



DIVIZIUNEA CELULARA

Diviziunea celulara reprezinta procesul prin care dintr-o celula mama rezulta celule noi asemanatoare acesteia.

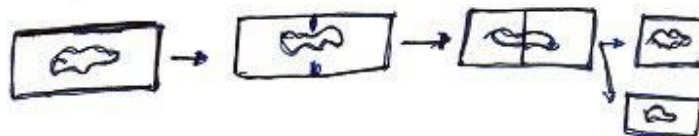
Prin diviziunea celulara se asigura continuitatea vietii deoarece:

- la organismele unicelulare realizeaza inmultirea acestora;
- la organismele pluricelulare realizeaza cresterea tesuturilor si a organelor acestora, sunt inlocuite celulele moarte sau uzate, se formeaza celulele reproducatoare etc.

Diviziunea celulara este de doua tipuri: **directa** si **indirecta** (cariokinetica).

DIVIZIUNEA DIRECTA (AMITOZA)

- Este cel mai simplu tip de diviziune;
- Este intalnita la celulele procariote si celulele tumorale;
- Se realizeaza foarte rapid;
- Nu se formeaza un fus de diviziune;
- Nu se individualizeaza si nu se evidentiaza cromozomii
- Diviziunea nucleului (cariochineza) se desfasoara concomitent cu diviziunea citoplasmei (plasmochineza sau citochineza)
- Diviziunea directa e realizeaza prin:
- **Fragmentare** in urma aparitiei unui perete despartitor care imparte continutul celulei in doua celule fiice (de exemplu, la unele alge verzi).
- **Strangulare (gatuire)** in care nucleul se alungeste, se subtiaza la mijloc si se fragmenteaza; concomitent celula se gatuie si se separa impreuna cu cei doi nuclei in doua celule-fiice (de exemplu, la drojdia de bere, bacterii etc.).

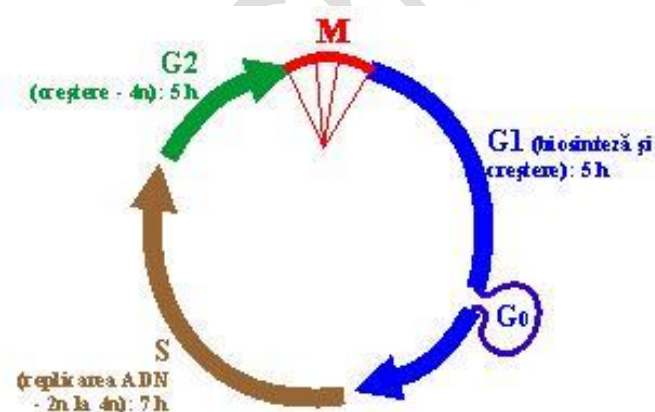


Diviziunea directa

DIVIZIUNEA INDIRECTA (CARIOKINEZA)

- Este mult mai complexa decat diviziunea directa;
- Este intalnita la majoritatea celulelor eucariote;
- Se realizeaza intr-o perioada de timp mai lunga;
- Se formeaza un fus de diviziune alcatuit din filamente dispuse intre polii celulei cu rol de a distribui echilibrat cromozomii in celulele fiice;
- Se individualizeaza si se evidentiaza cromozomii prin spiralizarea si cindensarea fibrelor de cromatina din nucleoplasma nucleului
- Diviziunea nucleului (cariokineza) precede diviziunea citoplasmei (citokineza)
- Se realizeaza prin mitoză si meioza.

Perioada ce se deruleaza intre doua diviziuni mitotice alcatuieste **ciclul celular**. (*kyklos* = cerc). Ciclul celular cuprinde **interfaza** si **diviziunea celulei**.



Interfaza (din gr. “inter”- intre si “phasis”-aspect) reprezinta intervalul dintre doua mitoze consecutive. In interfaza, celula se pregateste de diviziune, aceasta inasa nu inseamna ca ea se afla in stare de repaus, dimpotriva, este cea mai activa din punct de vedere metabolic in ciclul celular, in care au loc o serie de procese esentiale pentru declansarea diviziunii celulare.

