# STANIČNI CIKLUS, MITOZA, MEJOZA, RAZMNOŽAVANJE

Izv. prof. dr. sc. Tvrtko Dražina

Kolegij: Biologija

# PONAVLJANJE:
# Kemijska osnova živog svijeta

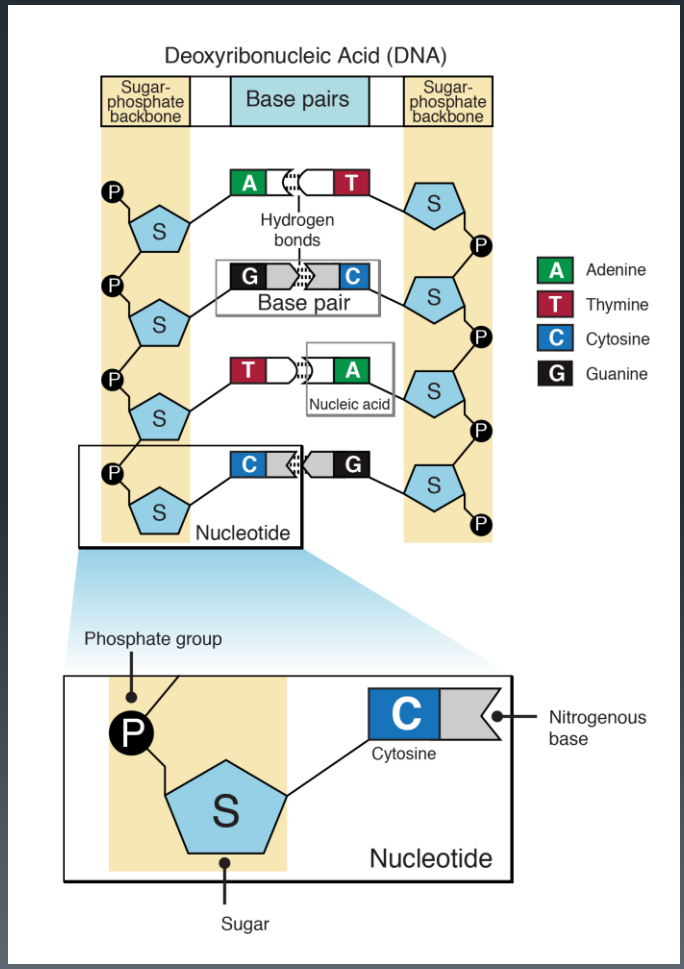
Nukleinske kiseline – ULOGA – pohranjivanje, prijenos i određivanje nasljednih uputa

Monomerska jedinica je nukleotid.

Kod DNA nukleotid se sastoji od: šećera deoksiriboze, fosfata i dušične baze.

