

A SEJTALKOTÓK (1.3 változat)

A Fejezet tanulásához a tankönyv ábráira és a honlapomon a **Bemutatók** menü [Sejtalkotók](#) összeállítás képeire is szükség van!

A sejt (cellula)

Az élet legkisebb alaki és működési egysége a sejt. Egy sejt mutat mindenféle fontosabb életjelenséget. Az élőlények sejtes felépítésűek. A legtöbb sejt szabad szemmel nem látható kivéve például a növényi szőrsejteket, madarak petesejtjét (tojássárgája).

	Prokarióta sejt	Eukarióta sejt
Méret	1-10 μm	10-100 μm
Sejtmag	nincs	maghátyával határolt valódi sejtmag
Membránnal határolt sejtszervecske	nincs	van <i>pl.: színtest, mitokondrium, stb...</i>

Egyetlen sejt is lehet önálló élőlény (pl.: amőba, papucsállatka stb...).

A többsejtű élőlények sejtjei különbözőek a differenciálódás eredményeként, egy sejtjük önmagában nem életképes.

Egy egyszerű baktérium sejt is több ezer fehérjét tartalmaz. Nagyon bonyolult, összetett rendszer a sejt. *Továbbiakban az eukarióta sejtekről lesz szó, főként az állatok, emberek sejtjeiről.*

Sejtplazma (citoplazma)

A sejtplazma a sejt alapállománya. A sejtmag és a sejthártya között található.

Tömege nagyrészt víz, körülbelül 70%-a. Vízben oldott szervetlen ionok, kisebb szerves molekulák, valamint makromolekulák is találhatóak itt, ezek döntően fehérjemolekulák. A sejtplazma fehérjéi lehetnek szerkezeti anyagok és enzimek.

A sejtplazma félig folyékony (kocsonyás) alapállományt jelent. Fénymikroszkópban egyneműnek látszik, azonban finomabb vizsgálatok kiderítették, hogy összetettebb szerkezetű a sejtplazma.

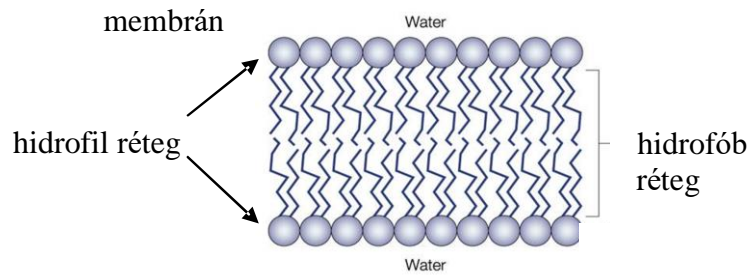
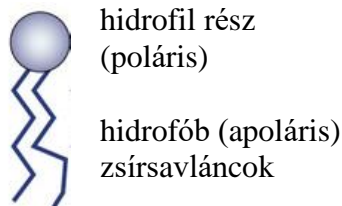
Sejtváz (citoszkeleton): fehérjefonalakból (*mikrofilamentumok*) és fehérjecsövecskékből (*mikrotubulusok*) álló, állandóan újrarendeződő szövet a sejtmag és a sejthártya között. Megszabja a sejt alakját, befolyásolja a sejtszervecskék mozgását. (A mikrofilamentumok 7 nm átmérőjűek, a mikrotubulusok 25 nm átmérőjűek.) Ezek egyik végükön felépülnek, másik végükön lebomlanak, így mozognak mint egy szállítószalag, így tudják mozgatni a sejtszervecskéket. Szerepük van az állábképződésben, a bekebelezésben, a sejtosztódásnál, a kromoszómák mozgatásában.

Biológiai membránok

Alapvető jelentőségűek a sejtek életében. A membránok különböző reakciótereket különítenek el a sejtben. Minden sejtet sejthártya határol, ez is biológiai membrán. Prokarióta sejtekben a sejthártya betüremkedéseket hozhat létre. Eukarióta sejtekben külön membránrendszerek találhatóak és külön membránnal határolt sejtszervecskék is vannak bennük.

A membránok alapszerkezetét lipid molekulákból álló kettős réteg jelenti. A legfontosabb membránlipidek a foszfatidok.

egy foszfatid



A membrán képződéséhez nem kell külön energia befektetés és nem kell külön információ, ezek a foszfatid molekulák vizes közegben a számukra legkisebb energiát igénylő elrendeződést veszik fel. Az apoláris zsírsavláncok között diszperziós kölcsönhatás van. A molekulák úgy helyezkednek el, hogy az apoláris részek ne érintkezzenek a vízzel, ezért a membránok összegömbölyödnek, zárt tereket határolnak el.

A membránlipidek mozgásai:

- A membrán síkjában nagyon könnyen elmozdulhatnak, helyet cserélhetnek a foszfatidmolekulák.
- Ritkán átkerülhetnek egyik rétegből a másik rétegbe.
- Gyakorlatilag sosem léphetnek ki a membrán síkjából.

A membránok jobban hasonlítanak folyadékokhoz, mint szilárd, merev képződményekhez („két-dimenziós folyadék”). A membránban előfordulnak szteroidok is, a koleszterin merevebbé teszi a membránt, tehát kevésbé folyékony, ha van benne koleszterin.

A membránok fontos felépítői a fehérjék (akár a membrán tömegének felét is kitehetik.)

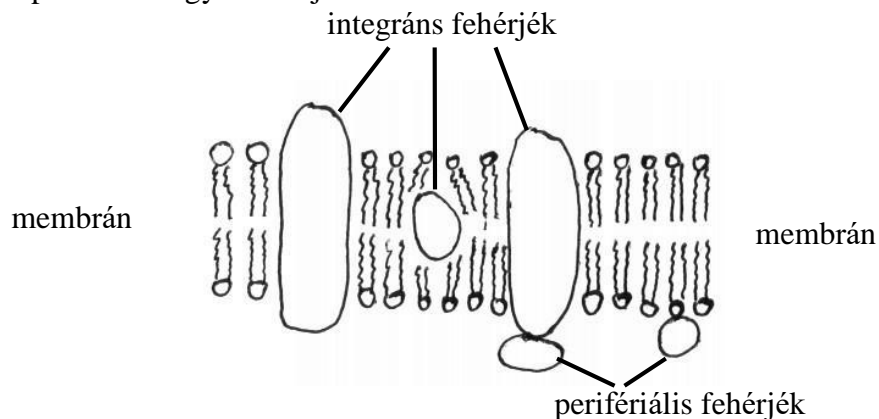
A. A membránfehérjék funkció szerint lehetnek:

- Receptorfehérjék: valamilyen külső molekulát felismer a receptor (pl.:hormont)
- Transzportfehérjék: anyagokat juttatnak át a membránon
- Jelölő fehérjék (marker fehérjék): ezekkel ismerik fel egymást a sejtek

B. A membránfehérjék elhelyezkedés szerint lehetnek:

Integráns fehérjék, ezek kisebb vagy nagyobb mértékben besüllyednek a lipid kettős rétegbe. Csak a membrán roncsolásával távolíthatók el. Vagy a fehérje teljes felszíne, vagy annak egy része apoláris (az a rész, amelyik az apoláris zsírsavláncokkal érintkezik).

