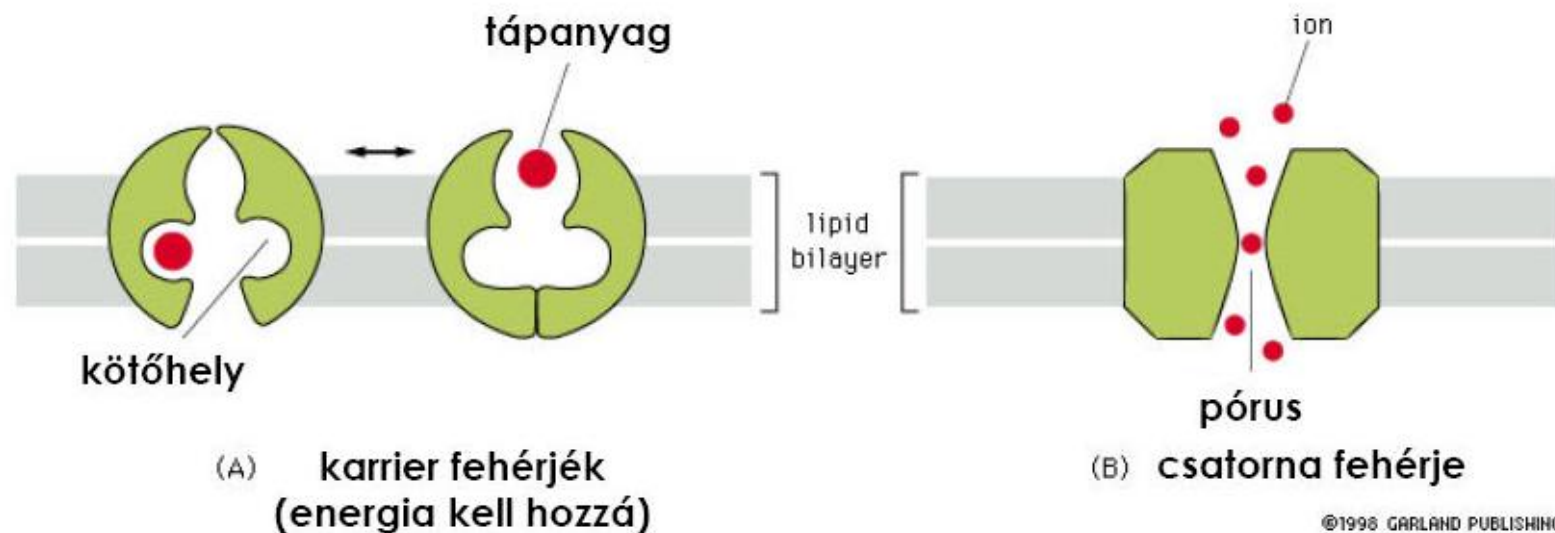


A membránok funkciói

Elválaszt és összeköt a külső térrel

- Diffúziós gát funkció – ozmotikus gát funkció
- Szelektív transzportok
- Transzportok típusai:
 - passzív transzport
 - aktív transzport
 - hordozós (facilitált) transzport

A transzport (transzmembrán) fehérjék két fajtája



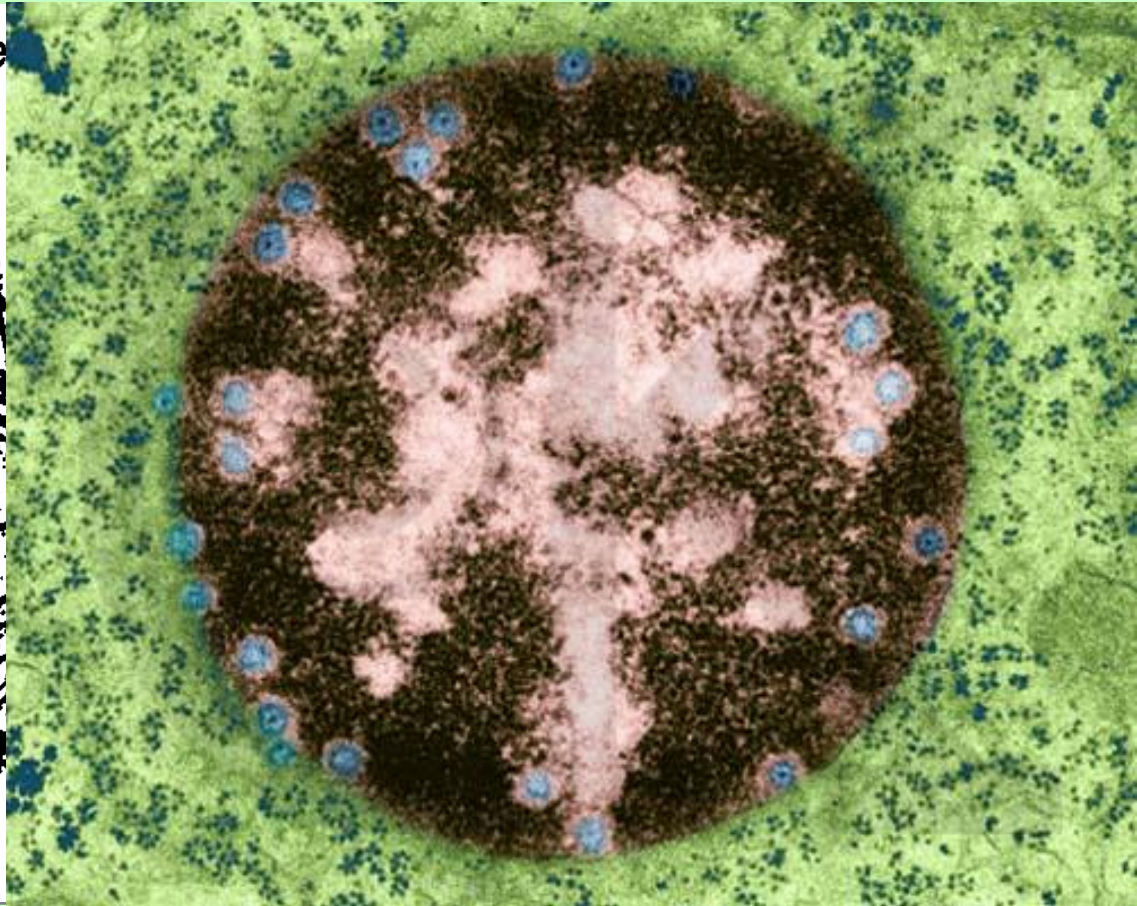
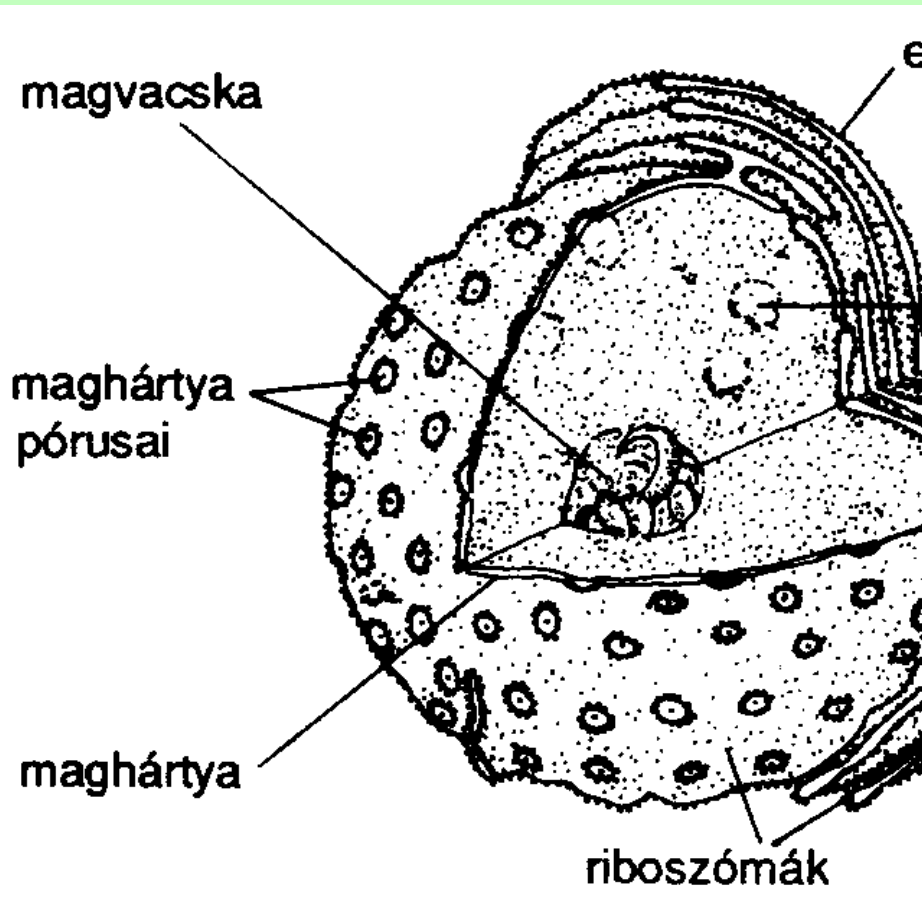
Biológiai membránok a sejtekben

- Citoplazmamembrán (külső sejthártya)
- Sejtmaghártya
- Egyéb sejt szervecskék membránjai:
 - » Mitokondrium
 - » Endoplazmatikus retikulum
 - » Golgi készülék
 - » Kloroplaszt
 - » Sejtzárványok burka
 - » Speciális (retina, idegsejt)



Sejtmaghártya

- Ezen pórusok, kapuk vannak, amelyeken a mRNS-ek kilépnek a citoplazmába.



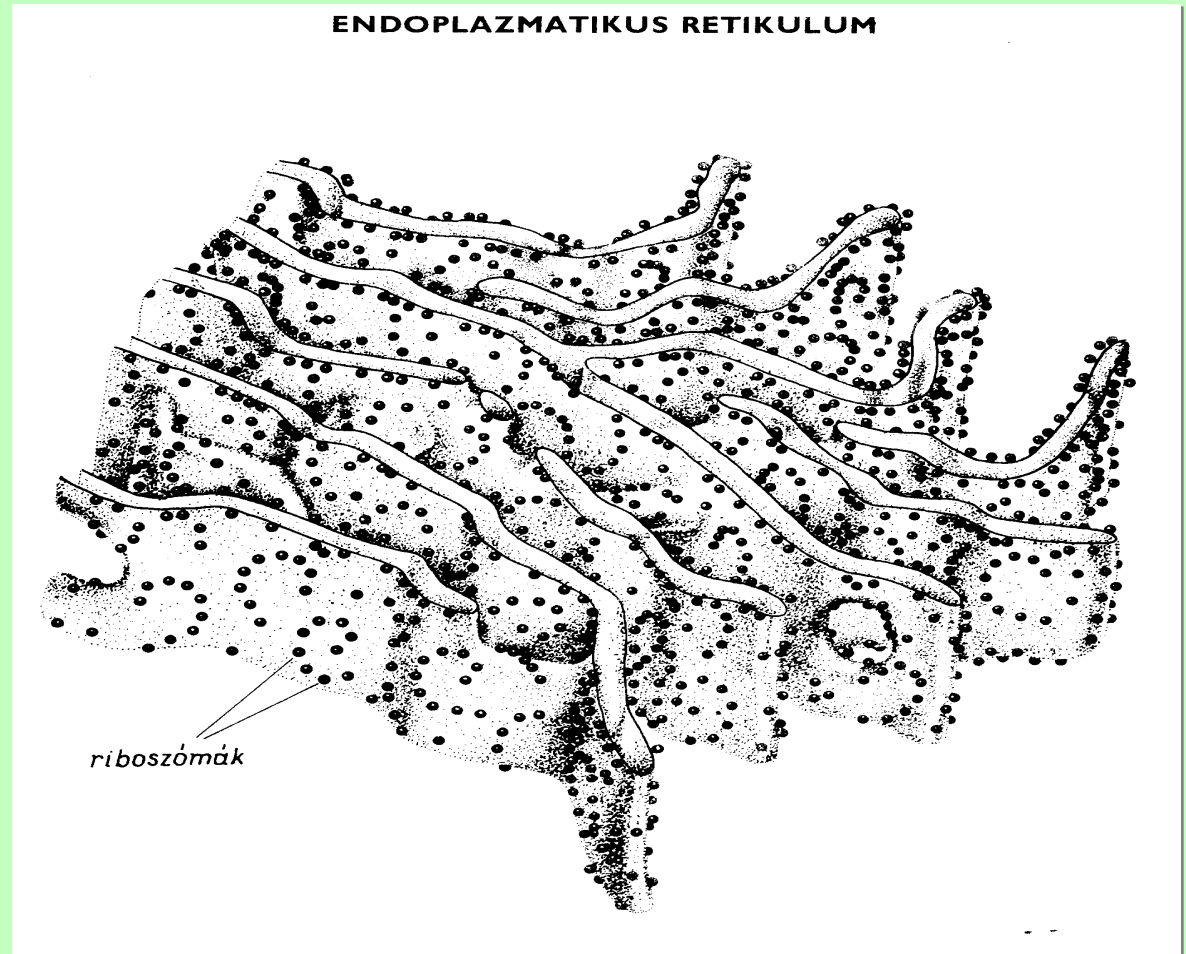
Endoplazmatikus retikulum

- A citoplazmában levő „hálózat”. Egy (összegyűrt) zsákra hasonlít, aminek külső és belső tere van.
- Nagy felületet alkot a sejtben. Felületén szemcsék találhatóak = durvaszemcsés endoplazmatikus retikulum, DER.



Durvaszemcsés endoplazmás retikulum, DER

- Szemcsék:
- Riboszómák:
fehérjeszintézis
- Lizoszómák:
hidrolitikus
reakciók
- Peroxiszómák:
szabadgyökös
reakciók



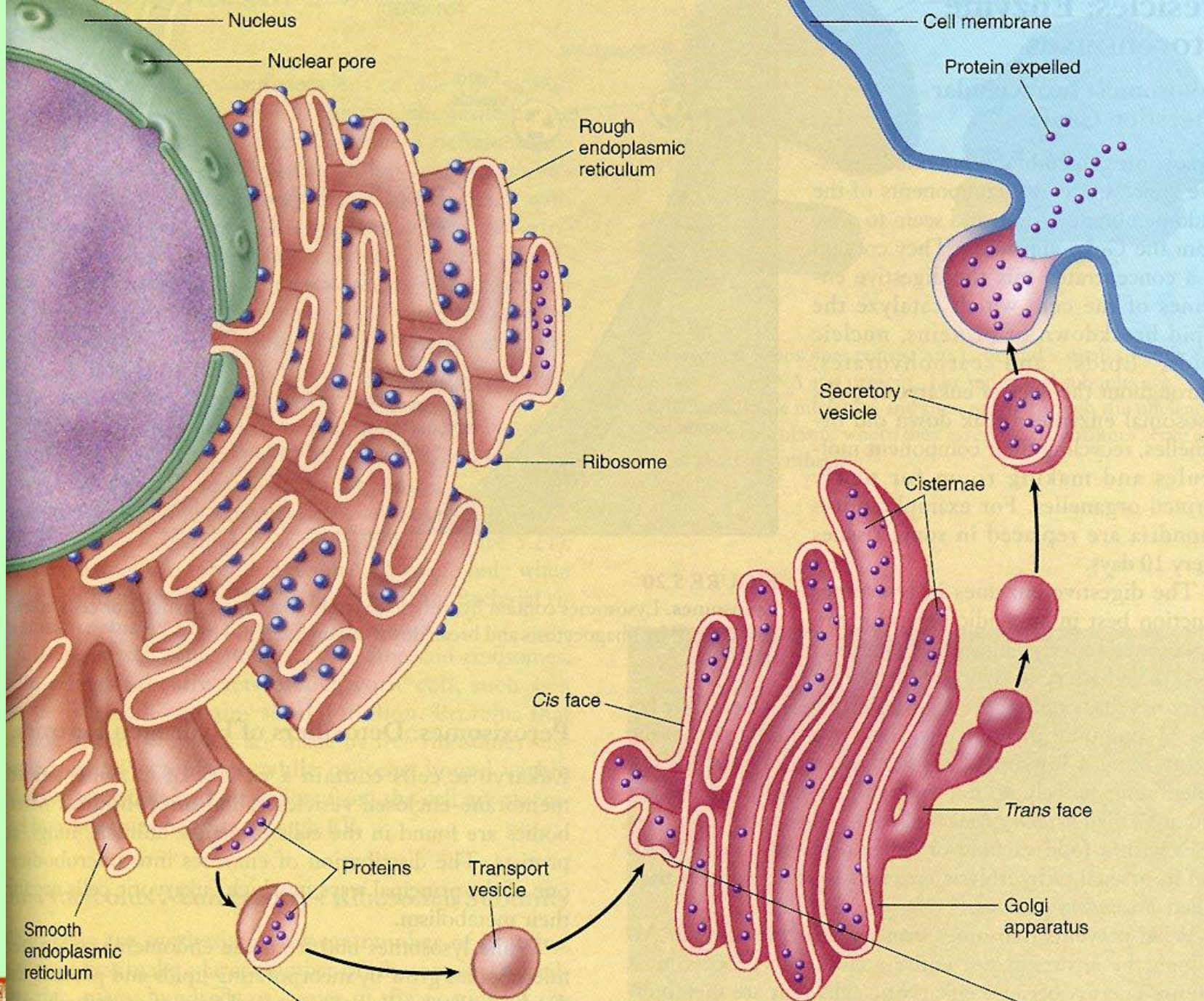
A DER és a Golgi komplexum

Golgi: ez is lapos membrán-zsákok réteges sorozata
(Camillo Golgi: sejtmetseteket festett és fénymikroszkóppal vizsgált)

Anyagtranszport: vezikulákban (kisebb, lipidmembránnal körülvett folyadékcsseppekben) fogadja a DER-ből az anyagokat, átalakítja, majd kilépteti a sejtbe.