Pirimidinske baze: citozin
timin

Purinske baze: adenin
gvanin

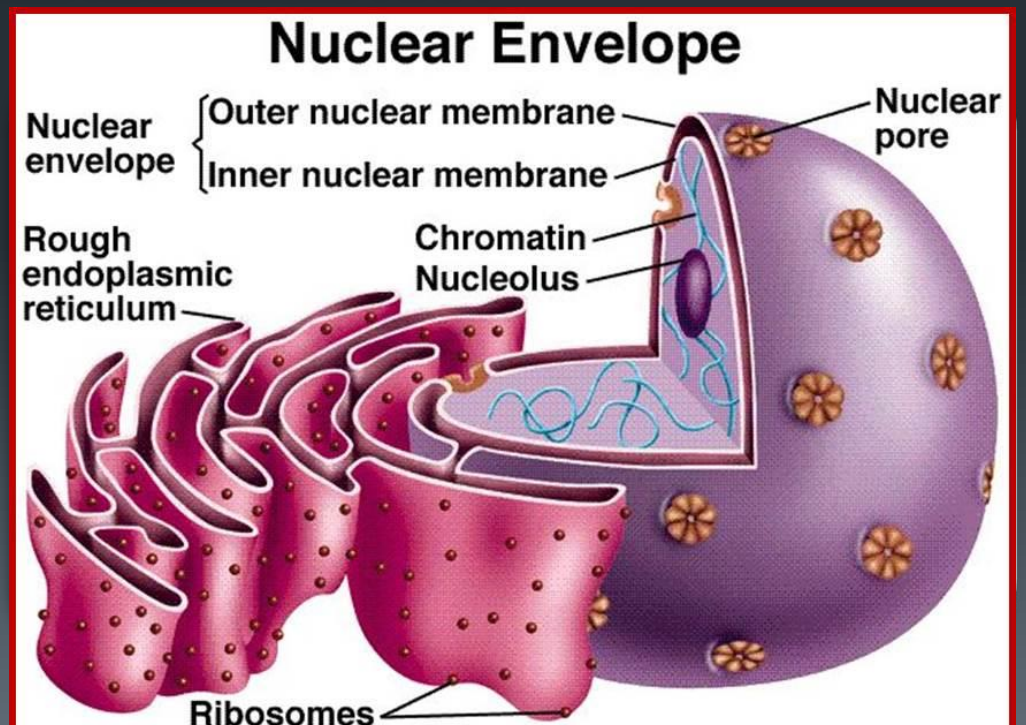


# PONAVLJANJE: Stanična jezgra

- Sastoji se od:

- jezgrine ovojnica (dvostruka membrana; pore)
- kromatin (DNA + proteini)
- jezgrica (nucleolus) – sinteza ribosomske RNA