A membránfehérjék oldalirányban olyan szabadon mozoghatnak, mint a lipidmolekulák. Lehetnek perifériális fehérjék, ezek kívülről kapcsolódnak a membránlipidekhez vagy a fehérjékhez. A membrán roncsolása nélkül eltávolíthatók.



A membránok alapszerkezetét a lipid kettős réteg jelenti, ez nagyjából azonos a különböző membránoknál.

A membránfehérjék és a membránhoz kötődő szénhidrátok adják a membránok különbözőségét (pl.: a vörösvérsejtek felszínén levő fehérjékhez kapcsolódó szénhidrátok szabják meg az A és B vércsoport kialakulását.)

A membránok általában asszimmetrikusak, más fehérjék és szénhidrátok vannak belső illetve külső oldalon, sok oligoszacharid található a sejthártya külső oldalán.

A sejthártya kb. 10 nm vastagságú biológiai membrán, minden sejtet sejthártya határol. Ezen kívül elhelyezkedhet még sejtfal, ez szilárdítja, merevíti a sejtet, de nem akadályozza az anyagok eljutását a sejthártyához.

Sejtfala van: a baktériumoknak (fehérje és szénhidrát),
növényeknek (cellulóz),
gombáknak (kitin).

Az állati sejteknek nincsen sejtfaluk.

Endoplazmatikus retikulum (belső membránrendszer)

Prokariótákban nincs, eukarióták sejtjeiben biológiai membránok alkotják ezeket a képződményeket.

Leggyakoribb típusa: Durva felszínű endoplazmatikus retikulum (DER): Lapított, tömlőszerű zsákok rendszere. Külső felszínén riboszómák vannak. Ezek membránfehérjékhez kapcsolódnak. (Fehérjeszintézisnél az mRNS mozdul el 3 bázisonként.) A DER felszínén levő riboszóma a DER belsejébe juttatja a szintetizált fehérjét (Általában ezek a fehérjék anyagátalakítás után kijutnak a sejtől.) A sejt riboszómainak kb. fele van a DER felszínén, másik fele a sejtplazmában szabadon található, ezek a sejt számára termelnek fehérjét. A DER és a sejtmaghártya kapcsolatban állnak egymással. Sejtosztódás után a DER-ből képződik újra a sejtmaghártya.

Sima felszínű endoplazmatikus retikulum (SER): Egymáshoz kapcsolódó csövek hálózata. Olyan sejtekben található, amelyekben sok lipid szintetizálódik, illetve májsejtekben a méregtelenítést végzi.

Transzportfolyamatok a membránon keresztül

A membránon való anyagátjuttatást transzportfolyamatnak nevezzük.

I. Passzív transzport: nem igényel energiát a sejtől az anyag átjuttatása. A koncentrációviszonyoknak megfelelően jut át az anyag : a nagyobb koncentrációjú helyről a kisebb koncentrációjú hely felé.

- a) Bizonyos anyagok könnyen átjutnak a lipid kettős rétegén (O_2 , CO_2 , N_2 , karbamid, etil-alkohol), víz is átjut a lipid kettős rétegen → ozmózis.
- b) Bizonyos anyagok átjutásához fehérjemolekulák által képzett csatorna szükséges. Ionok is átjuthatnak a fehérjecsatornákon. Egyes fehérjecsatornák általában zártak, és csak bizonyos hatásokra nyílnak ki (pl. valamilyen hírvivő molekula).
Víz is jut át a membránon, ez ozmózis. Vannak a víz átjutását könnyítő csatornák is.
- c) Ha az anyagok átjuttatását passzív transzporttal fehérjemolekulák segítik, akkor gyorsított vagy könnyített diffúzióról beszélünk (facilitált diffúzió). (De ez nem igényel energiát!)
- d) Apoláris molekulák méretkorlátozás nélkül átjutnak a membránon, átoldódnak a lipid kettős rétegén, ilyenek a szteroidok, zsírsavak.

II. Aktív transzport: a sejt energiája szükséges az anyag átjuttatásához. Legtöbbször ATP energiája használandó erre. A koncentrációviszonyokkal ellentétesen történik az anyagátjuttatás, a nagyobb koncentrációjú helyre juttat anyagot a sejt.

Transzportfehérje juttatja át az anyagot. Az átjuttatandó anyag specifikusan kötődik a szállítófehérjéhez, majd megváltozik a fehérje alakja, helyzete, és a membrán túloldalára kerül a szállított anyag.

(A Transzportfehérjék ATP bontó enzimeknek is tekinthetők.)

Az egyik legismertebb aktív transzport mechanizmus a Na-K-pumpa: minden élő sejtben működik. 3 Na⁺-t juttat ki a sejtől és 2 K⁺-t juttat be a sejtbe egy működési ciklusával, annak ellenére, hogy a sejten kívül jóval nagyobb a Na, belül pedig a K⁺ koncentráció.

Ugyanaz az anyag aktív és passzív transzporttal is átjuthat a membránon (pl.: Na⁺, K⁺ ionok). A legtöbb anyag aktív transzporttal jut át a membránon.

Golgi-készülék

3-10 membránnal határolt, korong szerű rész („lemez”) alkotja.

A DER által szintetizált fehérjék membránhólyagba (transzport vezikula) zárva érkeznek a Golgi-készülékbe.

A Golgi-készülék: anyag átalakítást végez (pl.: szénhidrátot kapcsol fehérjékhez); csoportosítja és továbbítja az anyagokat (membránhólyagba zárva).

Meghatározott irányba haladnak az anyagok: a sejtmagtól távolodnak és a sejthártya felé haladnak. A Golgi-készülék egyes részei között úgy mozognak az anyagok, hogy az egyik rész széléről leválik a hólyag a benne levő fehérjével, és így átkerül a másikra (a sejtmagtól távolodva), közben fokozatosan átalakul az anyag.

A Golgi-készülékben átalakított anyagok sorsa lehet:

- a sejtől kiürülnek az átalakított anyagok exocitózissal;
- a Golgi-készülék membránjába beépült fehérjék a sejthártyához jutnak, azt gyarapítják;
- emésztőenzimeket tartalmazó hólyag válik le a Golgi-készülekről (lizoszóma).