In aceasta etapa a ciclului celular, nucleul reprezinta o structura optic uniforma, cromozomii sunt despiralizati, vizibili fiind doar nucleolii.

Interfaza este formata din trei perioade (subfaze), iar fiecare dintre ele se caracterizeaza printr-o serie de particularitati.

Faza G1: este perioada de creștere celulară. În această fază G1 celula sintetizează și acumulează ARN pentru sinteza proteică, și proteine reglatoare, enzime pentru sinteza ADN.

Faza G1 are o durată variabilă, chiar cea mai variabilă a ciclului celular, astfel:

- u nele celule cresc rapid (celulele embrionare) această fază fiind cât se poate de scurtă, fiind considerată chiar inexistentă;

- pentru unele celule această perioadă este foarte lentă, celulele par a fi încetat ciclul celular. Celulele în această fază nu cresc și nu se divid și poate fi considerată faza G₀. Această fază poate dura zile întregi, săptămâni sau ani înainte ca celulele să prolifereze (reintrarea în ciclul celular).

Faza S: în această perioadă are loc sinteza ADN-ului, ce durează în mod normal 6-12 ore. În acest răstimp se produce replicarea genomului și continuă sinteza proteică și sinteza ARN.

Pentru a vizualiza ce se întâmplă în această fază, se folosește microspectrofotometria preparatelor colorate Feulgen, sau prin utilizarea unor coloranți fluorescenți ADN specifici. Astfel vom vizualiza dublarea conținutului ADN (2n la 4n).

În faza S se produce replicarea cromozomilor care rămân atașați unul de celălalt și sunt denumiți cromatide surori.

Faza G₂: este etapa dintre sinteza ADN și mitoză, unde celula continuă să sintetizeze ARN și proteine, astfel pregătinduse pentru diviziunea celulară.

Celulele în faza S au o cantitate intermediară de ADN în timpul replicării, însă în faza G₂ conținutul ADN este exact dublul celui din faza G₁.

În majoritatea celulelor umane, faza G₂ durează între 2-4 ore.

Diviziunea indirectă se desfășoară în mai multe faze succesive în care au loc transformări ale substanței nucleare, semnificativa fiind individualizarea cromozomilor. Ea are loc în majoritatea organismelor vii.

Cromozomii sunt structuri permanente ale celulei, care pot fi observate la microscopul optic numai în timpul diviziunii nucleului, când are loc condensarea și fragmentarea cromatinei. Cromozomul este format din două brațe, mai mult sau mai puțin egale, unite printr-un punct de legatură numit *centromer*. În timpul diviziunii nucleului, fiecare cromozom se despică longitudinal în două jumătăți numite cromatide.

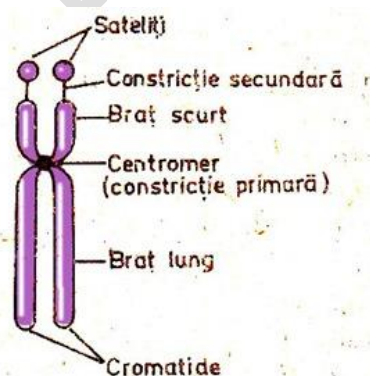


Fig. 11. Schema structurii unui cromozom de la eucariote.

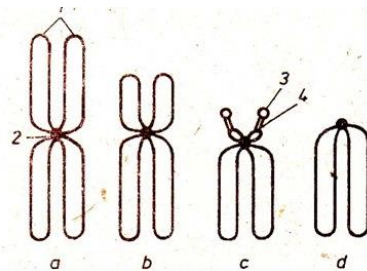


Fig. 12. Tipuri de cromozomi:
a – metacentric cu centromerul median; b – submetacentric cu centromerul plasat submedian; c – subtelocentric cu centromerul plasat aproape de unul din capetele cromozomului; d – telocentric cu centromerul plasat terminal; 1 – cromatide; 2 – centromer; 3 – satelit; 4 – constricție secundară.