Egyes vezikulák elhagyják a sejtet is - exocitózis





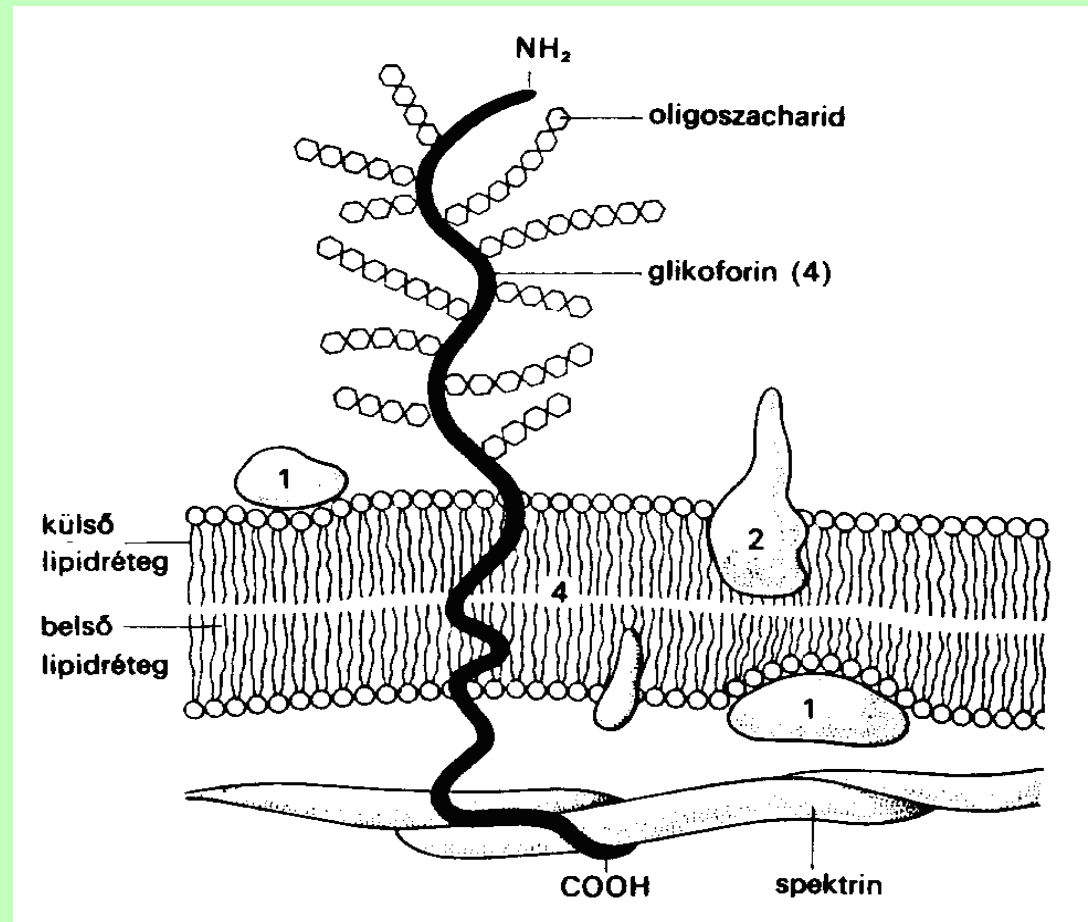
http://www.fredonia.edu/bio241/images/5.19_ER_and_Golgi.jpg



A vörös vérsejtek membránja

Hordozza a vércsoport- és immuntulajdonságokat

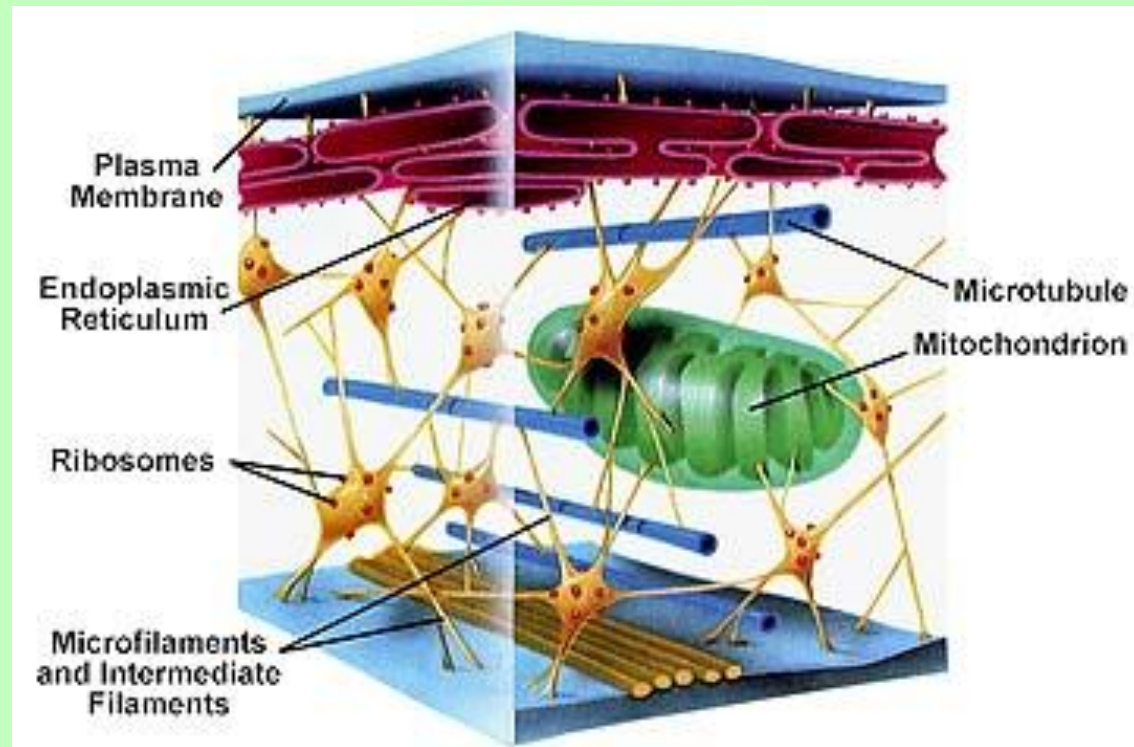
Fehérje alapláncon szénhidrát oldallán-cok



Citoplazma

Nem egyszerűen folyadék, szerkezete van és bizonyos mértékig rugalmasan alaktartó. Inkább *gélszerű*.

(Gélek: vannak olyan makromolekulák – fehérjék, szénhidrátok – amelyek oldatban térhálós szerkezetet hoznak létre, ezzel megfogják a folyadékot. Kvázi-szilárd, kissé rugalmas, könnyen deformálható – kocsonya, puding, zselé)



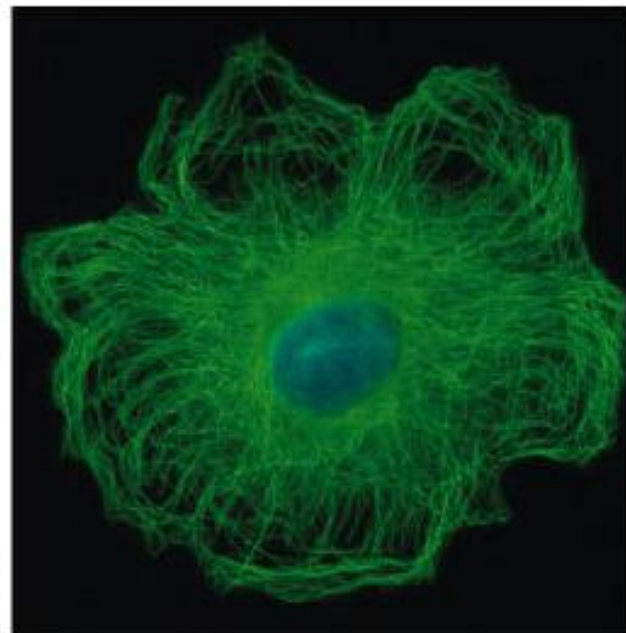
Citoszkeleton, a sejt váza

A citoplazmában fehérje fonalak/csövek biztosítják a tartást és (esetenként) a mozgatóást.



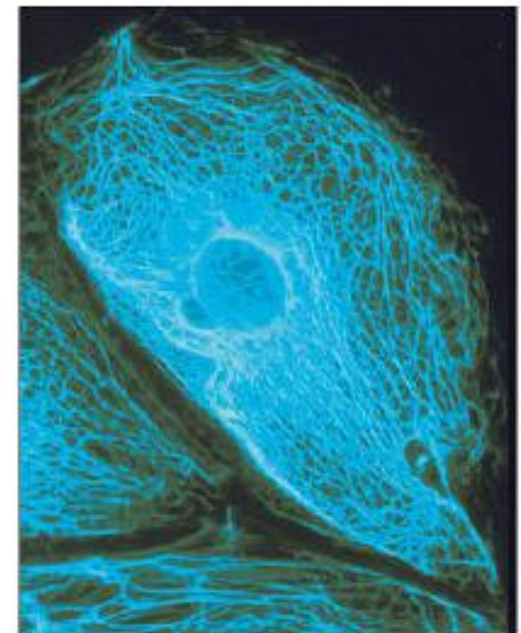
(A) 50 μm

aktin



(B)

mikrotubulus



(C)

intermedier filament



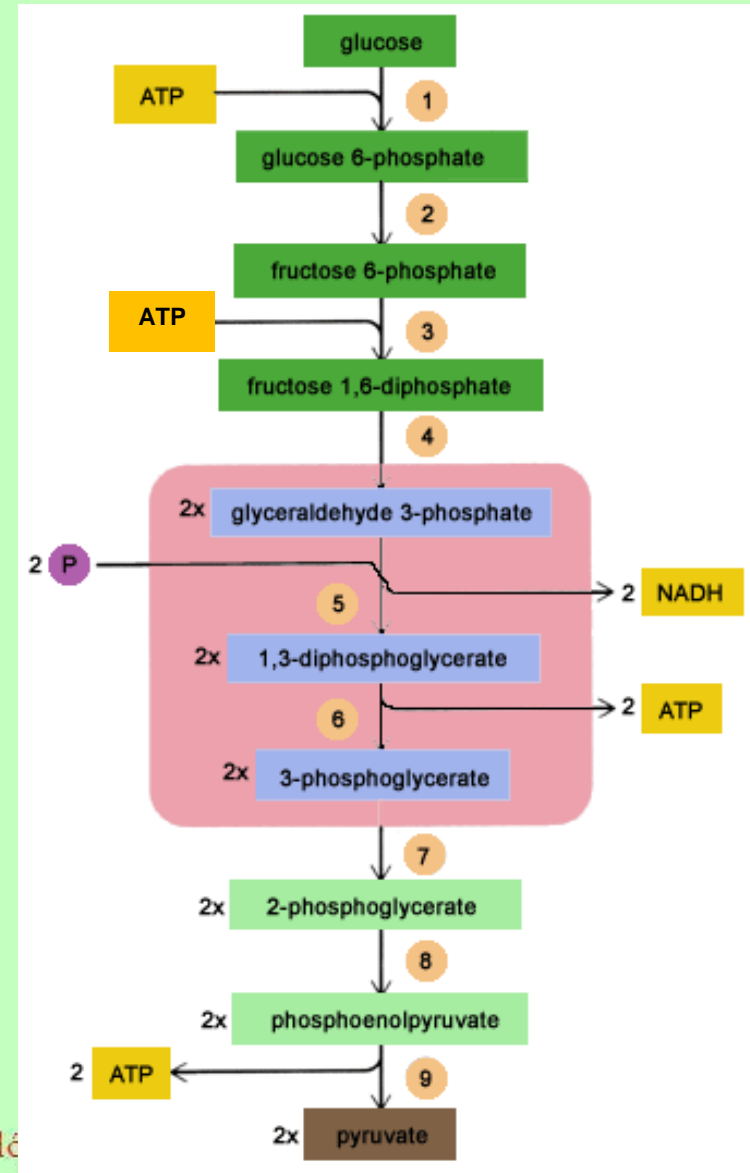
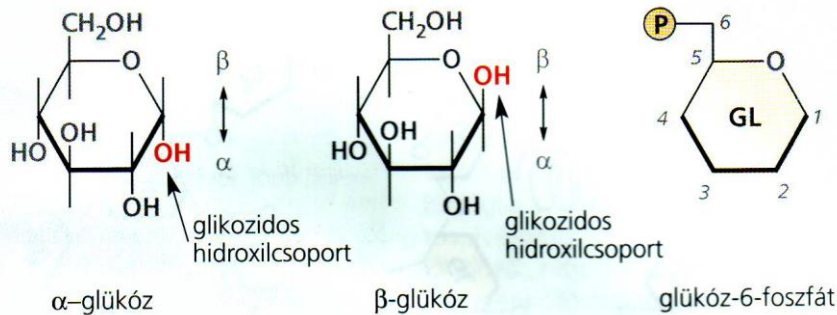
A citoplazma legfontosabb biokémiai folyamata a **GLIKOLÍZIS**

Energiatermelő folyamat, aerob és anaerob körülmények között egyaránt végbemegy

A folyamat mérlege:

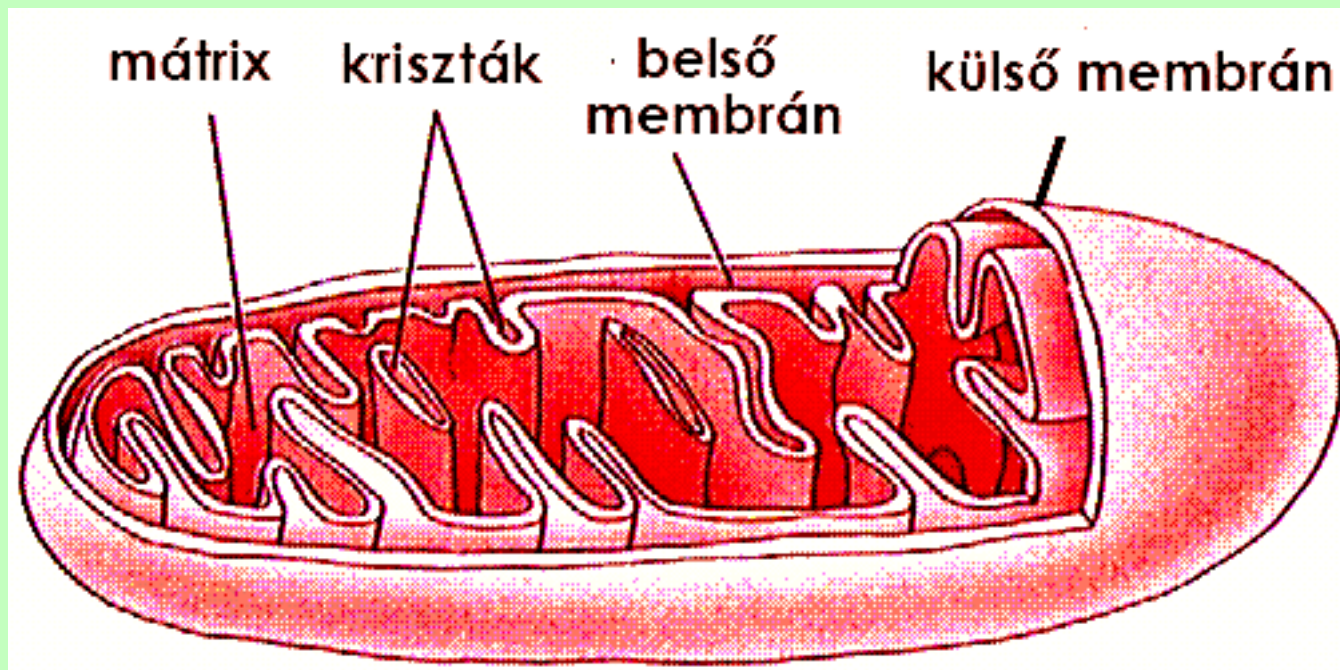
-2 ATP + 4 ATP =

+2 ATP/molekula glükóz



MITOKONDRIUMOK – szerkezet 1.