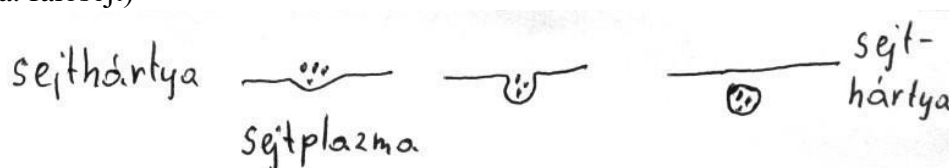
Membránáthelyeződéssel járó transzport

Energia befektetést igényel a folyamat, ezért az aktív transzport egy különleges esetének is felfoghatjuk.

A. Endocitózis (bekebelezés):

A felveendő anyagot a sejthártya körülveszi, egy hólyag képződik, majd ez a hólyag leválik, lefűződik a sejthártyáról, és a benne levő anyagokkal együtt bejut a sejtplazmába. Folyadékok, akár nagyméretű molekulák is, sőt idegen sejtek is bejuthatnak így a sejtbe (pl.: amőbák, fehérvérsejtek vesznek fel így anyagokat, sejteket). A hólyag képződését és mozgását a sejtváz fonalai és csövecskéi segítik elő. Endocitózissal csökken a sejthártya felülete.

(Pinocitózis: folyadék felvétele. Fagocitózis: szilárd anyagok vagy sejtek felvétele (fagocita: falósejt))



B. Exocitózis:

Membránhólyagba zárt anyag eltávolítását jelenti a sejtől. Ez a membránhólyag összeolvad a sejthártyával, s így a benne levő anyag kijut a sejten kívülre. Ezáltal gyarapszik a sejthártya felülete.



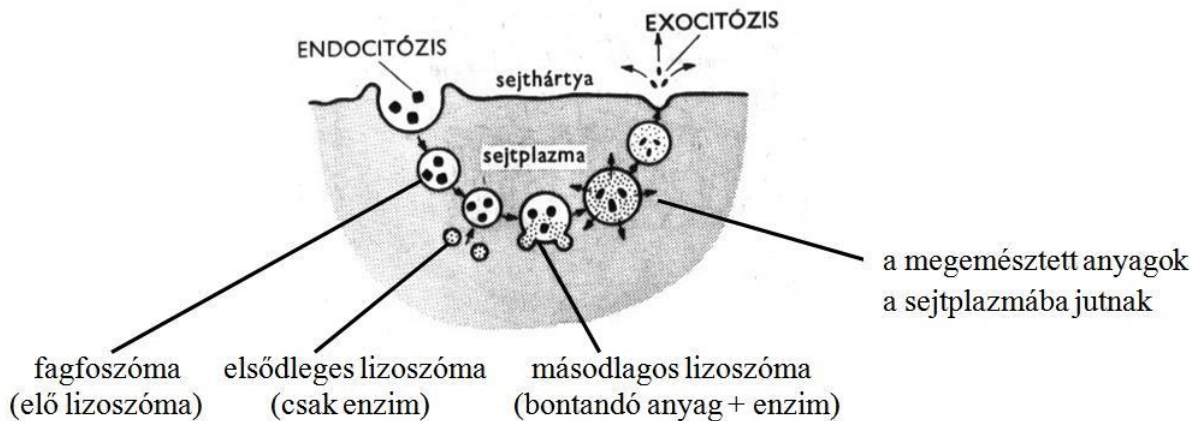
Lizoszómák

Bontóenzimeket tartalmazó, membránnal határolt hólyag a lizoszóma.

(A Golgi-készülekről válik le.)

A lizoszóma feladata: a sejt által felvett anyagok lebontása, illetve az elöregedett saját sejtalkotók lebontása. (A saját sejtalkotót vagy sejttermelékét először membrán veszi körül, majd utána történik a lebontása.)

A megemésztetlen anyagok exocitózissal kijutnak a sejtől.



Szintestek

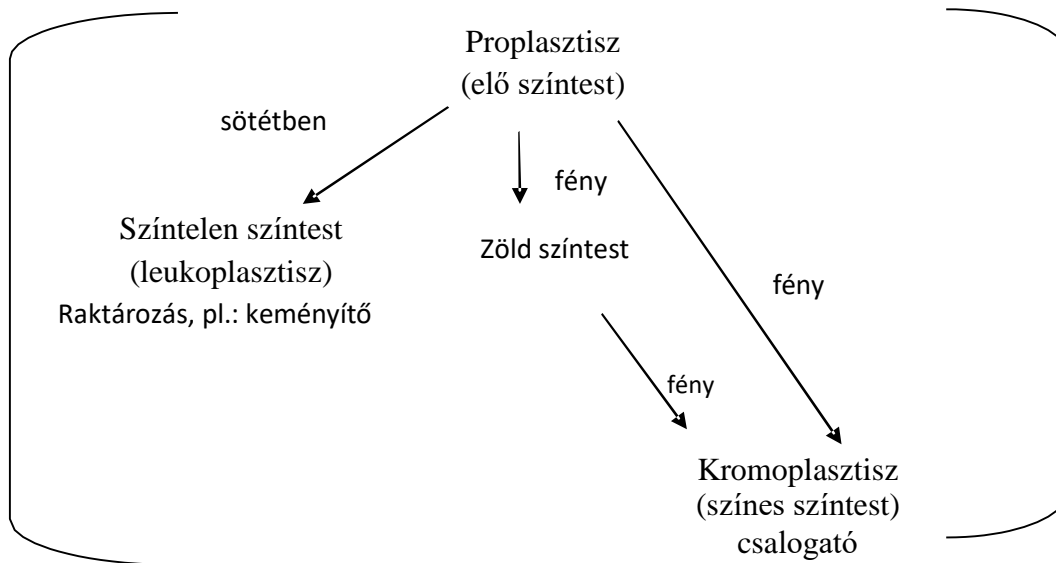
A fotoszintézis membránrendszerekhez kapcsolódva történik.

A prokariótáknak nincsenek szintestjeik. Ezeknél a sejthártya illetve annak betüremkedései mentén zajlik a fotoszintézis fényszakasza.

A fotoszintetizáló eukariótáknak szintestjeik vannak.