Cromozomii sunt în număr constant și caracteristici pentru fiecare specie. Celulele corpului, numite și *celule somatice*, au un număr dublu de cromozomi. Ele se numesc

diploide (notate $2n$). Celulele reproducatoare (gametii) au numărul de cromozomi redus la jumătate. Ele se numesc *haploide* (notate n).

Diviziunea indirectă se clasifică în diviziune mitotică și meiotică.

DIVIZIUNEA MITOTICĂ (MITOZA)

Diviziunea mitotică sau **mitoza** reprezintă diviziunea indirectă a celulelor somatice cu dublarea prealabilă și repartizarea uniformă a numărului de cromozomi (materialul ereditar) în celulele-fiice. Mitoza are loc în celulele ce se află în plină creștere: țesutul embrionar și țesuturile meristemice ale plantelor, organele hematopoietice și țesuturile meristemice ale plantelor, organele hematopoietice și țesuturile epidermice ale animalelor etc. Această diviziune asigură înmulțirea celulelor, creșterea și diferențierea individuală, continuarea genotipului.

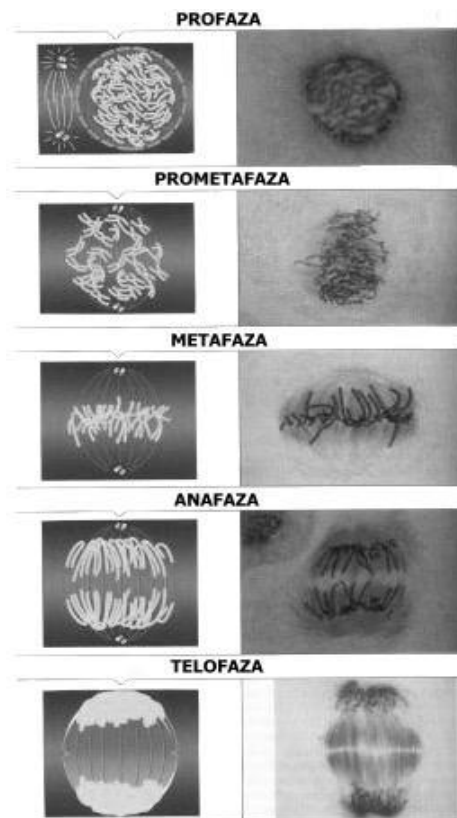
Mitoza a fost descoperită pentru prima dată de Felming în 1879. Diviziunea mitotică are loc în celulele-mamă diploide ($2n$). În urma diviziunii mitotice, celula se dublează, generând două celule-fiice identice cu celula-mamă. Ea ocupă circa 10% din ciclul celular.

Mitoza este alcătuită din 4 faze succesive:

Profaza reprezintă perioada în care cromozomii devin vizibili în rezultatul spiralizării și condensării. Fiecare cromozom este dublat longitudinal și se evidențiază cele două cromatide răsucite una în jurul celeilalte și unite în regiunea centromerului. Spre sfârșitul profazei, apar centrii mitotici, nucleolii devin mai mici și chiar dispar complet, degradează membrana nucleară.

În concluzie profaza mitozei se caracterizează prin următoarele procese:

- dublarea centriolilor (încă în interfază) și migrarea lor spre poli celulei;
- condensarea cromatinei și evidențierea cromozomilor;
- degradarea nucleolilor;
- degradarea membranei nucleare (și, ca rezultat, a unei părți din reticulul endoplasmatic rugos);



- formarea fusului de diviziune (în celulele animale fusul de diviziune este radial, în celulele vegetale el este aranjat într-un singur plan)
- amestecul carioplasmei și hialoplasmei.

Profaza ocupă circa 50% (30 min) din mitoză.