- Jól észlelhető hosszúkás szemcsék
- Több ezer/sejt
- Csak eukariótákban



MITOKONDRIUMOK – szerkezet 2.

Matrix. This space contains a highly concentrated mixture of hundreds of enzymes, including those required for the oxidation of pyruvate and fatty acids and for the citric acid cycle.

Inner membrane. Folded into numerous cristae, the inner membrane contains proteins that carry out the oxidation reactions of the electron-transport chain and the ATP synthase that makes ATP in the matrix.

Outer membrane. Because it contains a large channel-forming protein (called porin), the outer membrane is permeable to all molecules of 5000 daltons or less.

Intermembrane space. This space contains several enzymes that use the ATP passing out of the matrix to phosphorylate other nucleotides.



100 nm



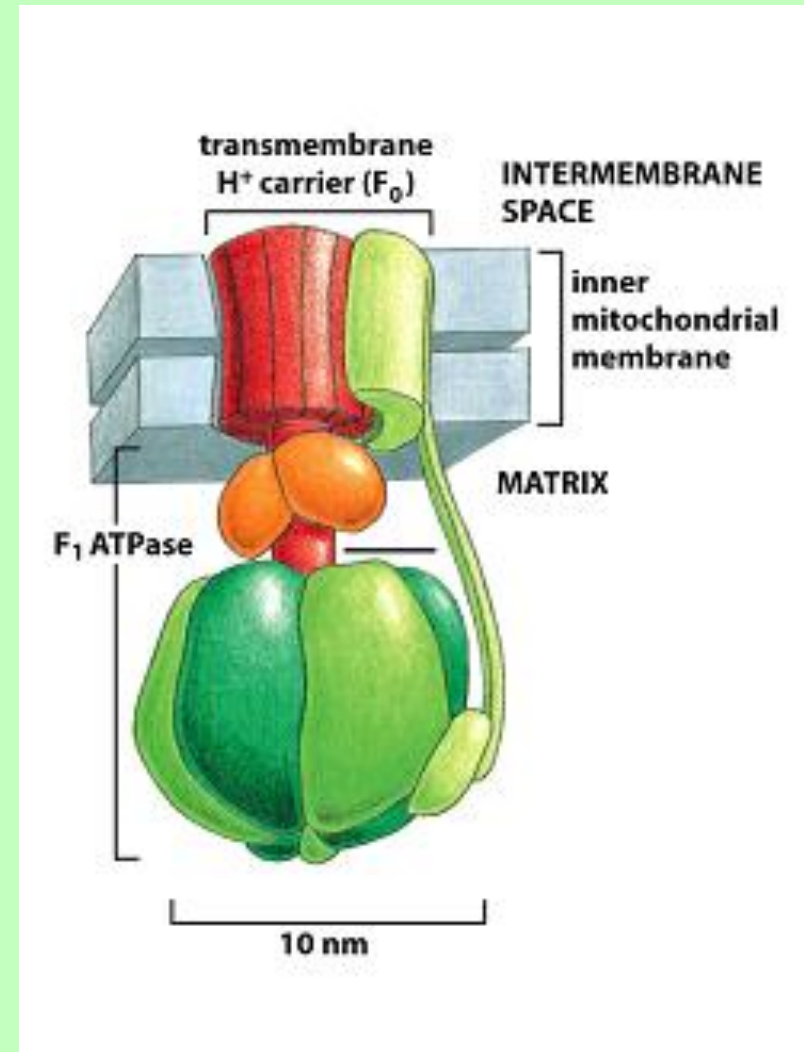
MITOKONDRIUMOK – szerkezet 3.

A belső membránt „pecsétnyomó”
alakú egységek alkotják

Kb. 80 % fehérje, kevés lipid

Energia átalakító enzimrendszer

A membrán két oldala között kon-
centráció- és elektromos potenci-
álkülönbség van: kemiozmotikus
rendszer



MITOKONDRIUMOK - funkciók

A MÁTRIX TÉRBEN HELYEZKEDIK EL:

- CITRÁTKÖR
- A ZSÍRSAVAK β -OXIDÁCIÓS LEBONTÁSA

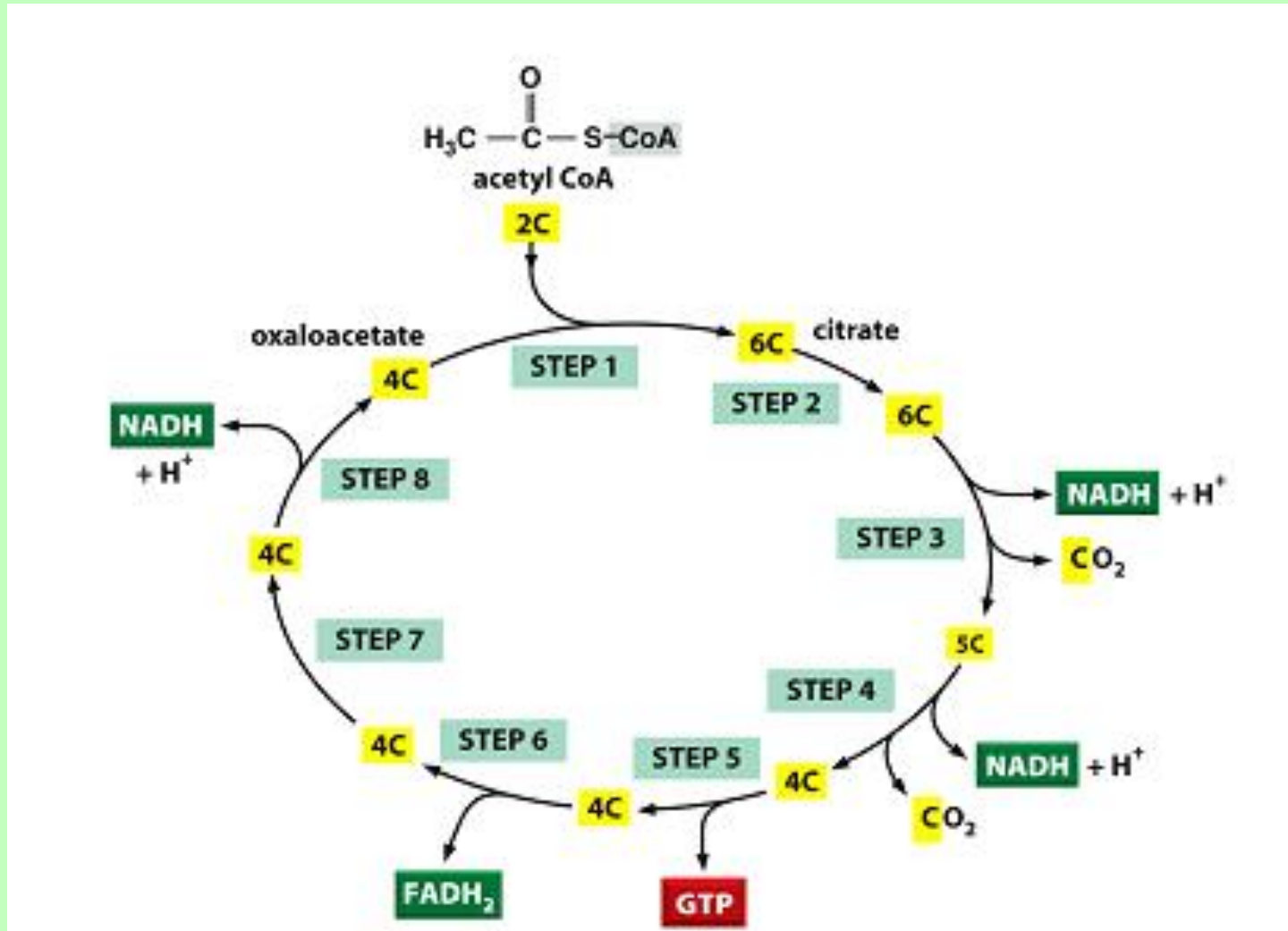
A BELSŐ MEMBRÁNBAN HELYEZKEDIK EL:

- TERMINÁLIS OXIDÁCIÓ



CITRÁTKÖR

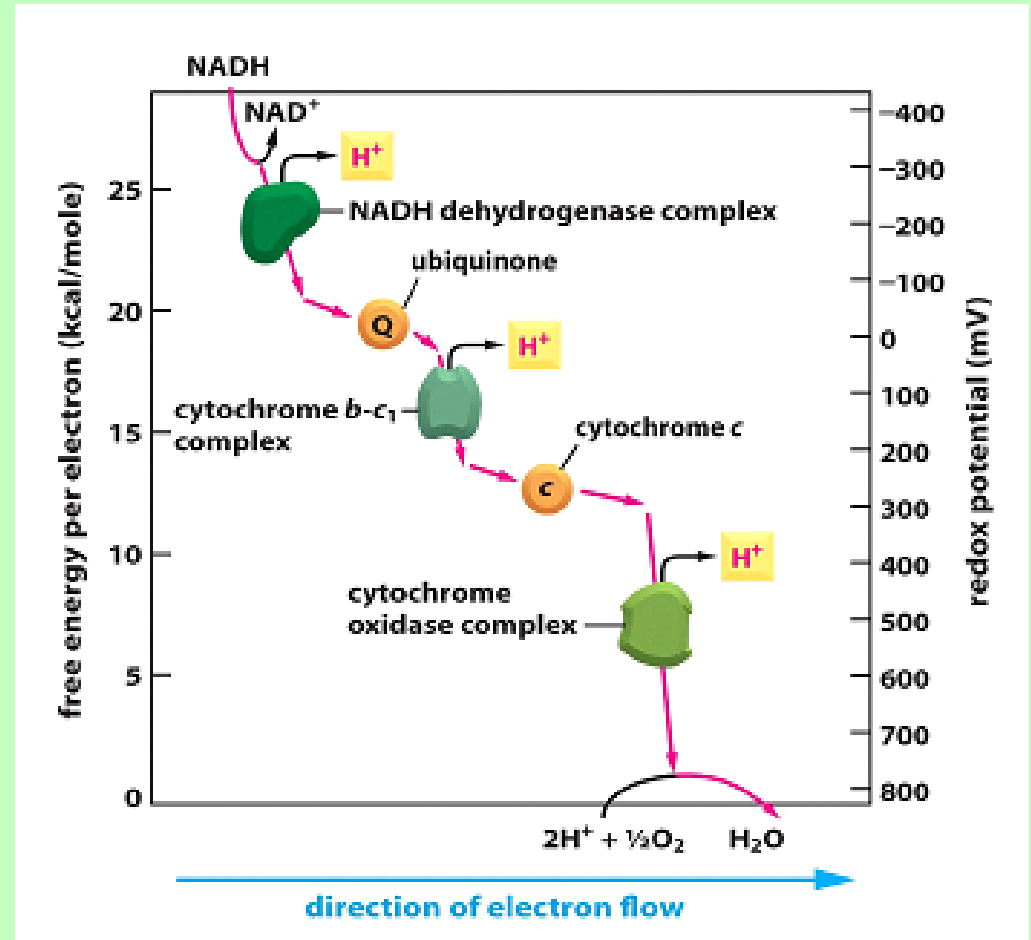
A körfolyamat egyrészt NADH-t termel, másrészt szerves savakat a sejtépítéshez.



Terminális oxidáció 1.

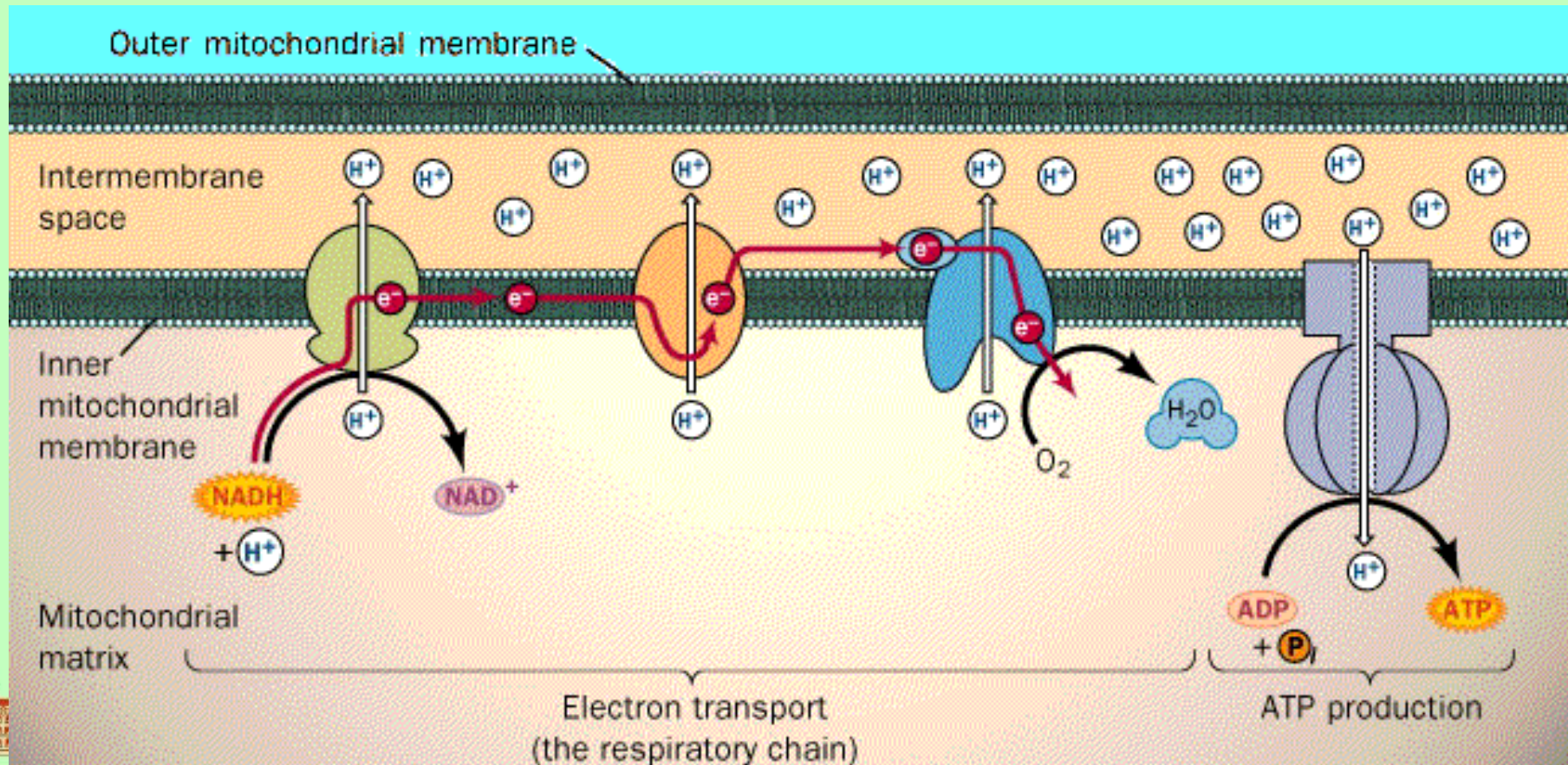
A koenzimekhez kötött hidrogén és a molekuláris oxigén reakciója igen heves és nagy energiaszabadulással jár (durranógáz reakció)

A terminális oxidáció ugyanezt több lépésben, kisebb energiaváltozásokkal, alacsony hőmérsékleten valósítja meg



Terminális oxidáció 2.

Az egyes reakció lépések energiája ATP szintézist tesz lehetővé. Az egyes enzimek (citokrómok) olyan redox rendszereket alkotnak, amelyek egymásnak adják az elektronokat.



A glükóz-lebontás mérlege

1 molekula glükóz lebontása során összesen nyerhető:

GLIKOLÍZIS: 2 ATP
 4 NADH+H⁺ } 14 ATP

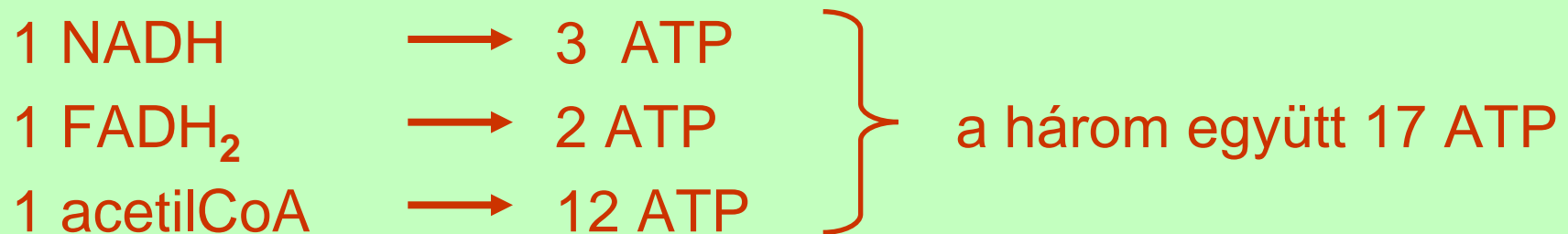
CITRÁTKÖR: 1 GTP
 3 NADH+H⁺ } 2*12 ATP (2 AcCoA!)
 1 FADH₂

ÖSSZESEN: 38 ATP



A zsírsavak β -oxidációja 1.