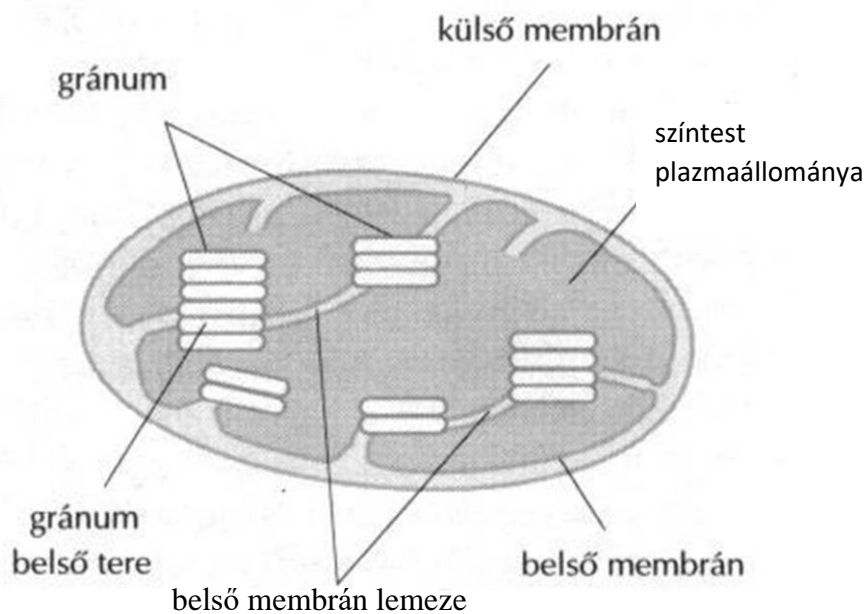
A moszatokban egy vagy néhány nagy, változatos alakú (csillag, gyűrű, spirális) szintest van.

A moháktól kezdődően a fejlett növényekben gömb vagy lencse alakú zöld szintestek vannak (kloroplasztisz).



Kloroplasztisz (zöld színtest)

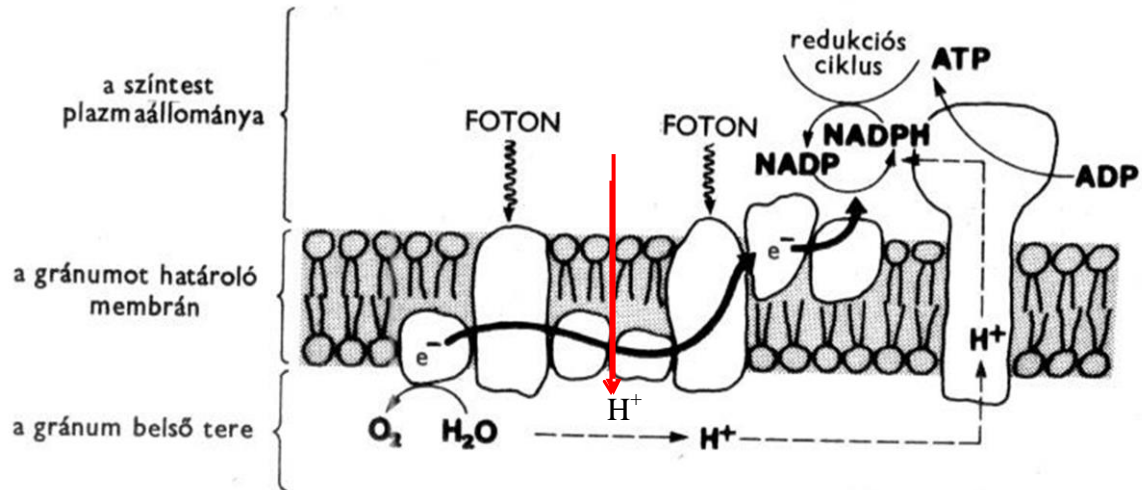
Ez végzi a fotoszintézist. Néhány μm -es. Külső és belső membránja van.



Egy növényi sejtben nagyon sok színtest lehet. A levél, a fiatal szár táplálékkészítő alapszövetében és a zárósejtekben található.

A gránum egymásra rakott korongokból álló oszlopra hasonlít, részeit membránok határolják.

A belső membrán, illetve a gránum membránja mentén zajlik a fotoszintézis fényszakasza:



A

2. pigmentrendszer közelében történik a fény energiájának felhasználásával a vízbontás, a fotolízis. A gránum belsejébe jutnak így a protonok, a környezetbe O_2 molekulák, az elektronok pedig a pigmentrendszereken és elektronszállító láncon keresztül a gránumon kívül levő $NADP^+$ molekulához kerülnek.

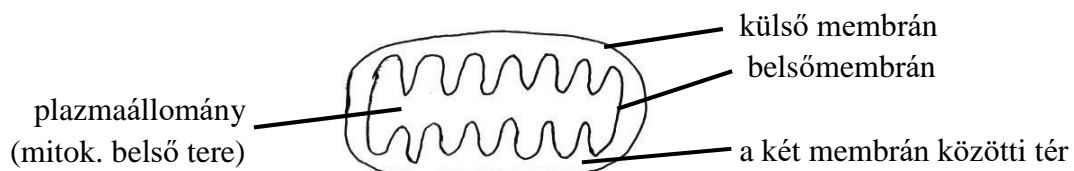
A 2. és az 1. pigmentrendszer között a szállított elektronok energiájának felhasználásával aktív transzporttal további protonok jutnak a gránum belsejébe. Így a gránum membránjának két oldala között jelentős proton koncentrációkülönbség alakul ki. (A gránumon belül van sok proton.) A proton koncentrációkülönbség energiája ATP szintézisére fordítódik: A membrán kettős lipidrétege nem engedi át a protonokat. A protonok fehérjemolekulák által képzett csatornán, ATP-szintetázon jutnak ki gránumból, és közben ADP-ből és foszforsavból ATP keletkezik. Az ATP-szintetáz 9 fehérjemolekulából áll.

A sötétszakasz reakciói a gránumon kívül, a szintest plazmaállományában játszódnak le: megkötődik a CO_2 , és a fényszakaszból származó ATP és NADPH felhasználásával redukálódik, szénhidrátok keletkeznek.

A mitokondrium

Hosszúkás, henger alakú, baktérium nagyságú.

Prokariótákban nincs, eukariótákban megtalálható sejtalkotó. (Ostoros egysejtűekben csak egyetlen, egy májsejtben akár több ezer mitokondrium van.)



A belső membránon sok felületnövelő betüremkedés figyelhető meg. (A lemez alakúakat krisztáknak, a cső alakú betüremkedéseket tubulusoknak nevezik.)

A biológia oxidáció nagyobb része a mitokondriumokban zajlik:

- Glikolízis: a sejtplazmában, a mitokondriumon kívül játszódik le.
- Citromsavciklus: a mitokondrium belsejében, a plazmaállományban folyik
- Terminális oxidáció a mitokondrium belső membránja mentén zajlik.