2. Metafaza – etapa în care cromozomii sunt delimitați și se aranjează în regiunea ecuatorului unde formează placa metafazică. Metafaza este stadiul în care se pot stabili, cu deosebită precizie, numărul, forma, mărimea cromozomilor specifici fiecărei specii.

Cromozomii se atașează de centromer cu fibrele fusului de diviziune (pe fiecare fibră câte un cromozom). Cele două cromatide ale fiecărui cromozom sunt așezate una lângă alta și sunt unite în regiunea centromerului. Când metafaza se apropie de sfârșit, centromerii încep să se dividă, iar de fiecare jumătate rămâne prinsă câte o cromatidă.

În metafază poate să continue degradarea membranei nucleare.

Asadar, particularitățile metafazei sunt următoarele:

- aranjarea cromozomilor la ecuatorul celulei;
- formarea plăcii metafazice;
- aranjarea cromozomilor în formă de stea (cu centromerul spre centru);
- fixarea cromozomilor prin intermediul fusului de diviziune (fusul de diviziune este alcătuit din fibrele centriolo-cromozomiale și fibrele centriolo-centriolare)

Metafaza alcătuiește circa 13% (8 min) din mitoză.

3. Anafaza constă în clivarea longitudinală a cromozomilor și deplasarea lor (fiecare cromozom este monocromatidic) spre poli opusi ai celulei. Astfel, la poli celulei se formează două seturi de cromozomi cu aceeași constituție genetică ca și nucleul celulei-mamă.

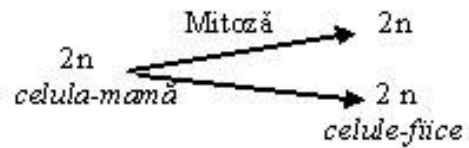
Anafaza durează circa 7% (4 min) din timpul mitozei și se caracterizează prin:

- deplasarea cromatidelor fiecărui cromozom spre poli celulei (viteza deplasării este de 0,2-5,0 μm/min);
- aranjarea cromatidelor în timpul deplasării în conformitate cu poziția centromerului.

4. Telofaza se caracterizează prin formarea la fiecare pol al celulei a câte un nucleu separat, care, după despiralizarea cromozomilor, devine optic omogen. Spre sfârșitul telofazei apar nucleolii. Conținutul nucleolilor este similar cu cel al celulei-mamă.

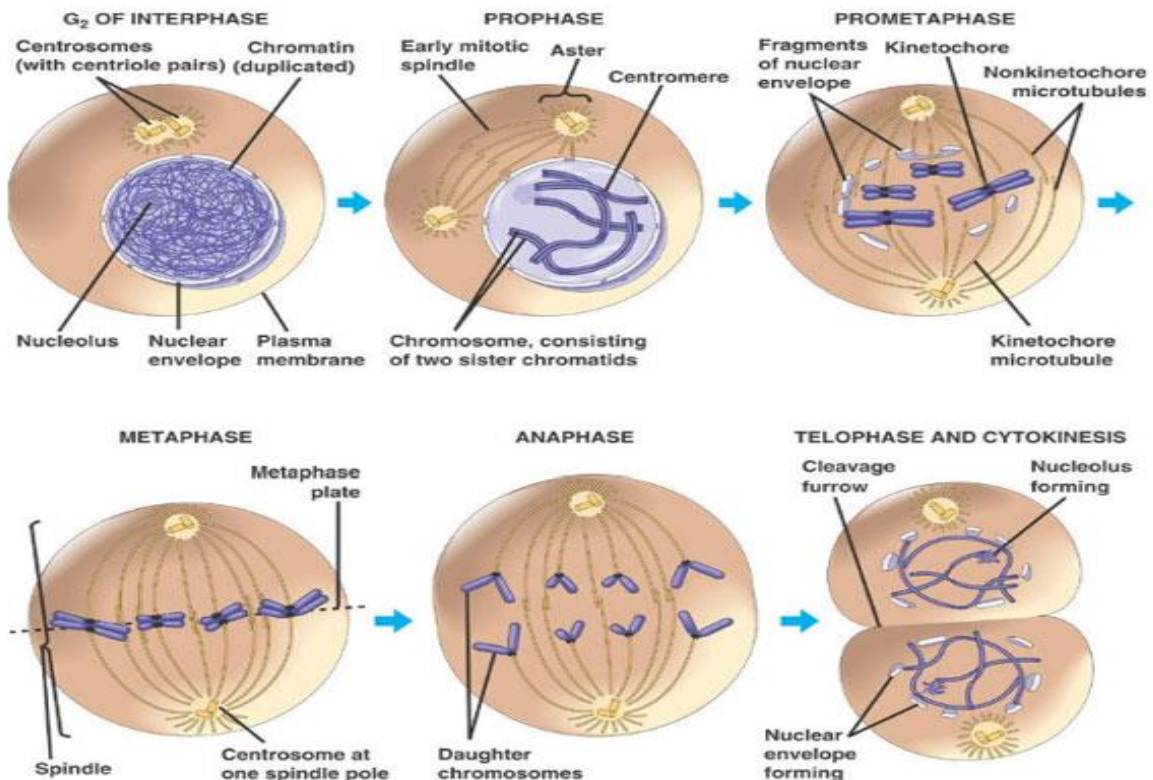
În concluzie telofaza se caracterizează prin:

- decondensarea cromozomilor;
- formarea unei noi membrane nucleare;
- formarea nucleolilor;
- degradarea fusului de diviziune;
- formarea centrului celular;
- citochineza si formarea a doua celule-fiice identice cu celula-mama.



Semnificatia biologică a mitozei este următoarea:

- 1) asigură constant numărul de cromozomi (a materialului ereditar) în procesul de diviziune al celulelor somatice;
- 2) asigură integritatea structurală a tesuturilor în caz de pierdere a celulelor (substituirea eritrocitelor, a celulelor din epiteliul intestinului etc.);
- 3) asigură creșterea și dezvoltarea organismului pluricelular;
- 4) asigură regenerarea tesuturilor și a organelor.



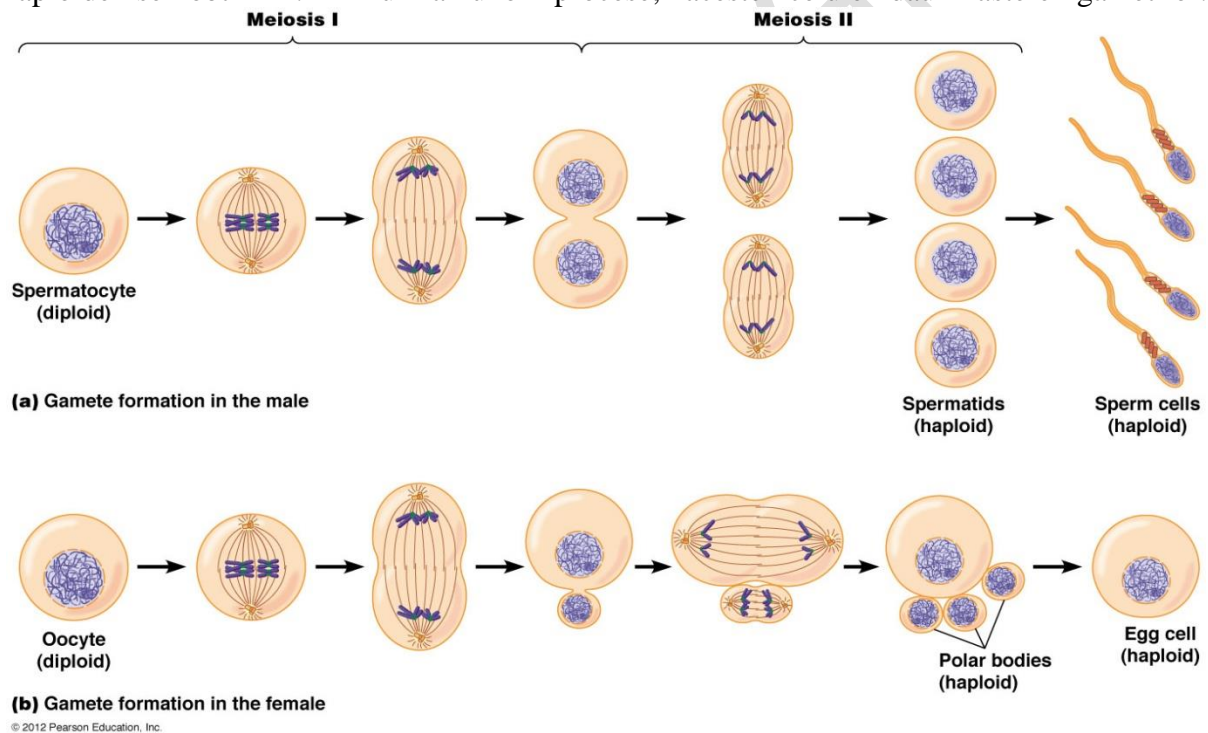
DIVIZIUNEA MEIOTICA (MEIOZA)