A zsírsavak lebontásánál a reakció a második (β) szénatomon kezdődik. Az ismétlődő reakciósor mindig két szénatomos (acetyl-) egységeket hasít le a láncból, amíg az el nem fogy.

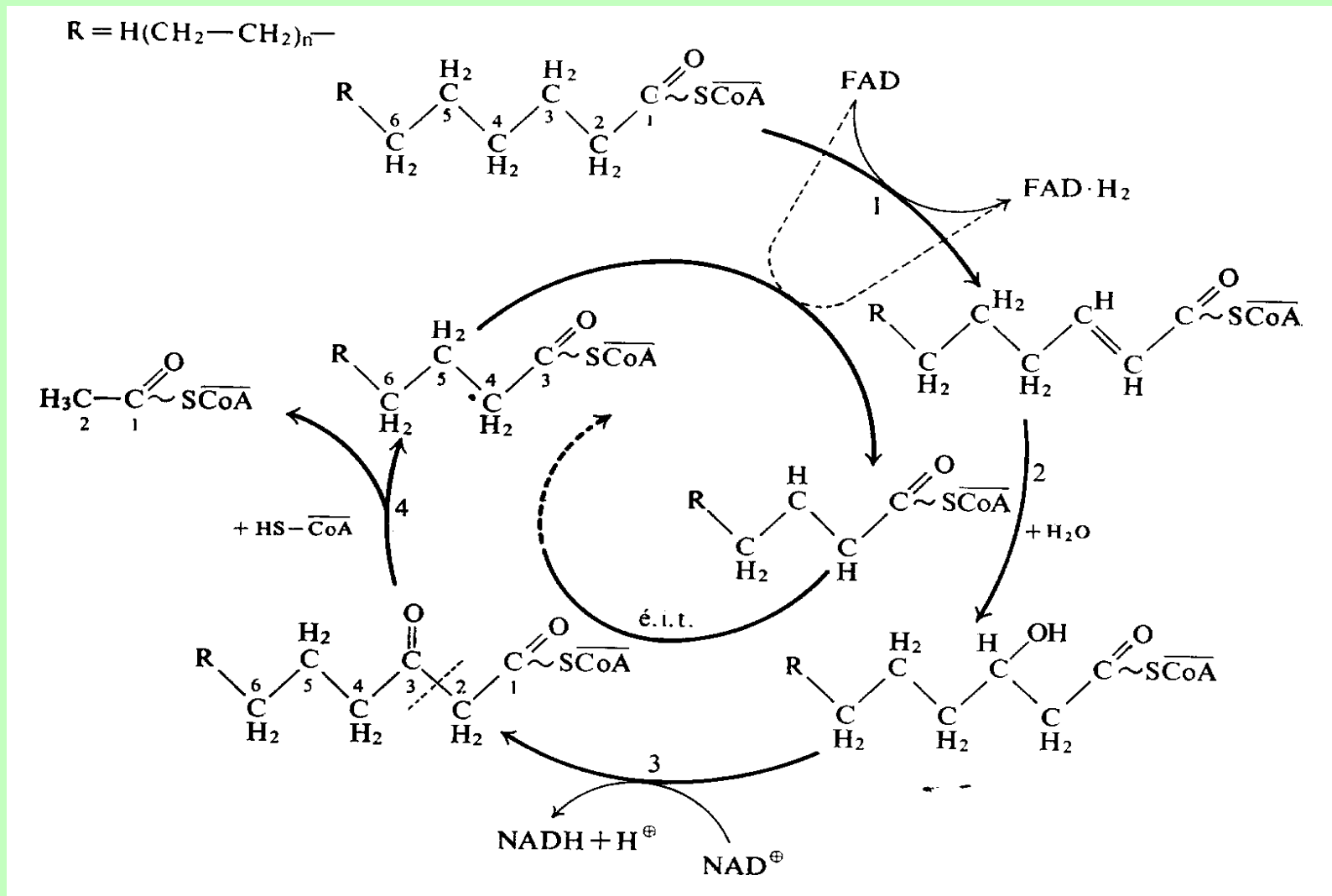


Egy 6 szénatomos cukorból 38 ATP keletkezik.

Zsíroknál egy 6 szénatomos darabból $3 \cdot 17 = 51$ ATP lesz.



A zsírsavak β -oxidációja 2.

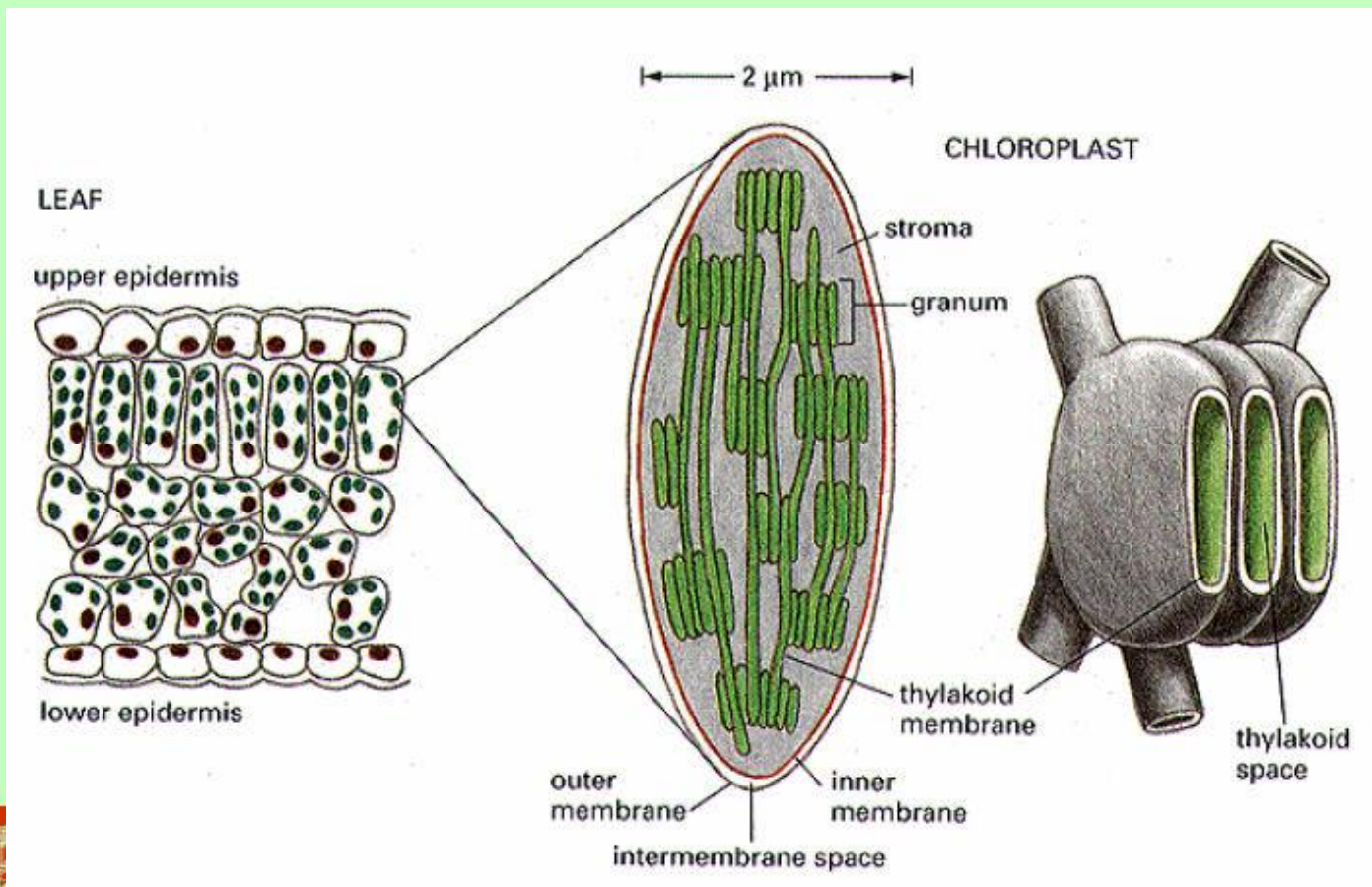


KLOROPLASZTISZ - szerkezet

Külső és belső membrán

Tilakoid: lapos korong alakú zsák, belső folyadék

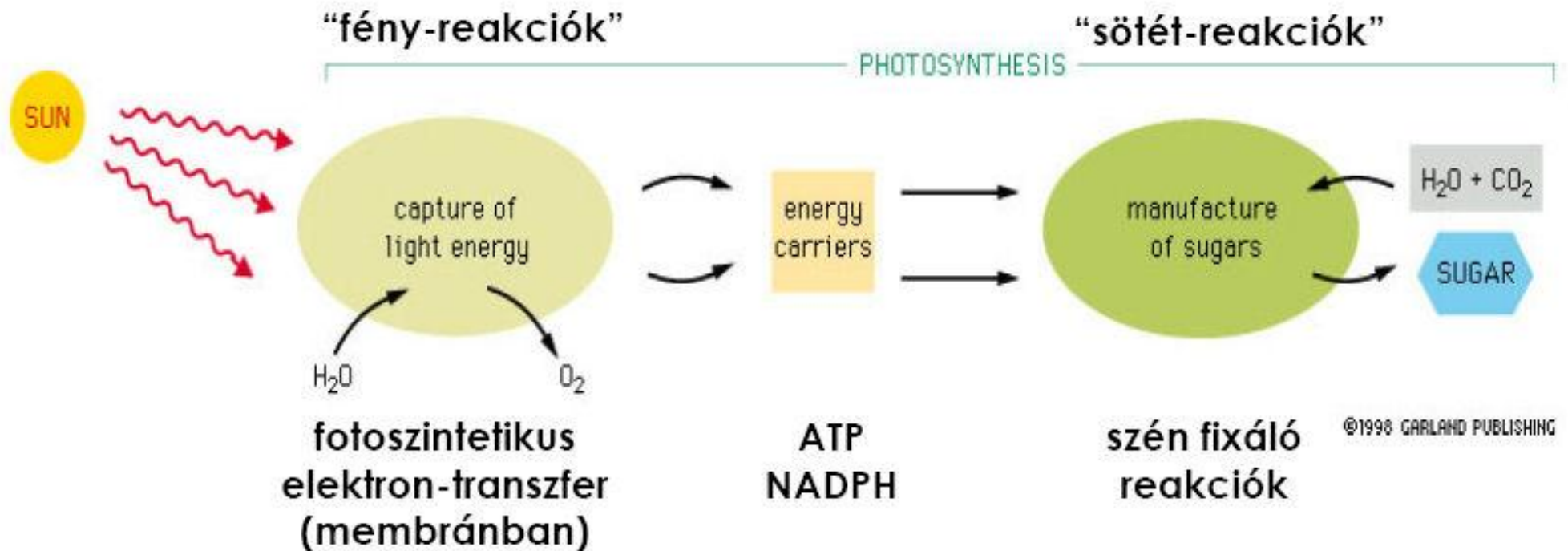
Gránum: egymáson fekvő tilakoidok („pénztekercs” szerkezet)



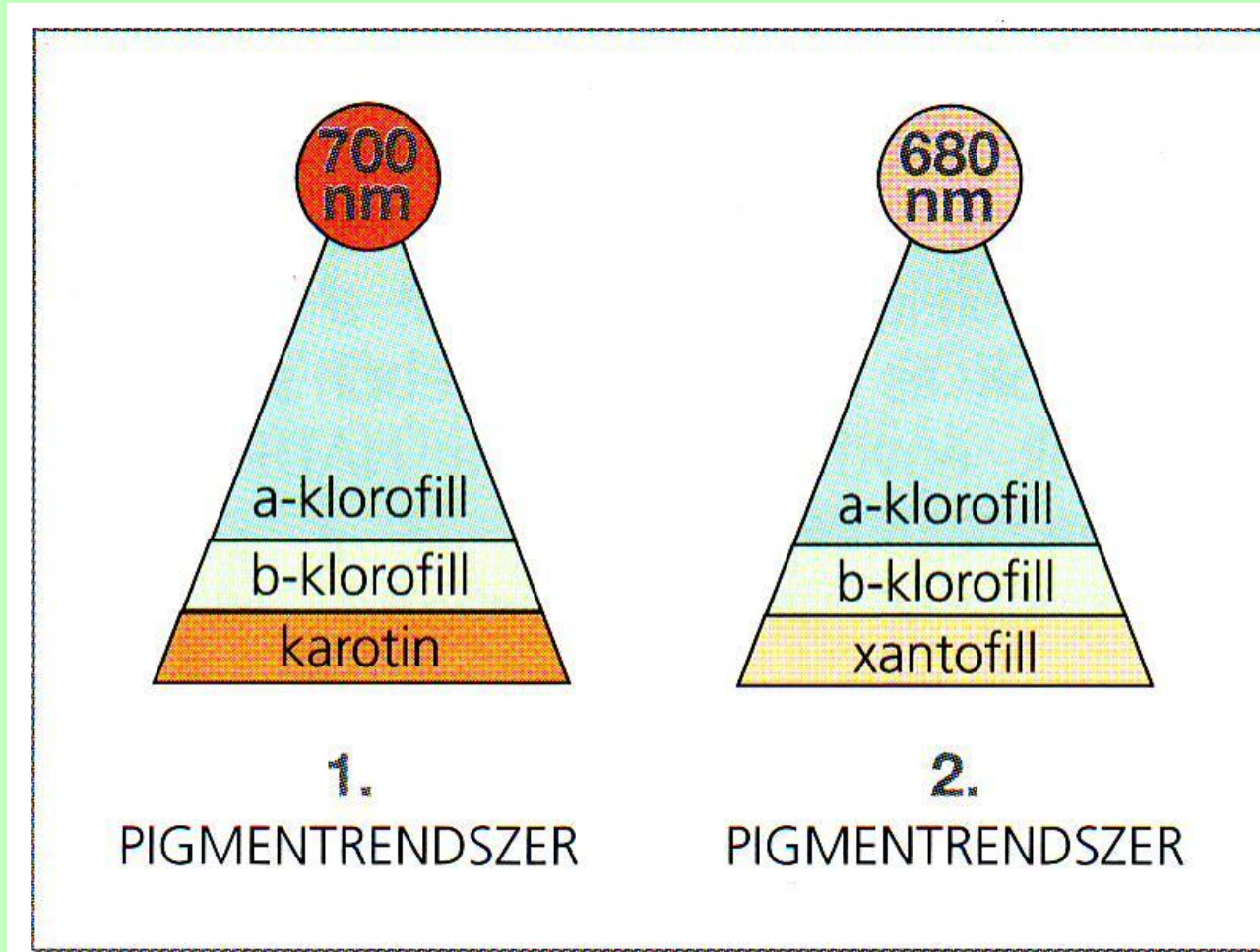
Fotoszintézis

A fotoszintézis két szakaszra bontható:

- Fényreakciók: a fotonok befogása, energiájuk hasznosítása



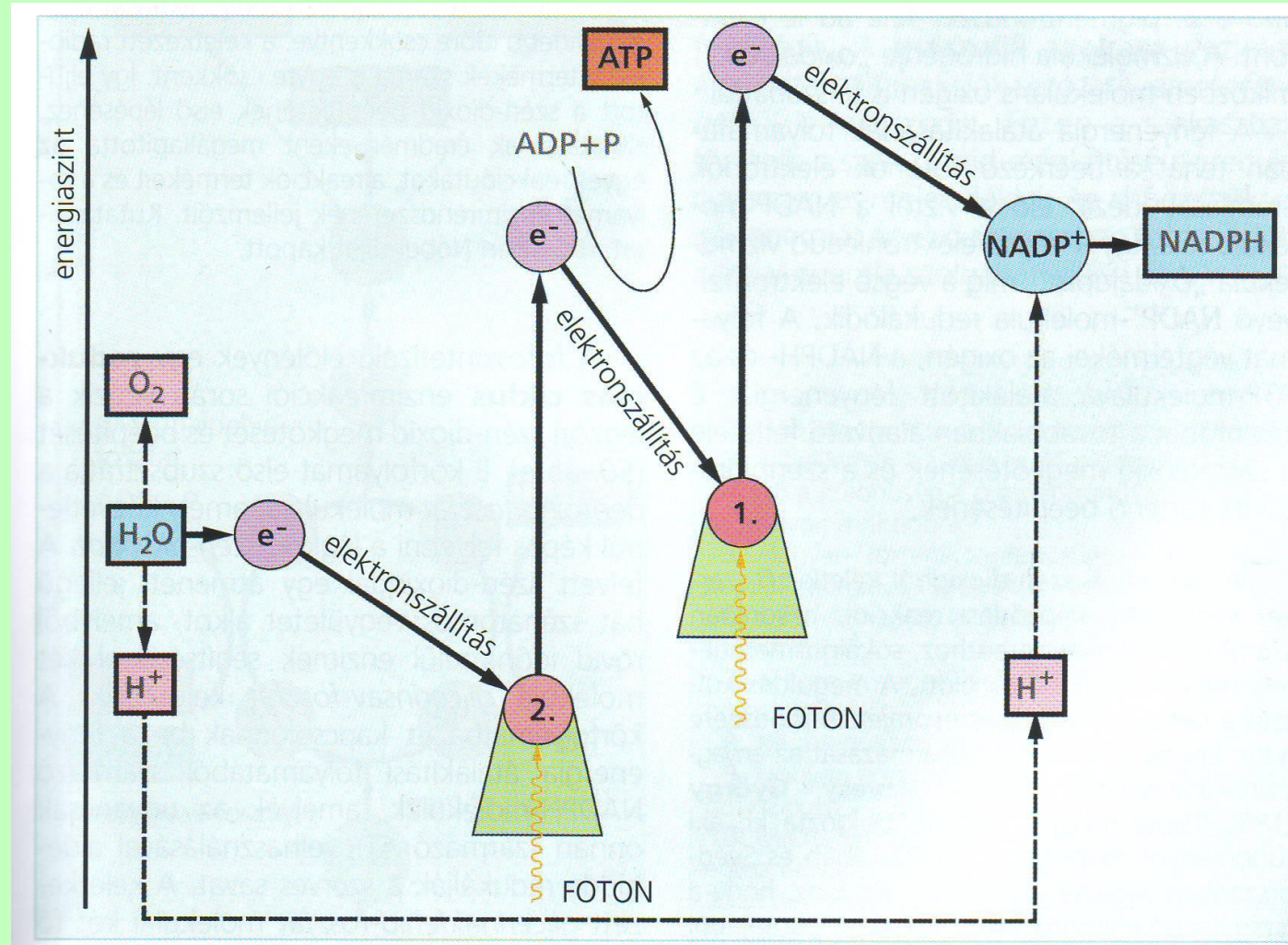
Fotoszisztéma 1. és 2.



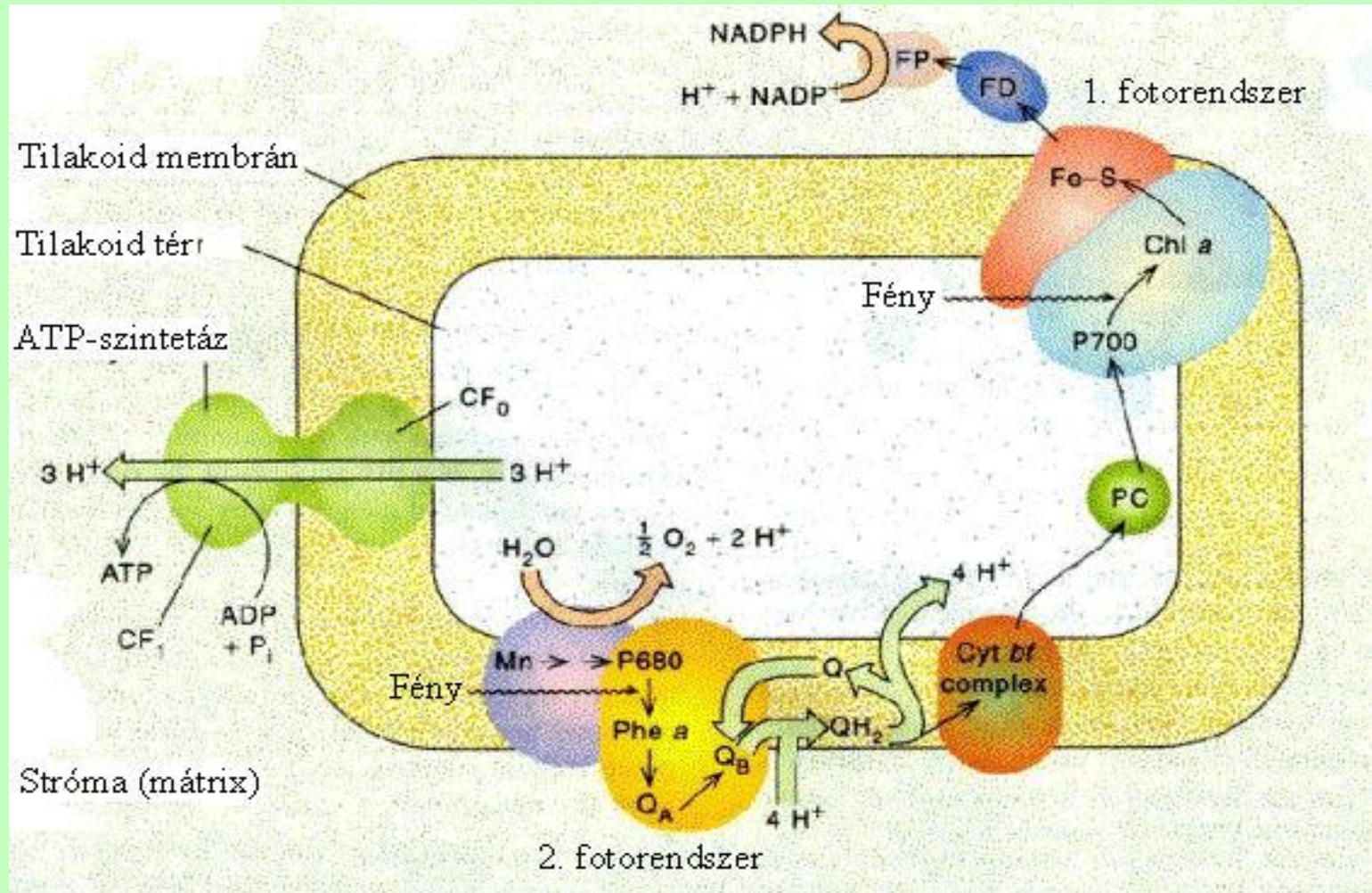
Fényreakciók

Az 2. fotorendszer a foton energiájával vizet bont és ATP-t termel

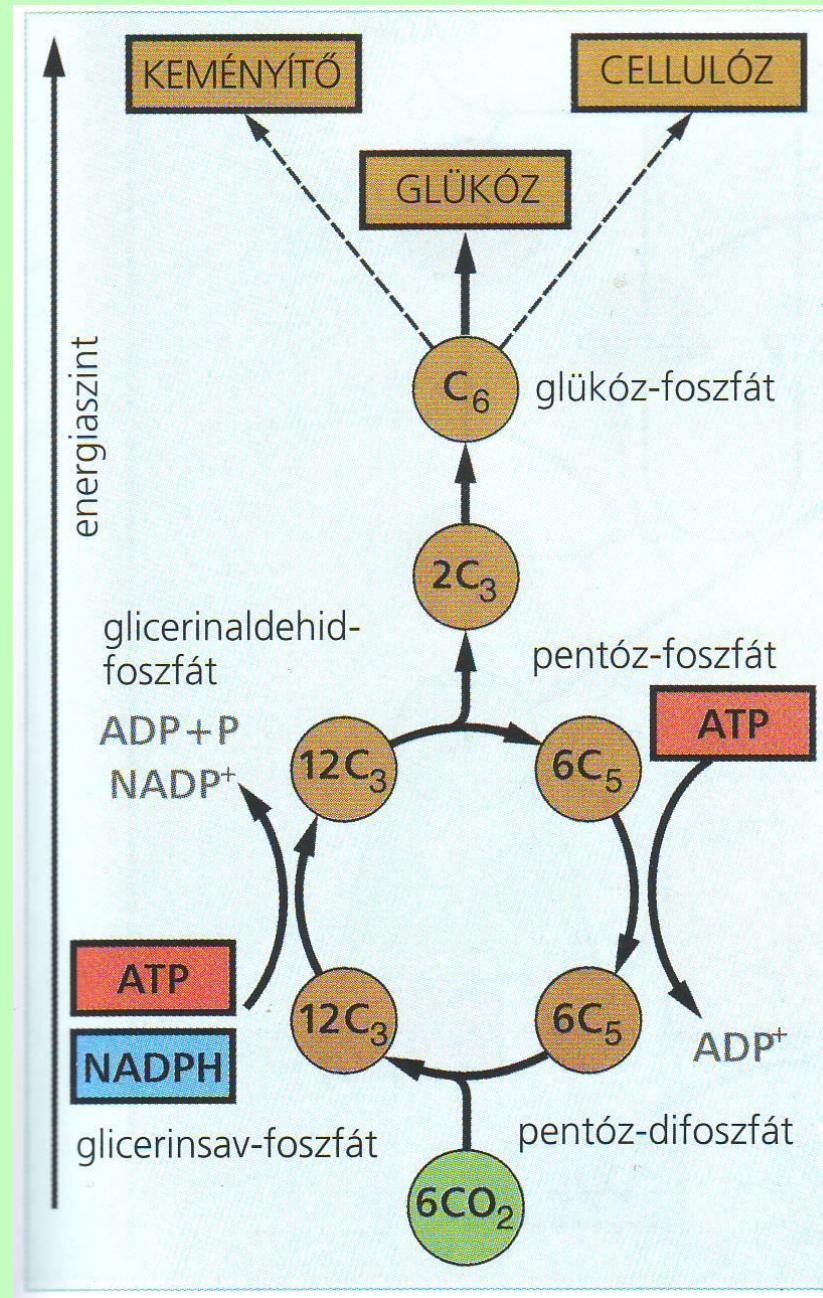
Az 1. fotorendszer újabb foton energiájával NADP-t redukál (3 ATP-nek megfelelő energia)



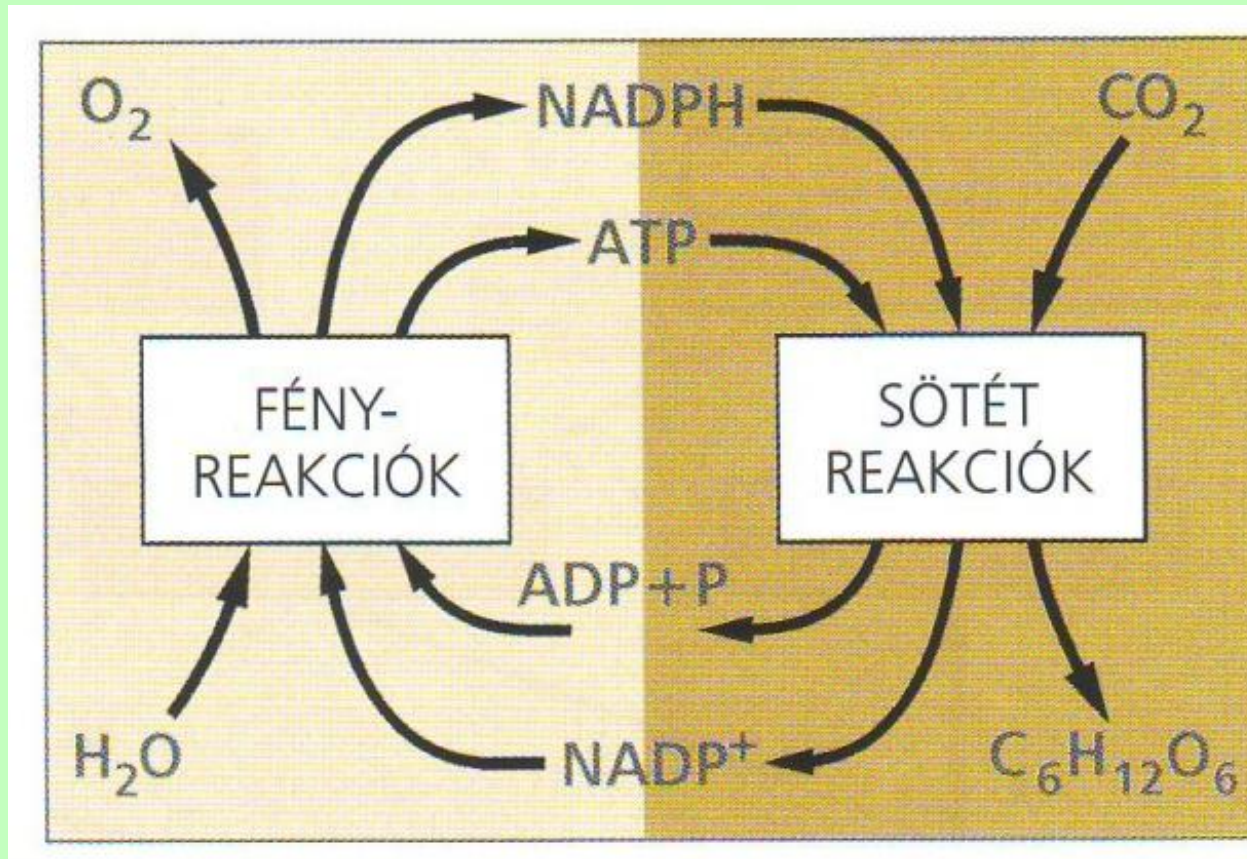
A fényreakciók lokalizációja



Sötétreakciók – Calvin ciklus



A fotoszintézis két szakasza



Zsírsavak bioszintézise 1.

A zsírsavak bioszintézise a β -oxidáció megfordításával megy végbe, a citoszólban játszódik le.

1. 2 db acetil-CoA
2. Multienzimkomplex, centrumában: ACP (acil carrier protein)
3. A) Acil-transzferáz enzim: Egy acetil-SCoA kapcsolódik az ACP perifériás –SH csoportjához
B) egy másik acetil-SCoA-ból biotin tartalmú enzim segítségével malonil-SCoA jön létre (CO_2 fixálás). Ez a malonil-SCoA kötődik az ACP centrális –SH csoportjához.
4. Az acetil csoport megtámadja a malonil csoportot (CO_2 kilép) és ketoacil-ACP (acetoacetil-ACP) jön létre.



Zsírsavak bioszintézise 2.

A β -oxidáció lépései fordított sorrendben követik egymást. A lépések ciklikusan ismétlődnek, mindig két szénatommal hosszabbodik a szénlánc. A természetes zsírsavak emiatt páros szénatomszámúak.