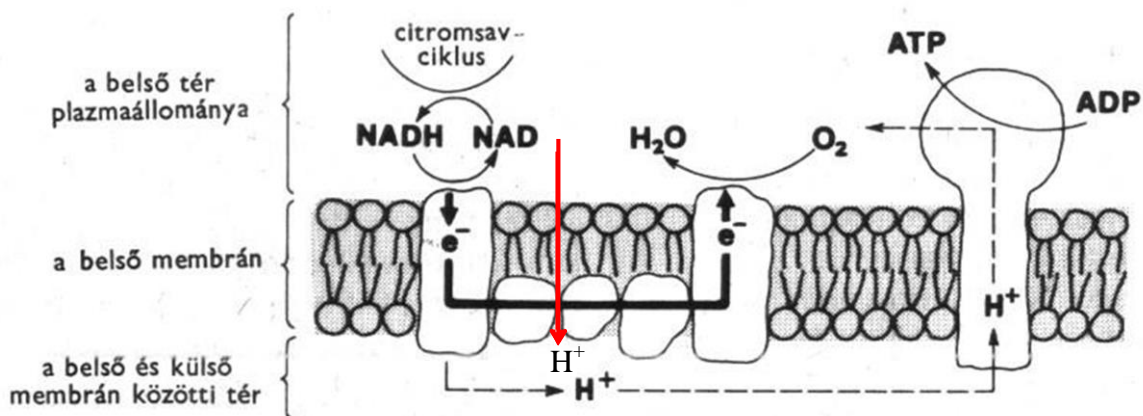
A citromsavciklusból és a glikolízisből NAD^+ molekulák – NADH -ként – juttatják el a hidrogéneket a mitokondrium belső membránjához.

A protonok a külső és a belső membrán közötti térbe kerülnek.

Az elektronok elektronszállító láncra kerülnek, és haladnak a légzési oxigén felé. Közben az elektronok energiája arra fordítódik, hogy aktív transzporttal további protonok kerüljenek a mitokondrium belsejéből a két membrán közötti térbe.

Így a belső membrán két oldalán jelentős proton koncentrációkülönbség alakul ki. A membrán kettős lipidrétege nem engedi át a protonokat. Csak az ATP-szintetázon keresztül jutnak a mitokondrium belsejébe, s ekkor a proton koncentrációkülönbség energiája ATP szintézisére fordítódik – ADP-ből és foszforsavból ATP keletkezik.

A belső térbe érkező protonok és elektronok egyesülnek oxigénnel, víz keletkezik a plazmaállományban.

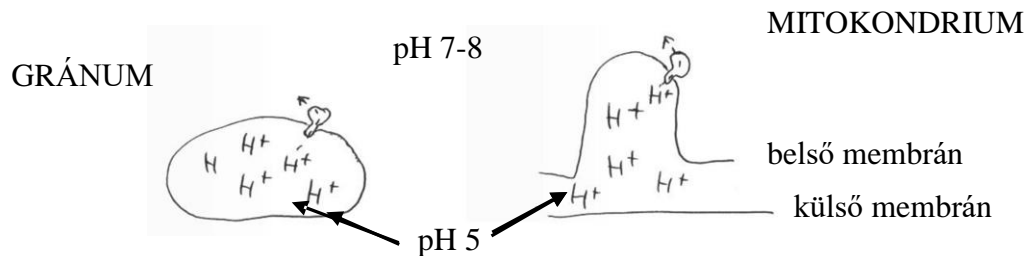


A terminális oxidáció folyamata a membránban

A sejt ATP-jének 95%-a a mitokondriumokban keletkezik, ezért a sejt „energiatermelő” központjainak tekinthetők a mitokondriumok.

Kemiozmotikus elmélet

A fényszakasznál és a terminális oxidációnál az elektronok szállítása során az elektronok energiája arra fordítódik, hogy aktív transzporttal proton koncentrációkülönbség alakuljon ki membrán két oldala között. Az ATP-szintetázon átjutó protonok energiája hoz létre ADP-ből és foszforsavból ATP-t.



Endoszimbióta elmélet

A színtestek és a mitokondriumok eredetét magyarázza.

Nagyméretű ősi sejt bekebelezett fejlett anyagátalakító rendszerrel rendelkező (citromsvciklus és terminális oxidáció végrehajtására képes) prokariótát. Bekebelezte, de nem emésztette meg, hanem tartósan együtt éltek (endoszimbiózis), később ebből alakult ki a mitokondrium.

Később az eukarióta sejt fotoszintézist végző kékbaktériumot kebelezett be, nem emésztette meg (endoszimbiózis), ebből lett a zöld színtest.

Ma már ezek a sejtalkotók elvesztették önállóságukat: Fehérjéik nagy részét nem saját maguk állítják elő, hanem a sejtmagban levő DNS információja alapján a sejtplazma riboszómái termelik (génjeik többsége átkerült a sejtmagba).

Az elmélet bizonyítékai:

A színtestek és a mitokondriumok

- mérete a prokariótákéval megegyező,
- saját DNS-ük van, ami a prokariótákéhoz hasonlóan gyűrű alakú,
- riboszómáik a prokariótákéhoz hasonlóak,
- belső membránjuk a prokariótákéhoz, a külső membránjuk az eukariótákéhoz hasonló (a bekebelező sejt membránja vette körül az endocitózissal felvett prokariótát).
- osztódással szaporodnak (bár osztódásuk a sejtmag kontrolálja alatt áll).

A sejtmag (nukleusz)

Az eukarióták sejtalkotója.

Gömb vagy lencse alakú. Általában egy van egy sejtben (legtöbbször a sejt közepén).

(Lehet két sejtmag, például a papucsállatkában.

Lehet sok sejtmag, például a harántesikolt izomrostban.

Éretten hiányozhat a sejtmag, például a vörösvértesteknél – nem is él sokáig.)

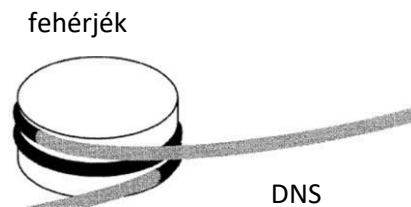
A sejtmagot maghártya határolja, ezt két biológiai membrán alkotja (köztük kevés folyadék van.) A külső membrán felszínén riboszómák láthatók, és közvetlen kapcsolatban áll a DER-rel.

A maghártyán teljes keresztmetszetében átérő pórusokon szabályozottan juthatnak át anyagok. (Kijut mRNS, tRNS, riboszóma alegységek, bejutnak fehérjék.)

A sejtmagban található a sejtmagvacska (nukleolusz). Itt szintetizálódik a riboszómális rRNS. Az rRNS és a sejtplazmából bejutott fehérjék összekapcsolódásával itt készülnek el a riboszóma alegységei

A sejtmag belsejét magplazma tölti ki. Ez hasonlít a sejtplazmához, vizes oldatban található itt szerves ionok, kisebb szerves molekulák, nukleinsavak és fehérjék, illetve ezek építőegységei.