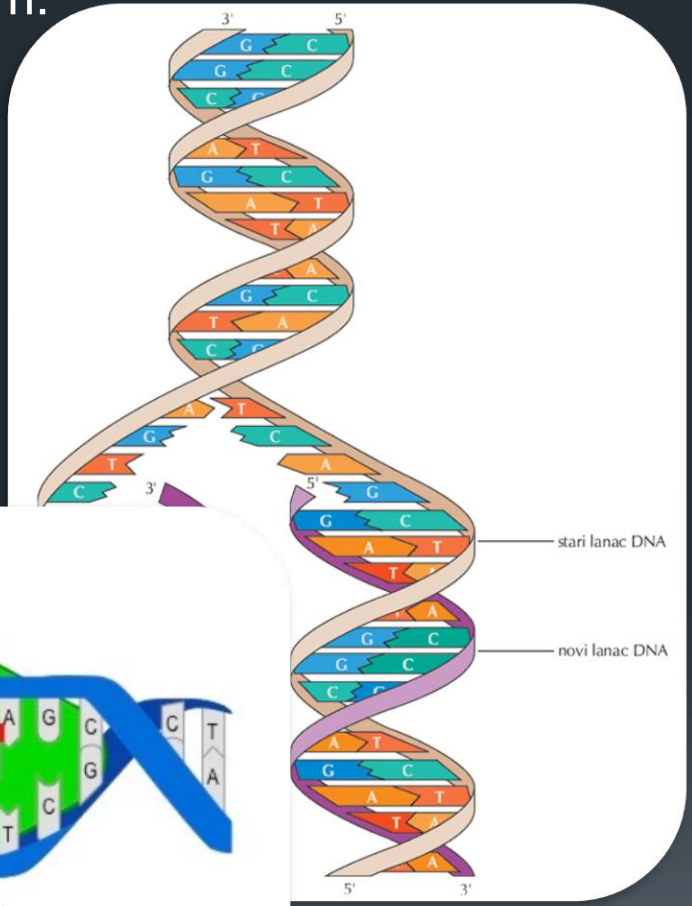
Upravljački centar stanice

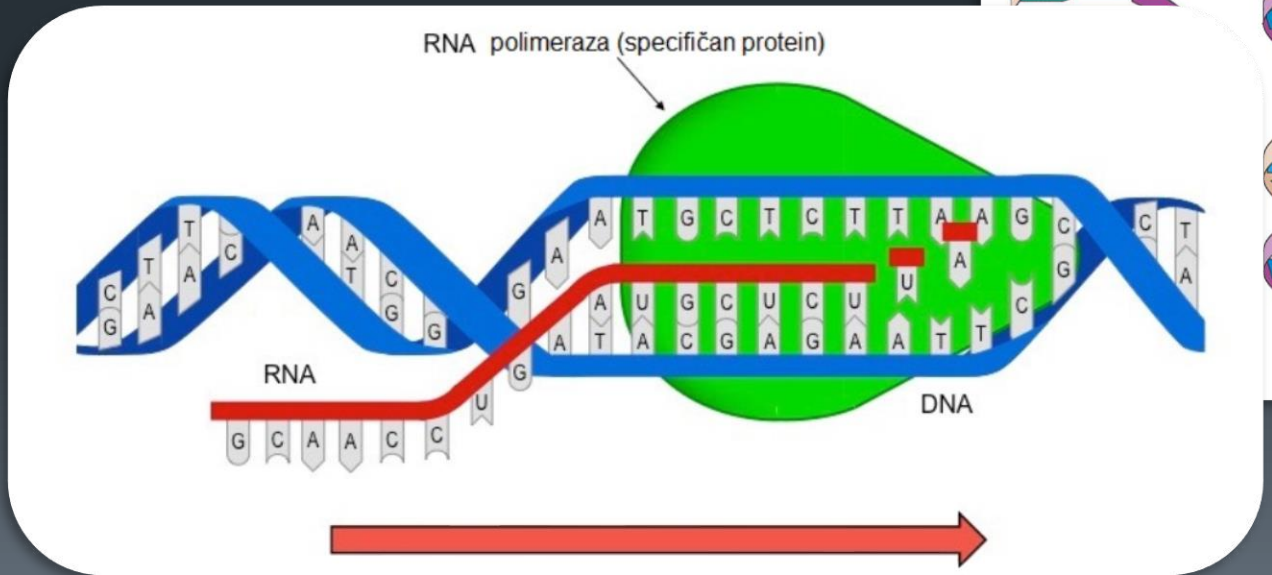


# PONAVLJANJE: Stanična jezgra

- Jezgra upravlja životnim procesima putem:

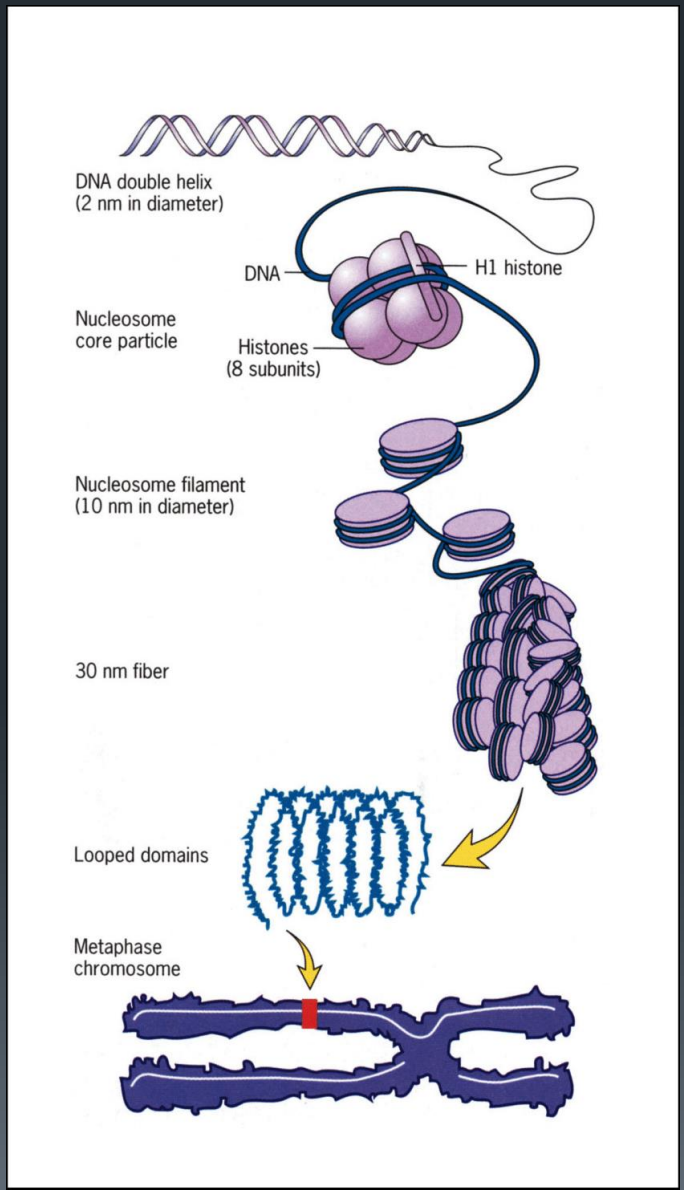
- replikacije DNA → DNA
- transkripcije DNA → mRNA
- translacije RNA → protein