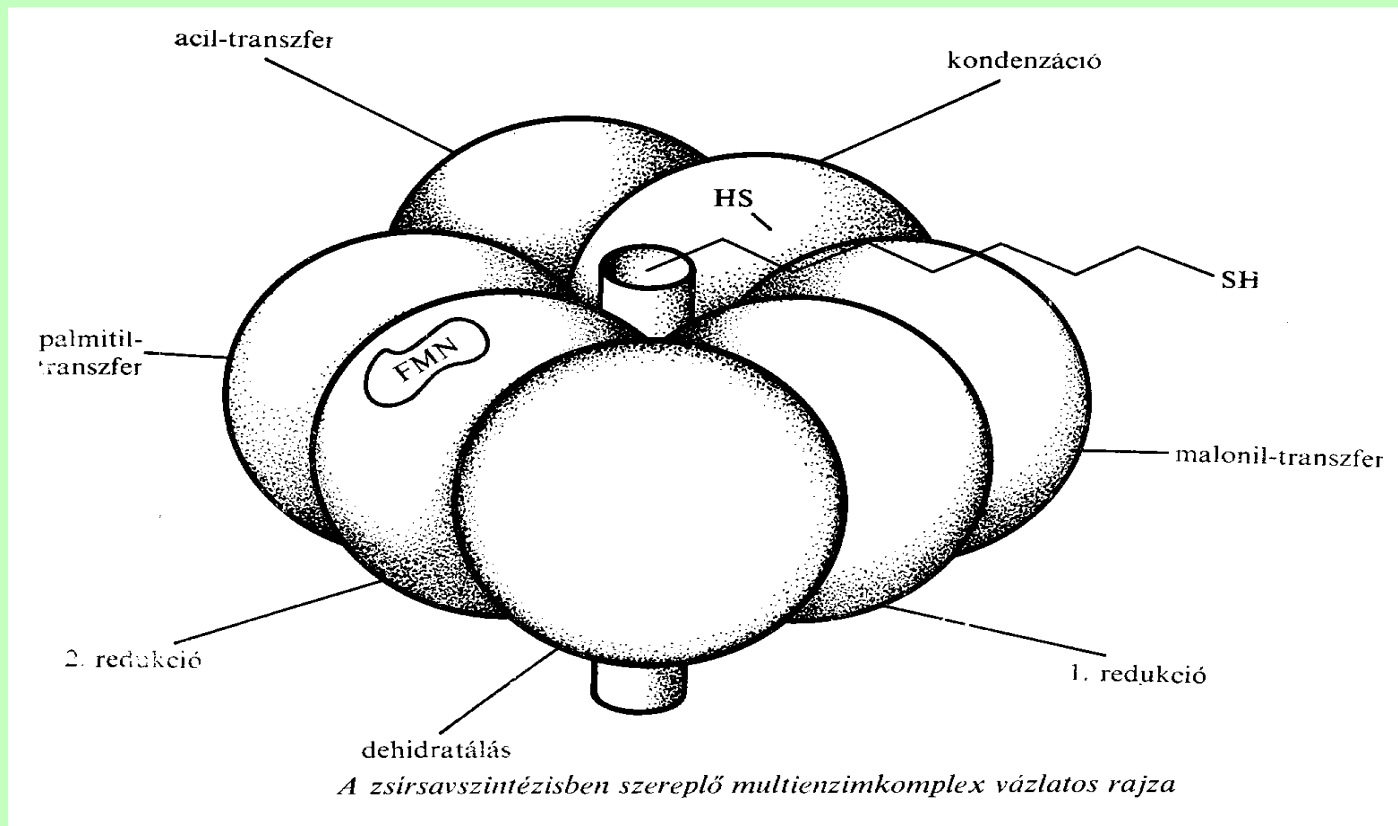
Körfolyamat:

- Acetil-csoport beépítése \rightarrow β -ketosav
- Redukció ($\text{NADPH} + \text{H}^+$) \rightarrow β -hidroxi-karbonsav
- Vízelvonás \rightarrow kettős kötés a szénláncban
- Redukció ($\text{NADPH} + \text{H}^+$) \rightarrow telített szénláncú zsírsav



Zsírsavak bioszintézise 3.

Az egyes enzimek egymás mellett, körben helyezkednek el („óramutató - számlap” szerkezet).



Fehérje bioszintézis

- Minden funkcionális fehérjének rögzített aminosavsorrendje van. A bioszintézisnél ezt kell (pontosan) reprodukálni.
- Az aminosav-sorrendet a DNS tartalmazza. A kódolt információ (→ genetikai kód, 64 féle bázis triplett) mRNS-re íródik át a sejtmagban (transzkripció),
- majd onnan kijutva a riboszómák felületén (DER) történik a fehérjeszintézis (transzláció).

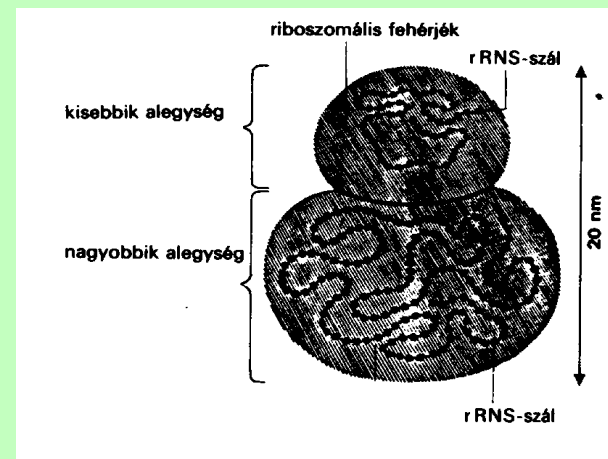
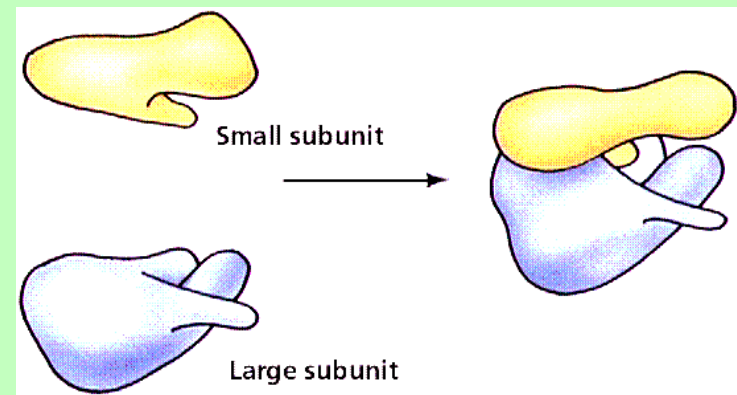


Riboszóma

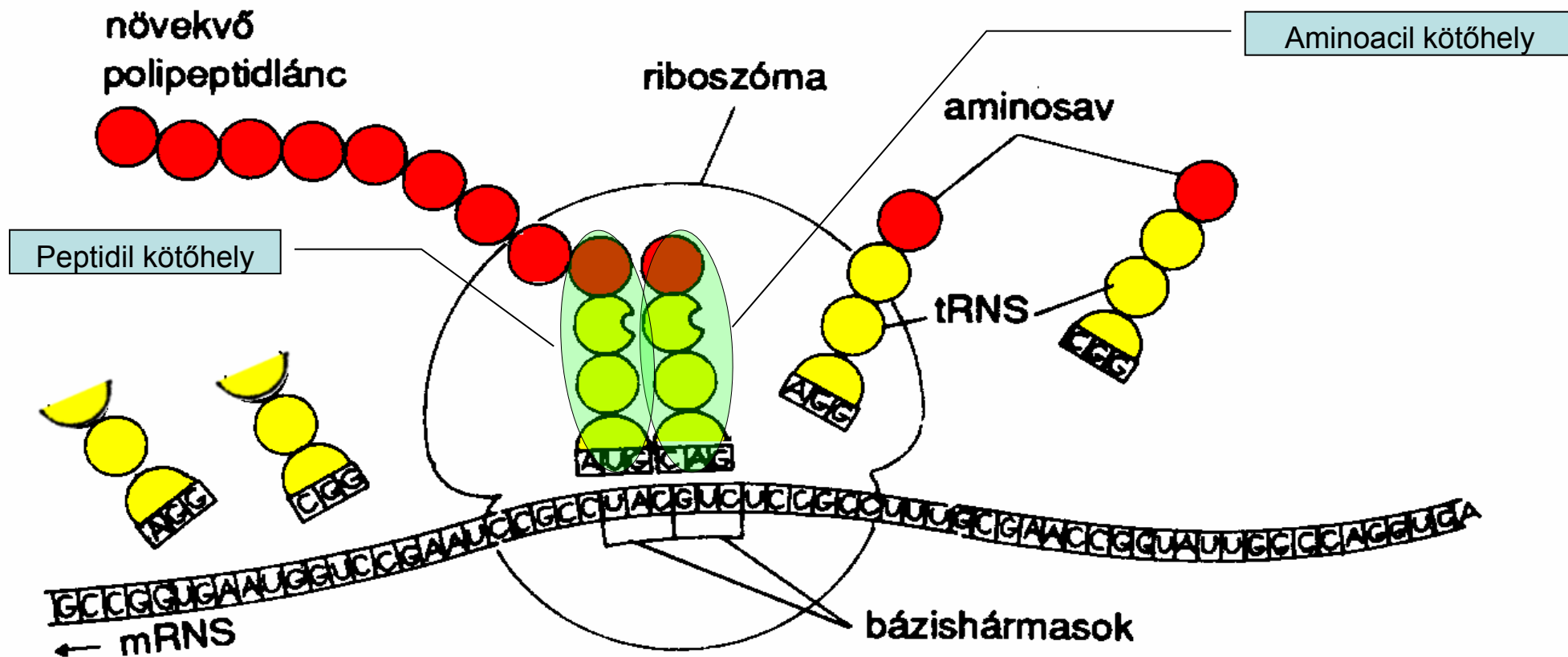
A riboszómák két alegységből álló részecskék, anyaguk rRNS és fehérje. A két alegységet Mg^{2+} ionok kapcsolják össze.

Az alegységek nagyságát a Swedberg féle ülepedési számmal jellemezzük (30 S és 50 S).

A riboszómán kötődik a mRNS, ezen kívül még két kötőhelye van, a aminoacil- és a peptidil-kötőhely.



Fehérjeszintézis riboszómán



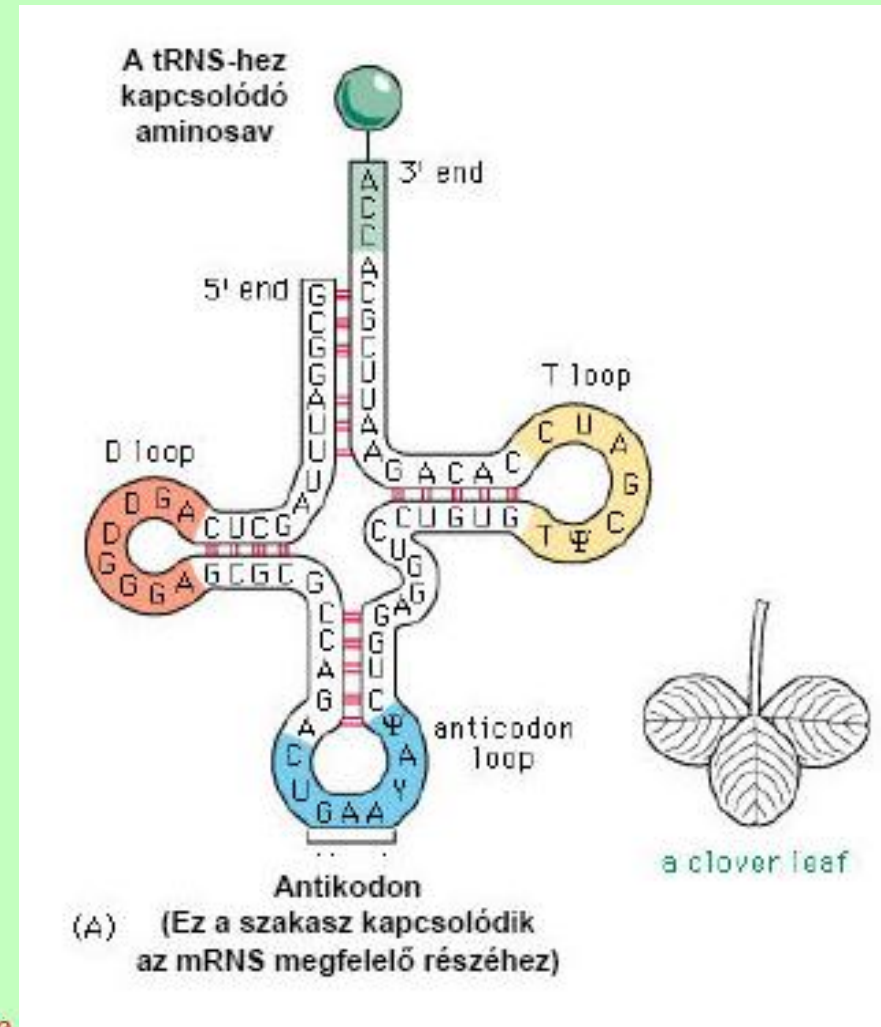
A fehérjeszintézis folyamata. A kodonok és az antikodonok a bázis-szembenállás szabályai szerint kapcsolódnak össze (A-U, C-G)



Transzfer-RNS, tRNS

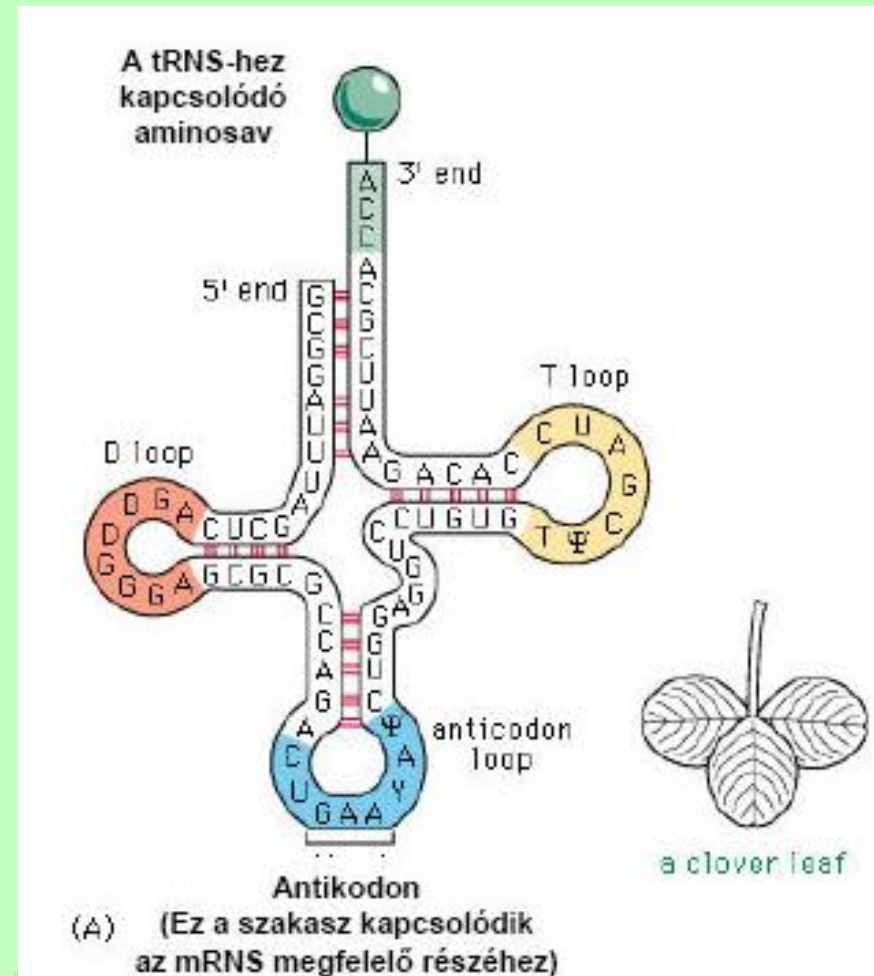
A transzfer RNS kis mérete (80-100 bázis) ellenére három igen szelektív kötőhelyet tartalmaz:

1. Antikodon: bázishármas, amely a mRNS bázistriplettjével (kodon) komplementer, ez „olvassa le” a soron következő aminosavat. A genetikai kódban 64 triplett szerepel, de a három stop kód (UAA, UAG, UGA) miatt csak 61 féle, aminosavat szállító tRNS létezik. A start kód: AUG = metionin

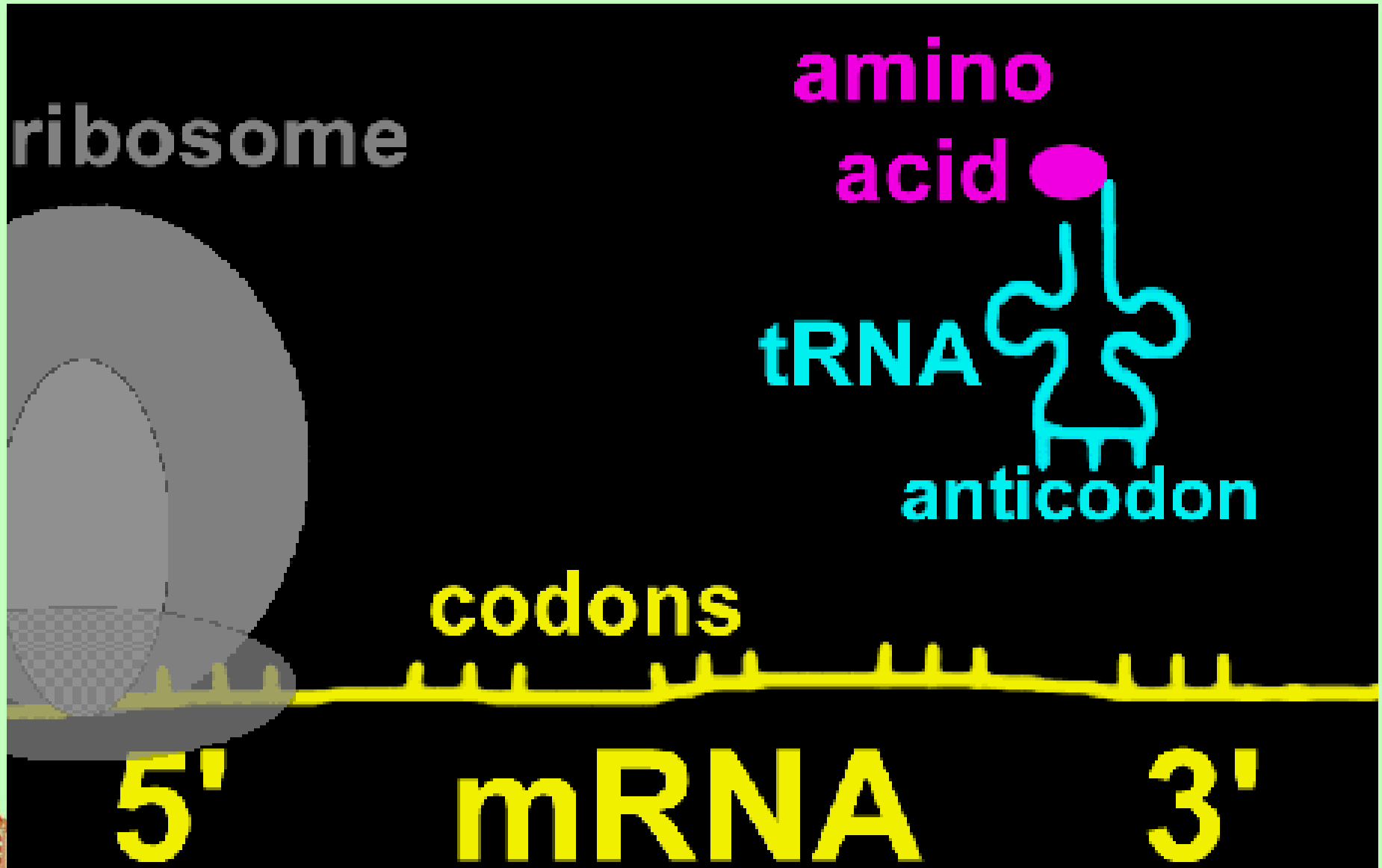


Transzfer-RNS, tRNS 2

2. Aminosav felismerő-, és kötőhely: minden tRNS csak egyféle aminosavat szállít (a kötődés egyúttal aktiválás is, ATP)
3. Riboszóma-kötőhely: ez a felület támaszkodik a riboszóma kötőhelyeihez, rögzíti és pozícionálja az aminosavat