A magplazmában kromatinállomány található, hosszú DNS molekulák és hozzá kapcsolódó fehérjék alkotják. Ennek egységei a nukleoszmák: 8 db korong alakban összekapcsolódó hiszton fehérje, köré 140 bázispárnyi DNS tekeredik, és még 60 bázispárnyi összekötő szakasz is tartozik hozzá.



Sejtosztódáskor a kromatinállomány nagyon erősen összetömörödik, így jönnek létre a kromoszómák (festés után fénymikroszkóppal láthatóak)

Sejtciklus

Osztódó sejtek ciklusa, mely az egyik osztódás végétől a másikig osztódás végig tart. A folyamatosan osztódó sejteknél 10-20 óra a sejtciklus. Például csontvelő véresejtképző sejteji, növényi gyökércsúcs osztódó szövete. ((De a barázdálódó embriónál csak 30 perces a sejtciklus!))

<p>G₁ Első nyugalmi szakasz. Ekkor mRNS és fehérjeszintézis történik</p> <p>S DNS megkettőződése. Megkettőződik a DNS és a hozzá kapcsolódó fehérjék is ekkor szintetizálódnak. Csaknem a sejtciklus felét teszi ki</p> <p>G₂ Második nyugalmi szakasz. Ekkor is mRNS és fehérjeszintézis zajlik. Felkészül a sejt az osztódásra</p> <p>M Sejtosztódás</p>	}	interfázis
--	---	------------

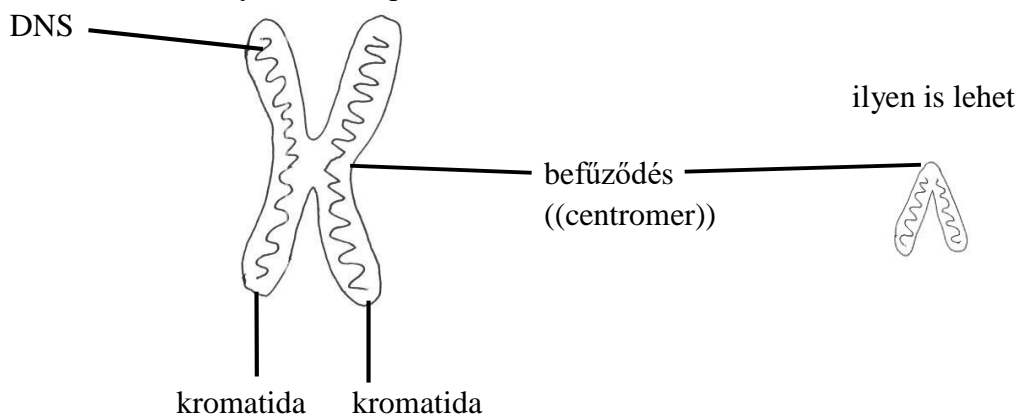
(A prokarióták örökítőanyaga gyűrű alakú DNS. Ezt nem tekintjük igazi kromoszómának, mert fehérje nem kapcsolódik hozzá – van aki „baktériumkromoszóma”-nak nevezi. Kb. 1 mm hosszú DNS, ami a néhány µm-es sejtben van feltekeredve. Ezen kívül lehet néhány kisebb gyűrű alakú DNS – plazmid – a baktériumban.)

A kromoszóma

Eukariótákban található meg.

Interfázisban is megvannak a nagy DNS molekulák és a hozzá kapcsolódó fehérjék. („interfázisos kromoszóma”)

Sejtsztódáskor erősen feltekeredik, tömörödik a kromatinállomány, s ekkor alakulnak ki a fénymikroszkópban látható kromoszómák.



Minden sejtsztódás előtt megkettőződik a DNS, ezek együtt maradnak, az így létrejött molekulák találhatóak meg a kromatidákban, ezért egy kromoszóma két kromatidája azonos DNS-t tartalmaz.

A kromoszómaszám fajra jellemző:

- például az ember testi sejtjeiben 46 kromoszóma van.
 $2n = 46$ kromoszóma – testi (diploid) sejtben
 $n = 23$ kromoszóma – emberi (haploid) ivarsejtben
(haploid sejt: egyszeres kromoszóma készletű; diploid: kétszeres kromoszóma készletű sejt)
- Van olyan féreg, amelynek 2, s olyan lepkefaj amelynek 380 kromoszómája van egy testi sejtjében.

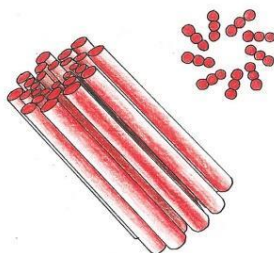
(Egy élesztőgomba sejtmagjában 12 mm DNS-e van. Egy diploid emberi sejt csaknem 2 m DNSt tartalmaz.)

Sejtközpont (centriolum, citocentrum)

Két egymásra merőleges részből áll, mindkét részt 9x3 fehérjecsövecske építi fel.

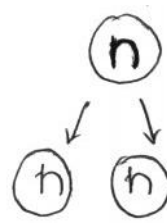
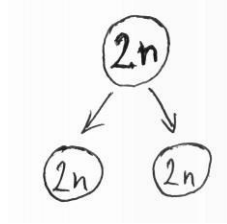
(Rendszerint a sejtciklus S fázisában kettőződik meg.)

Belőle alakulnak ki az ostorok és csillók alapi testjei.



Mitózis (számtartó osztódás)

Két utódsejt keletkezik, amelynek genetikai állománya megegyezik a kiinduló sejtével és egymással is. Diploid sejt (vagy növényeknél haploid sejt is) oszthat mitózissal.



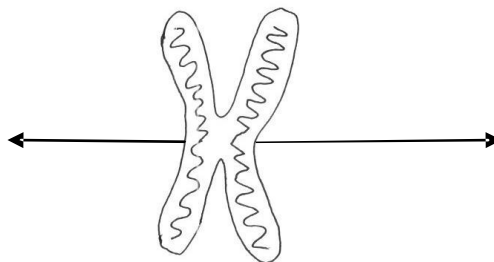
(csak növényeknél)

Mitózissal keletkeznek:

- Növények testi sejtjei
- Állatok testi sejtjei
- Növények ivarsejtjei

Négy szakasza van:

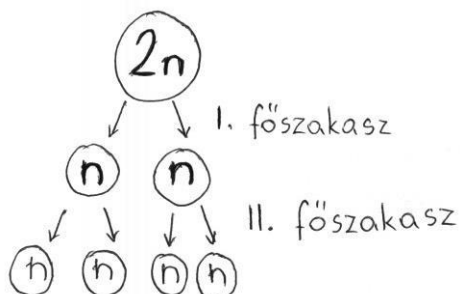
1. Előszakasz (profázis)
 - A kromatinállomány tömörödik, láthatóvá válnak a kromoszómák.
 - Lebomlik a maghártya, a sejtmagvacska is lebomlik.
 - A már korábban kettéosztódott két sejt központ a sejt két pólusa felé vándorol.
 - Kialakul a húzófonalakkal rendelkező osztódási magorsó.
2. Középszakasz (metafázis)
 - A magorsó néhány húzófonala a kromoszómák befűzéséhez kapcsolódik.
 - A kromoszómák a sejt középső síkjába rendeződnek.
3. Utószakasz (anafázis)
 - A húzófonalak megrövidülésével a kromatidák szétválasztódnak.
 - Az egyik kromatida (utódkromoszóma, 'leánykromoszóma') a sejt egyik pólusa felé, a másik a sejt másik pólusa felé vándorol.