Meioza (din gr. „*meion*” – mai mic) reprezintă diviziunea indirectă a celulelor germinale (ovocitul și spermatoцитul de ordinul I) în zona de maturizare ce formează celulele sexuale (gameti). Meioza a fost descoperită de **E. van Beneden** în 1883 la *Parascaris equorum*.

Formarea gametilor este precedată de două diviziuni succesive deosebite:

- **diviziunea reductională** (sau primară, heterotipică, meioza I);
- **diviziunea ecuatională** (sau secundară, homotipică, meioza II).

Ca rezultat al primei diviziuni, dintr-o celulă diploidă ($2n$) se obțin două celule haploide (n). A doua diviziune este echivalentă celei mitotice, iar din cele două celule haploide se obțin 4. În urma unor procese, aceste celule dau naștere gametilor.



Meioza este precedată de interfază, în care are loc reduplicarea moleculelor de ADN (4c). Între diviziunea I și II poate exista o perioadă de trecere – interchineză –, dar fără sinteza suplimentară de ADN. Fiecare diviziune este formată din 4 faze succesive (profaza, metafaza, anafaza, telofaza) cu trăsăturile lor specifice

Profaza I se caracterizează prin schimbări profunde cu semnificație genetică deosebită. În mod obișnuit, are o durată mult mai mare decât cea a mitozei. La plante, profaza poate dura până la câteva zile, iar la animale, ea poate dura săptămâni sau chiar ani de zile (la unele mamifere). Acestei faze a meiozei îi sunt caracteristice o serie de modificări ale cromozomilor. Are loc individualizarea cromozomilor bicromatidici și recombinarea omologilor (recombinare intracromozomală = crossing-over), rezulta tetrade cromatidice

(cromozomi bivalenti). Se dezorganizeaza membrana nucleara si nucleolul. Se formeaza fusul de diviziune.

Metafaza I se caracterizează prin disparitia membranei nucleare si formarea fusului de diviziune. Cromozomii bivalenti se îndreaptă spre ecuatorul celulei formând placa metafazică. Cromozomii din perechi au o pozitie simetrică: unul este orientat spre un pol, iar altul spre celălalt pol. Fibrele fusului de diviziune se fixează de cromozomii din bivalent. Între cei doi centromeri ai bivalentului are loc o respingere activă ceea ce duce la îndepărtarea cromozomilor omologi.

Anafaza I se caracterizează prin deplasarea spre polii celulei a câte un cromozom (din două cromatide) din fiecare bivalent. Cromatidele cromozomului se deplasează perechi, deoarece nu s-a produs diviziunea centromerului. În rezultat, la polii celulei are loc reducerea numărului de cromozomi de la $2n$ la n (de la $4c$ la $2c$).