Transzláció a riboszómán

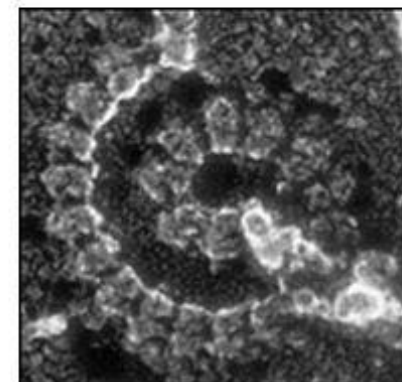
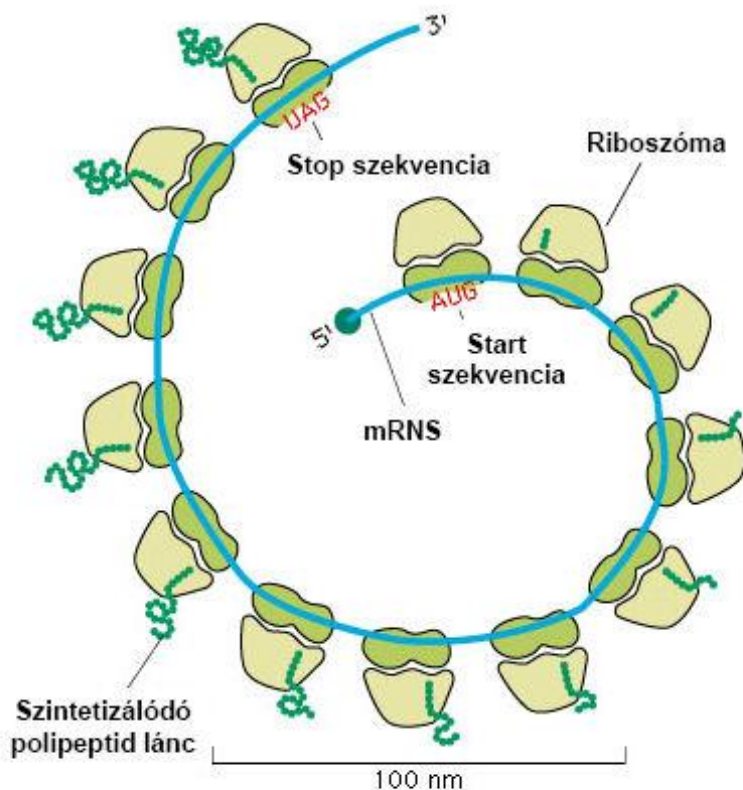


Poliriboszóma - poliszóma

Egy mRNS-en több riboszóma is haladhat egyszerre, ezt nevezik poliriboszómának, röviden poliszómának.

A mRNS élettartama véges és szabályozott: percektől napokig terjedhet. Ez megszabja, hogy hány fehérjemolekula keletkezhet.

Egy mRNS-ről több fehérje is szintetizálódhat



(A)

(B)



(Gén)polarizáció:

Egy mRNS több gént, több fehérjét is tartalmazhat. Ezeket stop kódok választják el egymástól. Ahogy a riboszóma egy ilyen stop kódhoz ér, p valószínűséggel leválik, $(1-p)$ valószínűséggel folytatja a kiírást. Emiatt a sorban egymás után következő fehérjék kópiaszáma csökken, pl.

100 : 80 : 75 : 40 : 20 arányban



A molekuláris biológia centrális dogmája

- **Dogma** (gör., *dokein ige*, jel.: hisz, vél, helyesnek tűnik, elhatároz; *dogma főnév*, jel.: ami helyesnek bizonyult, teológiai értelemben egy vallás megkérdőjelezhetetlen meggyőződése)
- Francis Crick a „hipotézis” szinonimájaként használta (nem volt tisztában a szó jelentésével)
- Genotípus és fenotípus
 - potenciális képesség
 - megjelenő tulajdonság
- Enzim
 - konstitutív
 - induktív

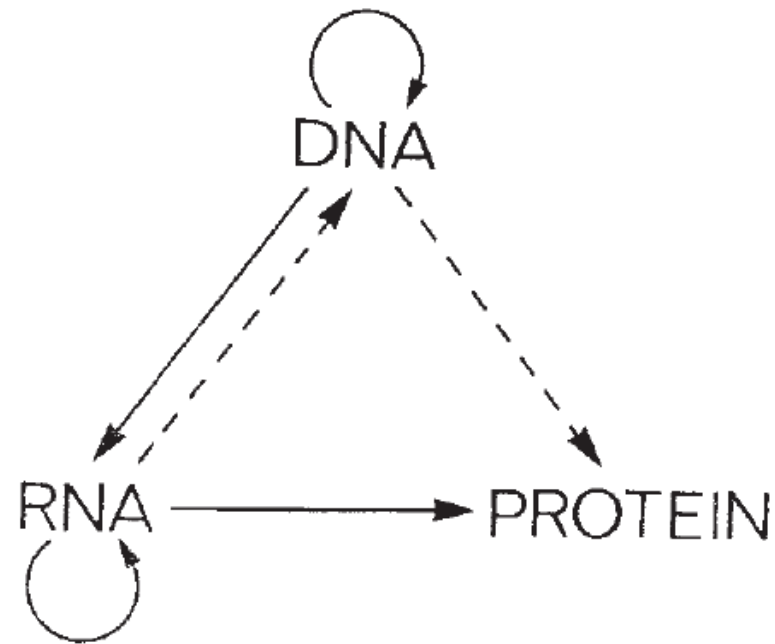
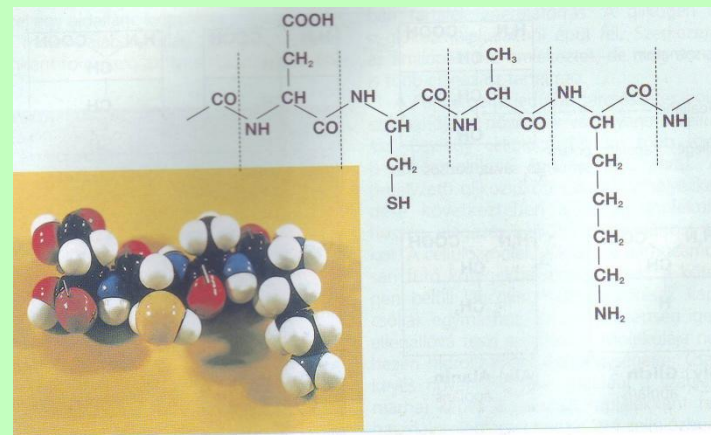
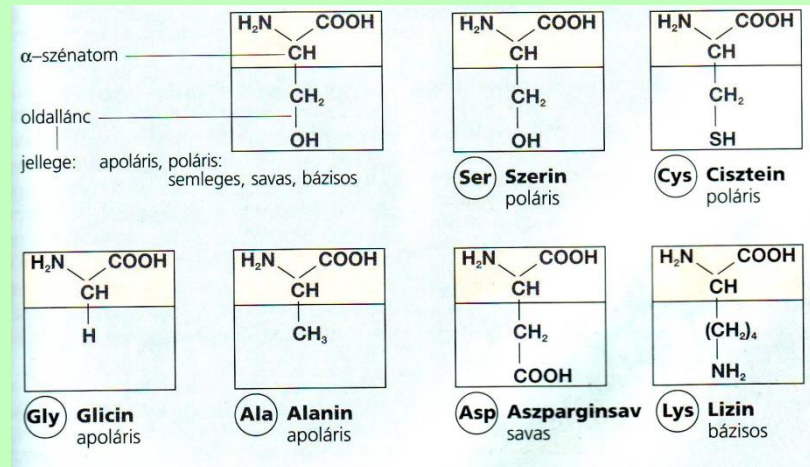
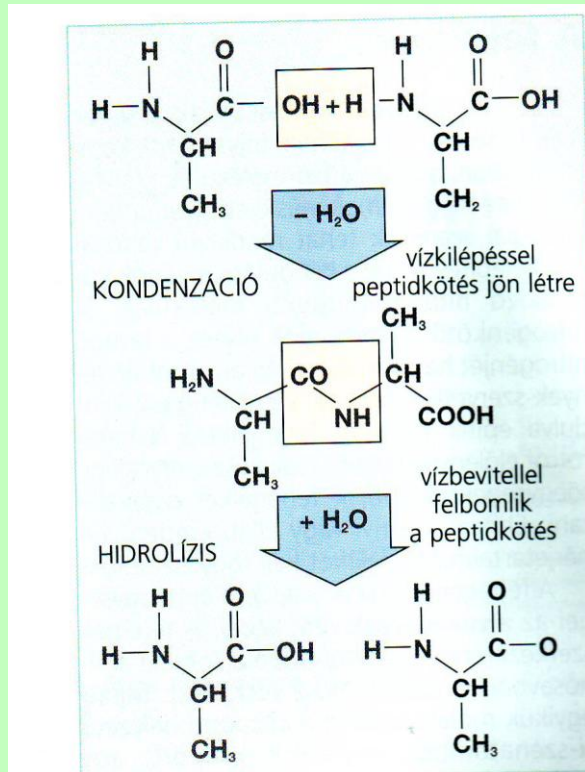


Fig. 2. The arrows show the situation as it seemed in 1958. Solid arrows represent probable transfers, dotted arrows possible transfers. The absent arrows (compare Fig. 1) represent the impossible transfers postulated by the central dogma. They are the three possible arrows starting from protein.



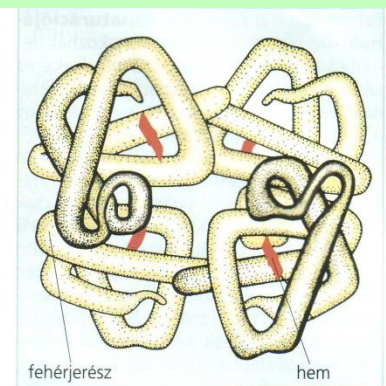
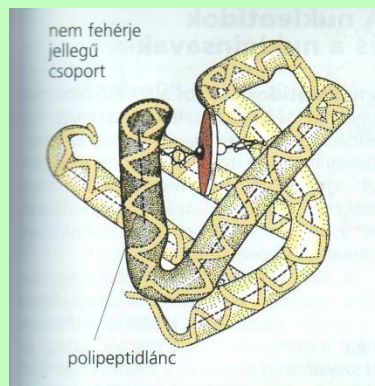
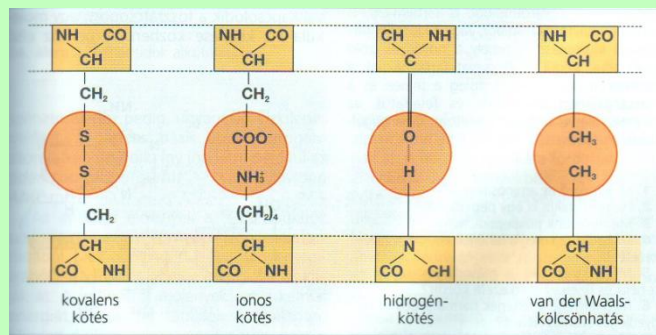
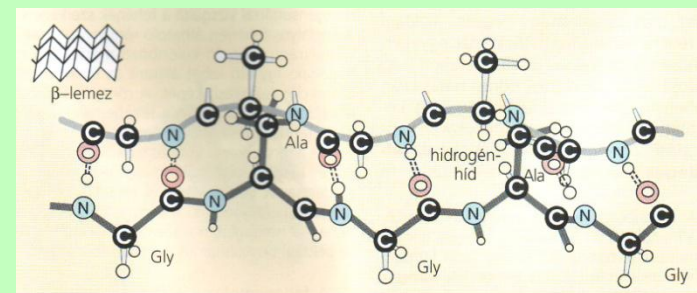
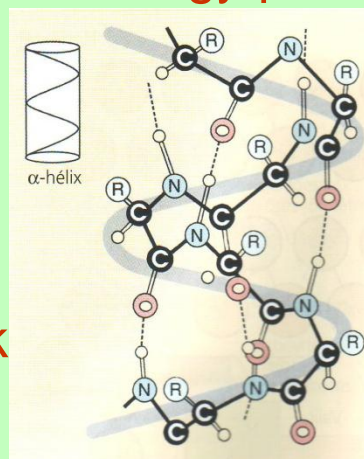
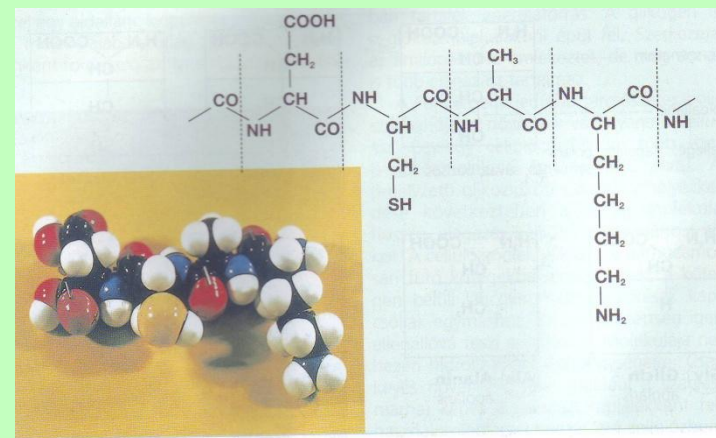
Fehérjék (proteinek)

- Biológiai szerepük: biokémiai folyamatok katalizálása (enzimek), molekulák szállítása, mozgás, immunválasz, stb.
- Építőkövei: aminosavak, amelyek peptid-kötéssel kapcsolódnak egymáshoz (polipeptid-lánc)



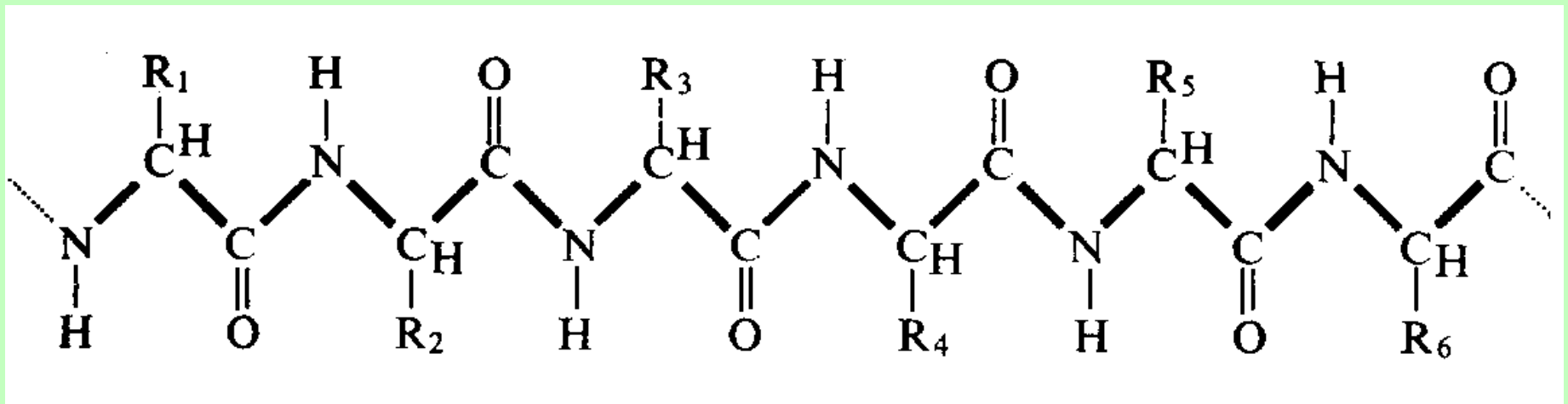
Fehérjék szerkezete

- Elsődleges szerkezet: aminosav sorrend (Frederick Sanger, Linus Pauling)
- Másodlagos szerkezet: lánc térbeli elhelyezkedése (α -szénatomok körüli elforgástól függően: α -hélix szerkezet vagy β -lemezszerkezet)
- Harmadlagos szerkezet: Van der Waals kölcsönhatások a láncrészek között
- Negyedleges szerkezet: Több egységből álló óriásmolekulák Kialakulása (pl. hemoglobin)