4. Végszakasz (telofázis)
 - Felbomlik a magorsó.
 - A kromoszómák legombolyodnak.
 - Újra megjelenik a sejtmagvacska és sejtmaghártya is (a DER-ből képződik).
 - A két sejt elkülönül, sejthártya választja el őket.

Meiózis (számfelező osztódás)

Mindig diploid sejtől indul ki, s végül négy haploid sejt keletkezik.



Az állatok ivarsejtjei és a növények, gombák spórái keletkeznek meiózissal.

(Minden sejtosztódás előtt megkettőződik a DNS – az S fázisban. A sejtosztódás közben már nincs replikáció.)

I. Főszakasz

1. Előszakasz

A kettévált sejt középpontok a sejt két pólusa felé vándorolnak, elkezdik kialakítani az osztódási magorsót.

Tömörödik a kromatin, így fénymikroszkópban láthatóvá válnak a kromoszómák.

Felbomlik a maghártya, eltűnik a sejtmagvacskája is.

A homológ kromoszómák párba állnak. Az azonos anyai és apai eredetű kromoszóma alkot egy homológ párt.



Így négy kromatid állapot jön létre.

Majd elkezdnek távolodni egymástól a kromoszómák, de bizonyos helyeken átkereszteződnek.

Átkereszteződés (*crossing over*):

Enzim közreműködésével eltörik a két kromatida, az apai és az anyai darab helyet cserél.

(A homológ kromoszómapár kromatidái között egy vagy több ponton is létrejöhet crossing over.)

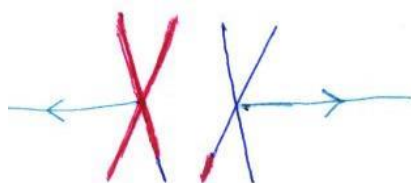


2. Középszakasz

A magorsó húzófonalai a befűződésnél hozzákapcsolódnak a kromoszómákhoz, úgy, hogy a homológ kromoszómapár egyik tagja az egyik pólussal, másik tagja a másik pólussal kerül kapcsolatba.

A kromoszómák a sejt középső síkjába rendeződnek.

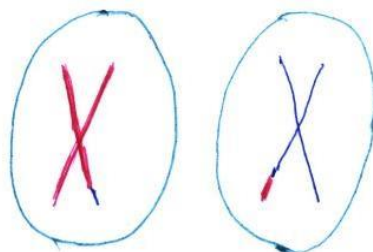
3. Utószakasz



A húzófonalak megrövidülnek, és a kromoszómapár tagjai szétválnak egymástól: az egyik az egyik pólusra, másik tagja a másik pólusra vándorol. Ez eredményezi a számfelezést.

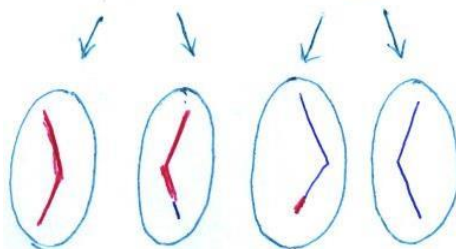
4. Végszakasz

A 2 utódsejt elkülönül egymástól, a kromoszómák részben letekerednek.



Az I. főszakasz végére 2 db haploid sejt keletkezik. (Kromoszómáik két kromatidásak.)

II. főszakasz



Az II. főszakasz végére 4 db haploid sejt keletkezik. (Kromoszómáik egy kromatidásak.)

A II. főszakasz lényegében egy rendhagyó mitózis, melynek során az I. szakaszban keletkezett mindkét haploid sejt kettéosztódik. Ekkor a kromoszómák kromatidái válnak szét egymástól.

A meiózis folyamata miért eredményez genetikai változatosságot?

A szülői tulajdonságok keverednek, **rekombinálódnak**, s így kerülnek az utódokba:

a) A homológ kromoszómák véletlenszerű szétválása a változatosság egyik forrása.

A kromoszómapárnak vagy az apai, vagy az anyai tagja kerül az adott ivarsejtbe.

Ez embernél 2^{23} féle ivarsejt kialakulásának lehetőségét jelenti az egyik szülőnél (ez kb. 8 millió lehetőség), hogyha crossing over nem történne.

b) A crossing over sokszorosára növeli a változatosságot, mert a kromoszómák különböző helyein lehet crossing over, akár több átkereszteződés is történhet 2 kromatida között.

A gének különböző változatai (**alléljai**) az utódokban mindkét szülőtől eltérő, új kombinációban jelennek meg. A fenti két folyamat a **rekombináció**. ((Egyesek csak a crossing overt értik a rekombináció fogalma alatt.))

A programozott és a nem programozott sejthalál

Nem programozott sejthalál (nekrózis): a sejtek egy csoportját súlyos fizikai vagy kémiai hatás éri, nem tudják fenntartani szerkezetüket, megduzzadnak, kipukkadnak, tartalmuk kiömlik, gyulladást váltanak ki, passzív módon elhalnak. ((Ha mindez egyszerre nagyon sok sejttel történik, az az életet fenyegetheti, szerencsés esetben viszont a folyamat hegképződéssel végződik.)) Klasszikus példája ennek a szívinfarktus, amikor a szívizom vérellátása és ezzel oxigénellátása megszűnik, a szívizomsejtek nekrozissal elhalnak.

A programozott sejthalál (apoptózis) azt jelenti, a soksejtű szervezet a számára feleslegessé vált (szükségtelen, elöregedett vagy kijavíthatatlan károsodást szenvedett) sejtektől előre „tervezett” ütemezés szerint szabadul meg. A sejt „maga dönt”: zsugorodik, a magban a DNS darabolódik, a membrán ép marad, a falósejtek könnyen kebelezik be, fehérjék nem kerülnek ki.