Telofaza I se caracterizează prin formarea a două nuclee haploide (n), iar fiecare cromozom conține două cromatide ($2c$). Nucleele își restabilesc structura, apare membrana nucleară, urmează citochineza. În rezultat, se obtine o diadă (două celule-fiice).

După telofaza I urmează interfaza (interchineză), dar ea nu este obligatorie (la unele organisme poate să lipsească chiar si telofaza I, anafaza I fiind urmată de a doua diviziune meiotică).

După interchineză (în care numărul de cromozomi nu se schimbă) urmează a doua diviziune meiotică – diviziunea ecuatională.

Diviziunea ecuatională se aseamănă cu cea mitotică, însă se divid două celule haploide (fiecare cromozom constă din două cromatide – $2c$), care formează 4 celule haploide, cromozomii fiind alcătuiti dintr-o cromatidă – $1c$. Această diviziune se derulează, de asemenea, în 4 faze: profaza II, metafaza II, anafaza II, telofaza II.

În **profaza II** are loc condensarea cromozomilor, degradarea nucleolilor si a membranei nucleare. Începe fusul de diviziune. Această fază lipseste la organismele care nu au trecut prin telofaza I si prin interchineză.

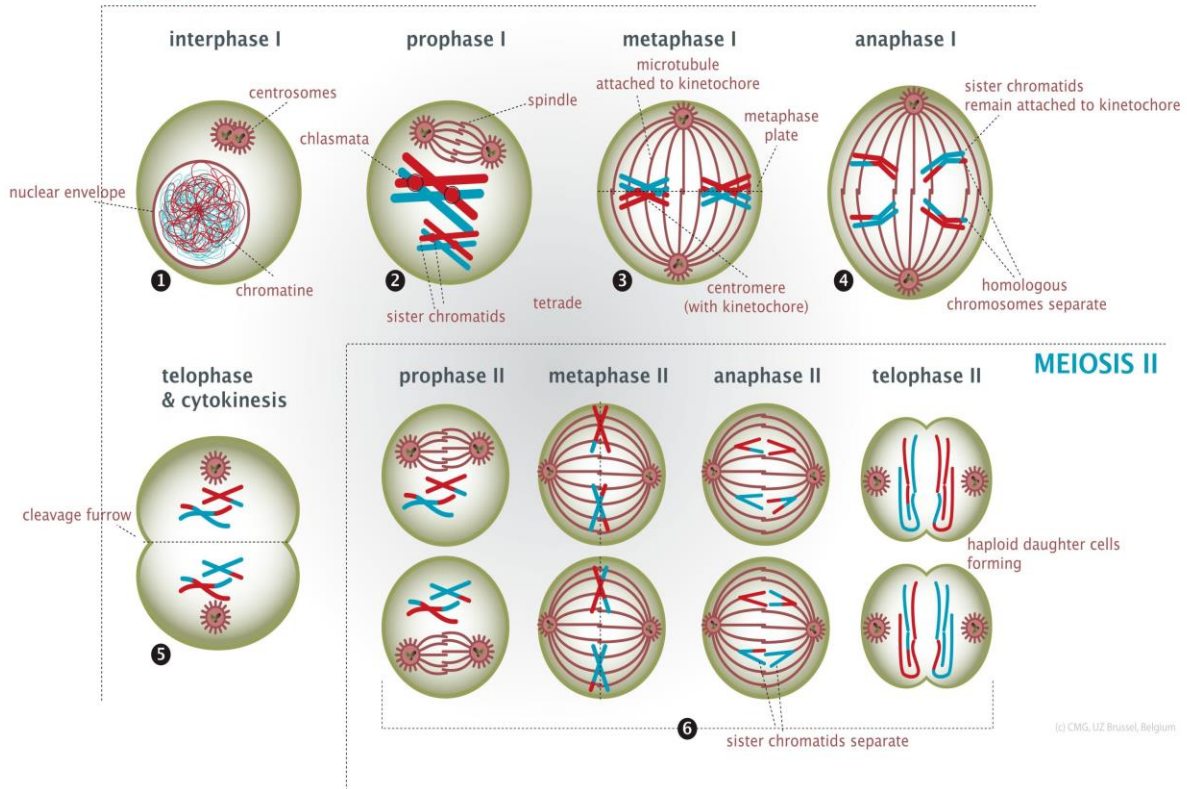
În **metafaza II** se termină formarea fusului de diviziune. Cromozomii se aranjează la ecuator, formând placa metafazică. Ei sunt fixati de fibrele fusului de diviziune în regiunea centromerului.