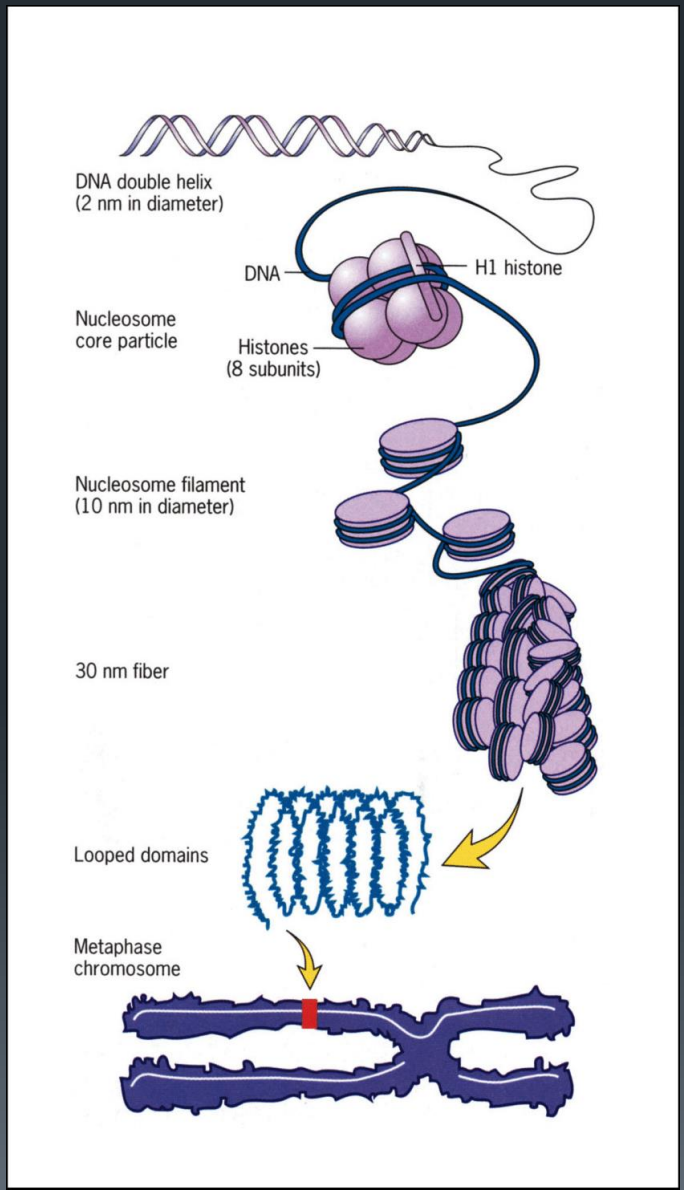
# DNA - ORGANIZACIJA U JEZGRI

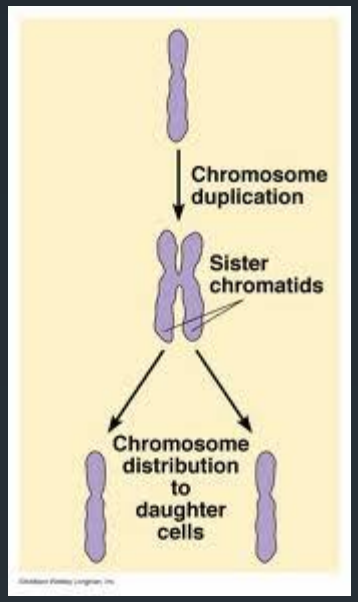
- Kromatin
- Kromosom
- DNA – histoni (8 subjedinica) – nukleosomi – kromatin – kromosom
- Gen – DEFINICIJA?



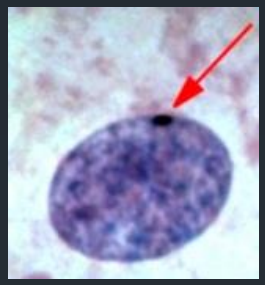
# DNA - ORGANIZACIJA U JEZGRI

- Kromatin
- Kromosom
- DNA – histoni (8 subjedinica) – nukleosomi – kromatin – kromosom
- Gen – slijed nukleotidnih parova baza duž molekule DNA koji nosi informaciju za polipeptidni produkt ili molekule RNA (tRNA i rRNA).