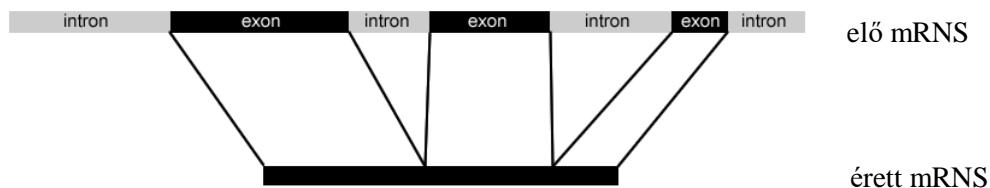
Például az ebihal farka, az emlősök embrionális fejlődése során feleslegessé vált elővese sejtjei így pusztulnak el. Sejtjeink a felnőtt szervezet minden szövetében folyamatosan halnak el és pótlódnak. Ha egy sejt génállományát súlyos károsodás éri (ami például rákot okozhatna) sejt elindítja saját pusztulását.

A programozott sejthalálért felelős molekulák rendszerének csökkent működése daganatot eredményezhet, fokozott működése eredményezi az alkoholisták májzsugorát vagy a neuronok pusztulását Alzheimer-kór esetén.

Az exonok és intronok

Az eukariótákban a DNS-láncon a gén nem mindig folytonos, egyes génekben vannak olyan szakaszok, amelyek nem kódolják a fehérje egy részét sem. Az elő mRNS-ben még ott vannak ezek a nem kódoló szakaszok (*intronok*), azonban ezek még a sejtmagban kivágásra kerülnek. A kivágás után maradó részeket *exon*oknak nevezzük, csak ezek jutnak ki a sejtmagból.

(Az intronok többféleképpen vágódhatnak ki, így egy génről eltérő, bár hasonló funkciójú fehérje termékek keletkezhetnek például a különböző szövetekben.)



Az állati és növényi sejt összehasonlítása

Az állatok sejtjeinek nincs sejtfala, a növényi sejteket cellulóz tartalmú *sejtfal* veszi körül.

A növényekben vannak *színtestek*.

Zárványok is jellemzőek a növényi sejtekre. Ezek szilárd vagy félfolyékony képződmények, amelyek a sejt anyagcseréjében közvetlenül nem vesznek részt. Például keményítő, fehérjézárvány, olajcsepp vagy rosszul oldódó kristályok (kalcium-oxalát, kalcium karbonát). A növény állandósult, öregedő sejtjeiben sejtnedvet tartalmazó *sejtüreg (vakuólum)* lehet. Nézd meg a honlapomon a *Bemutatók*-nál az „Állati és növényi sejt” képet!

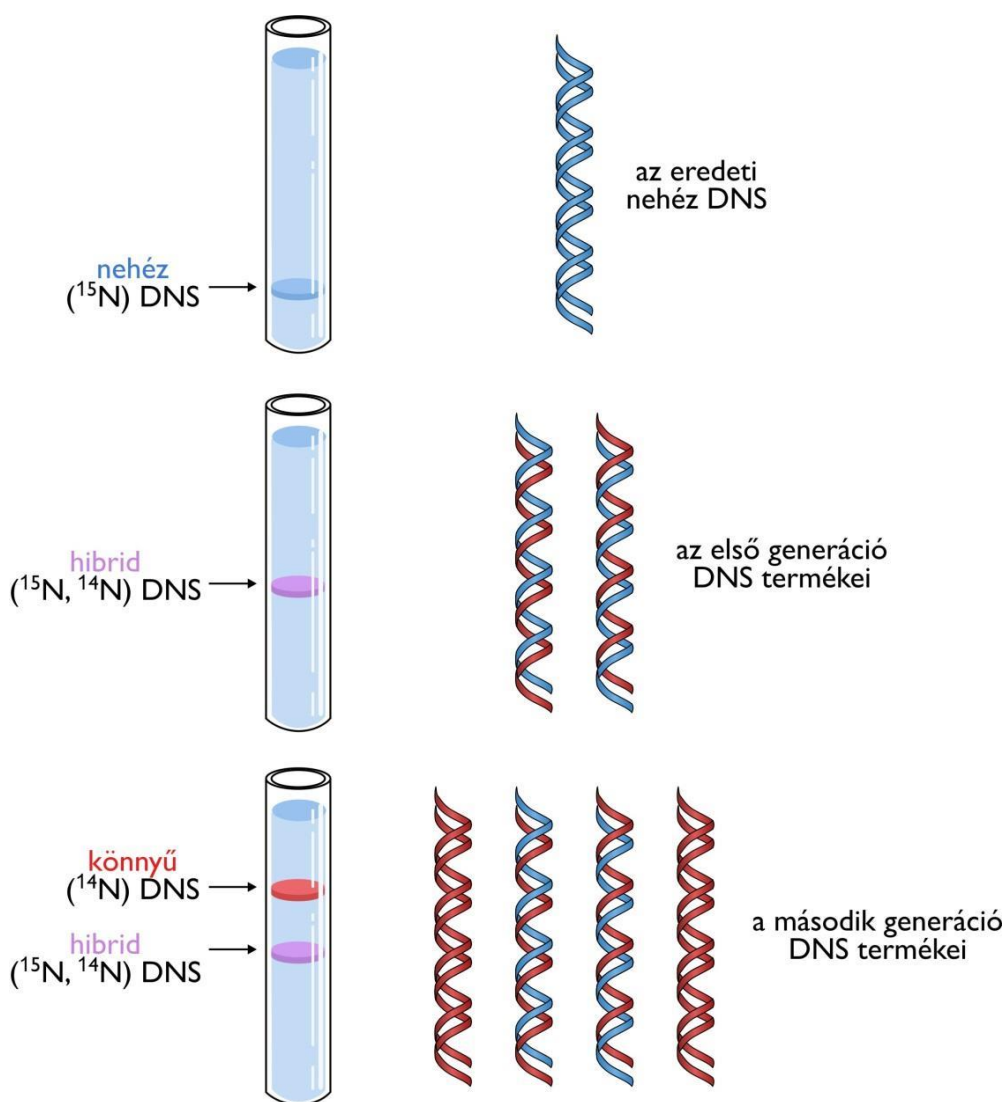
(Nincs az érettségi követelményekben, de a megfelelő információk ismertetésével akár érettségi feladatot is készíthetnek a következő kísérletből:)

A replikáció szemikonzervatív jellegét bizonyító kísérlet

A kísérlet során kólibaktériumokat tenyésztettek ^{15}N tápoldatban több generáción át, majd átjuttatták a baktériumokat normál, ^{14}N -es tápoldatba.

A keletkező DNS régi szála ^{15}N -öt tartalmazott, az újonnan szintetizálódott szál ^{14}N -et, így az első nemzedékben köztes tömegű DNS keletkezett, ami ultracentrifugálásakor a középső sávban helyezkedett el.

A második generációtól könnyű és köztes sáv figyelhető meg a centrifugálásnál.



((Meselson és Stahl végezték el ezt a kísérletet.))

Gergely Tibor órai jegyzete