A FEHÉRJÉK FELÉPÍTÉSE:

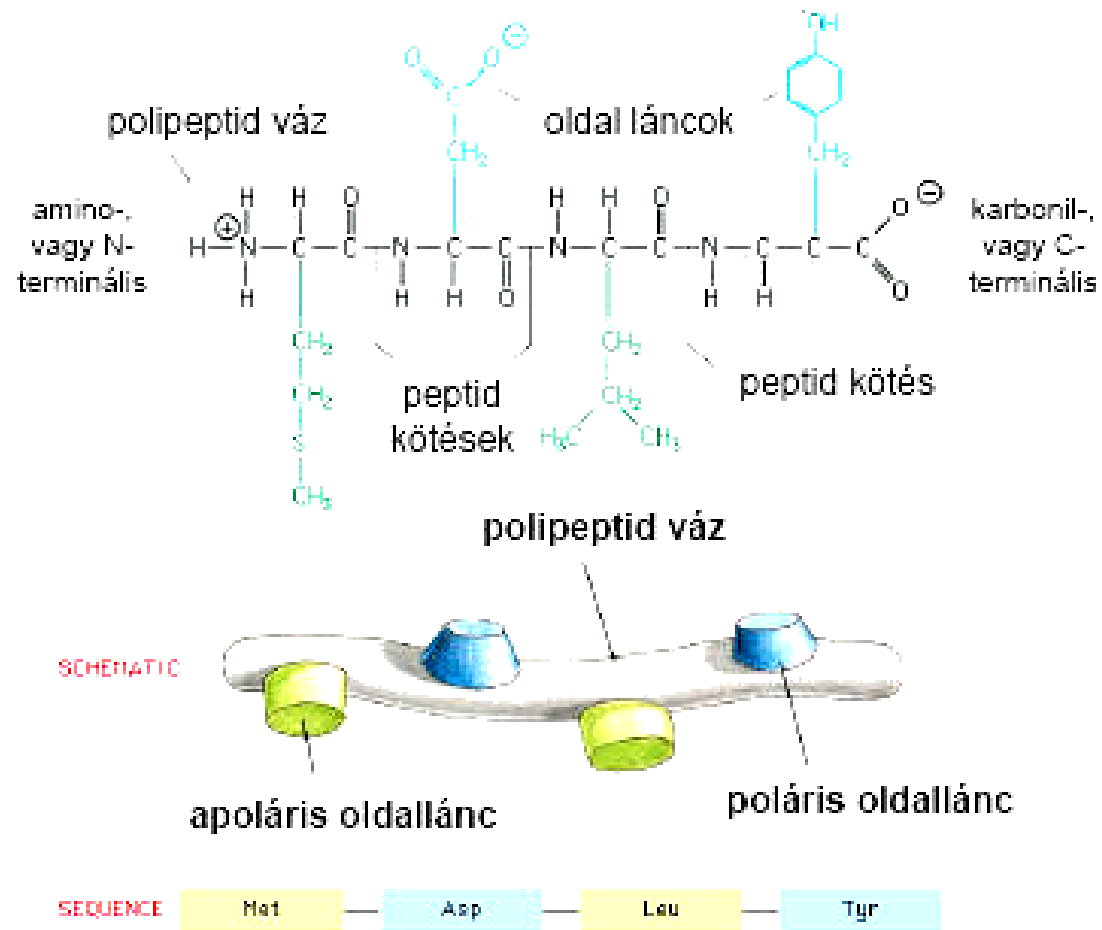
1. Elsődleges szerkezet: az aminosavak sorrendje



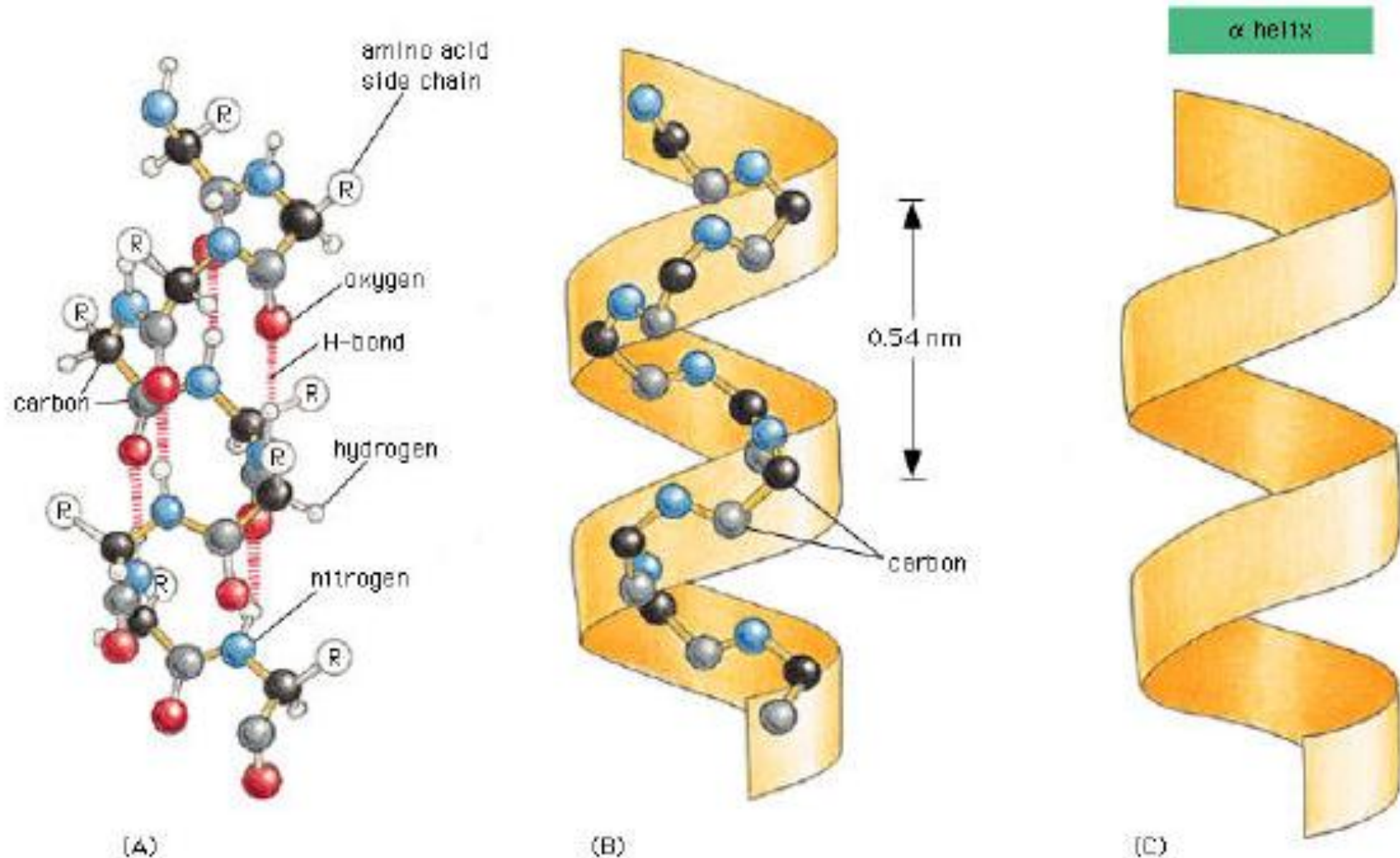
Peptidkötések, karbonsav- és amino- láncvég



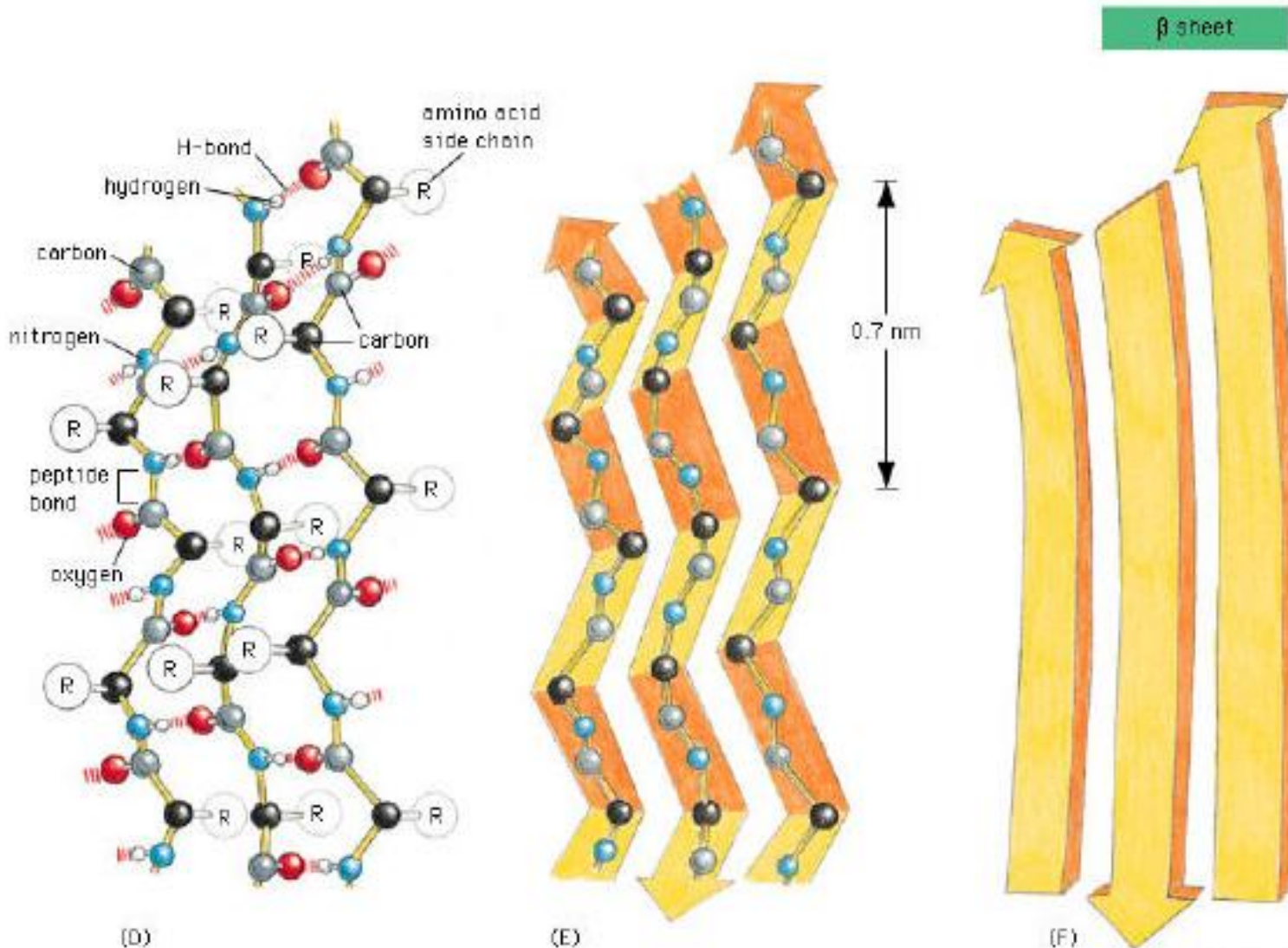
ELSŐDLEGES SZERKEZET



MÁSODLAGOS SZERKEZET: a lánc térbeli rendezettsége: α -hélix

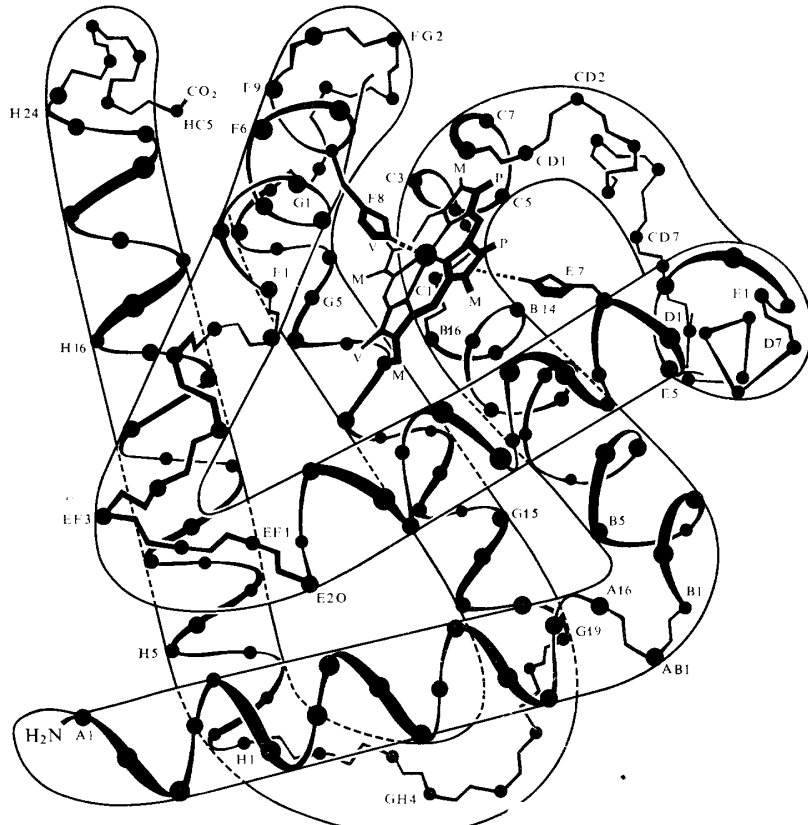


MÁSODLAGOS SZERKEZET: a lánc térbeli rendezettsége: β -redőzet



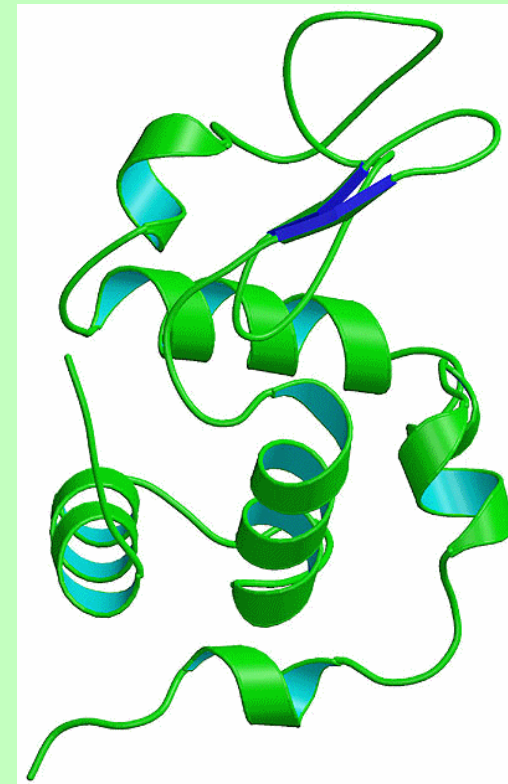
A FEHÉRJÉK FELÉPÍTÉSE 3.

Harmadlagos szerkezet: a teljes lánc térbeli konformációja



12. ábra. A mioglobin térszerkezete

Az egymást követő hélix-szakaszokat A—H betűk jelölik; pl. B5 jelenti a B szakasz ötödik aminosavját (vö. a könyvhöz mellékelt összehajtogatott táblázattal). Alul balra az N-terminális aminosocsoport (NH₂), felül balra a C-terminális karboxilcsoport (CO₂) látható



A FEHÉRJÉK FELÉPÍTÉSE 4.

Negyedleges szerkezet: több összekapcsolódó alegységből felépülő fehérje-komplexek térbeli szerkezete.

Példa: hemoglobin, két α és két β láncból áll össze $\alpha_2\beta_2$