În **anafaza II** cromatidele-surori ale fiecărui cromozom se despart si se îndreaptă spre polii celulei.

În **telofaza II** cromozomii, ajunsi la cei doi poli, se despiralizează. Pe parcursul acestei faze se restabilesc nucleele, apare membrana celulară si patru celule haploide (numărul de cromozomi monocromatidici este de două ori mai mic decât în celula-mamă). Aceste patru celule alcătuiesc o tetradă si sunt precursorii gameților. La animale ele se numesc spermatide (la masculi) si megaspori (la femele).

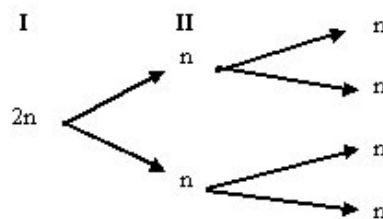
Celulele obtinute în rezultatul meiozei au o evolutie diferită. La masculi, toate cele patru celule vor deveni gameti-masculi sau – spori în consecinta procesului de spermatogeneză (sau microsporogeneză). La femele, trei dintre cele patru celule avortează, transformându-se în nuclee polare, iar cea de-a patra celulă se transformă în gamet-femelă.

MEIOSIS I



Semnificatia biologică a meiozei este următoarea:

- Asigură constant numărul de cromozomi în cadrul reproducerii sexuate, micșorând de două ori numărul lor în celulele sexuale. În urma fecundatiei, în zigot, se restabilește de fiecare dată numărul diploid de cromozomi. În lipsa acestui proces, ar fi pusă în pericol însăși existența speciei. De exemplu, la căsătoria unei femei cu un bărbat (ambii având câte 46 de cromozomi) copiii ar avea câte 92 de cromozomi, iar nepotii – câte 184. E bine cunoscut însă faptul că numărul de cromozomi este stabil pentru fiecare specie, această însușire fiind determinată anume de meioză.
- Asigură diversitatea (heterogenitatea) genetică ca rezultat al crossing-overului. Astfel, populațiile organismelor devin mai heterogene și, evident, se pot adapta mai ușor la condițiile mediului.



Deosebirile dintre mitoză și meioză

	Mitoza	Meioza
1	Este caracteristică celulelor somatice.	Este caracteristică celulelor germinale.
2	În rezultatul dividerii se obțin două celule diploide.	În consecința dividerii se obțin patru celule haploide.
3	Este compusă dintr-o singură diviziune.	Este compusă din două diviziuni succesive.
4	Profaza este de scurtă durată.	Profaza are o durată lungă (în comparație cu cea a mitozei) și este alcătuită din 5 stadii succesive.
5	Cromozomii omologi nu formează organizat bivalenți.	Cromozomii omologi în profaza I formează bivalenți.
6	Nu se formează sinapsa (complexul sinaptonemal).	În profaza I se formează sinaptonul.
7	De regulă, nu apar chiasme și nu are loc crossing-overul.	În profaza I are loc (cu o frecvență destul de înaltă) crossing-overul.
8	În profază nu se sintetizează suplimentar ADN.	În profază se poate sintetiza suplimentar o mică cantitate de ADN (0,3% z ADN și 0,1% p ADN).
9	În anafază spre poli migrează câte o cromatidă din fiecare cromozom.	În anafaza I spre poli migrează câte un cromozom din fiecare bivalent.