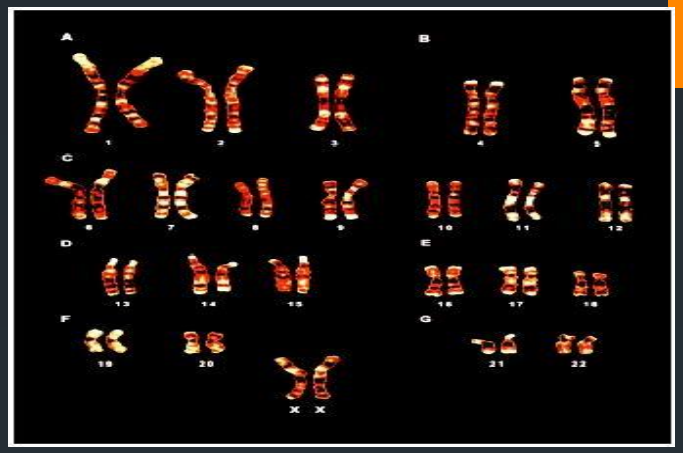




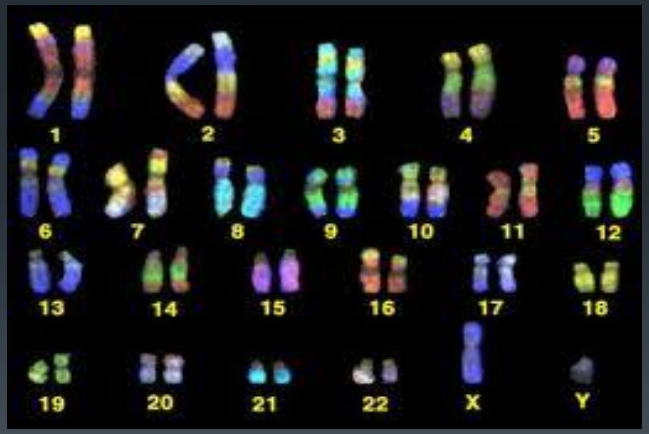

Barrovo tjelešce → inaktivirani, jedan od dvaju X kromosoma normalnih žena (XX), a nema ga u normalnih muškaraca (XY)



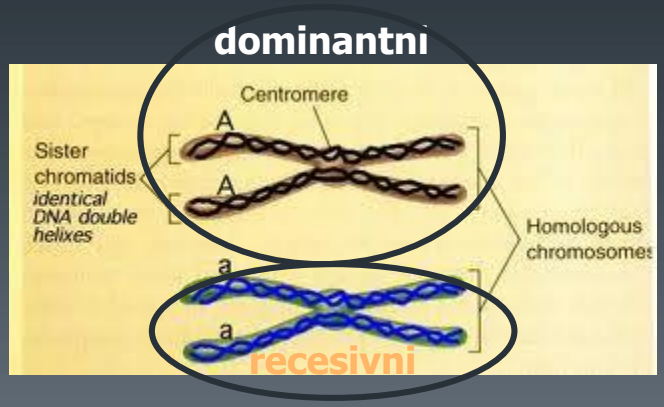
♀ 46, XX



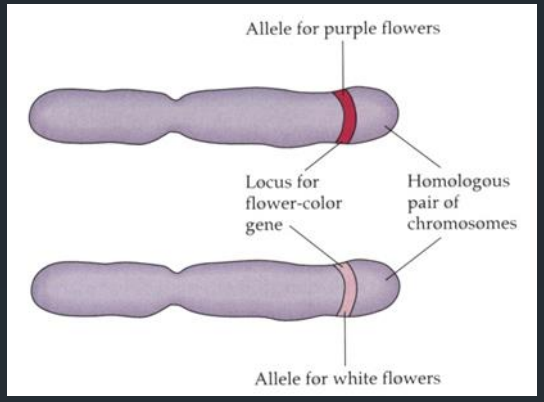
♂ 46, XY




HOMOLOGNI KROMOSOMI – nose gene, alele, koji određuju ista svojstva, jedan kromosom u paru majčinski, jedan očinski; jednake su veličine i izgleda




22 para autosoma
+ 1 par spolnih kromosoma



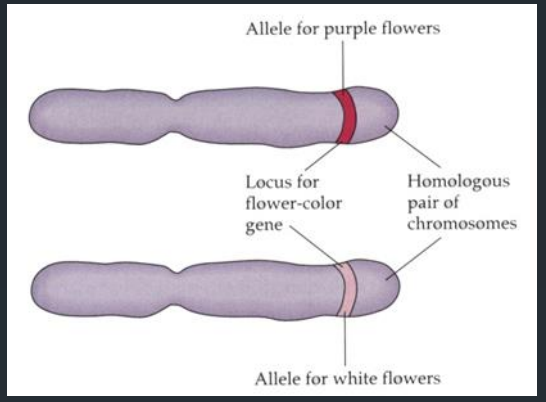

GEN – dio molekule DNA koji nosi informaciju za polipeptidni produkt ili molekule RNA (tRNA i rRNA).

**LOKUS** - položaj nekog gena na kromosomu
**ALELI –** 2 gena koji određuju isto svojstvo, smješeni na istom lokusu homolognih kromosoma.
**2n (DIPLOIDNA) kromosomska garnitura** – par/ovi homolognih kromosoma,
**n (HAPLOIDNA)** kromosomska garnitura – npr. u spolnim stanicama
Jedan organizam max. 2 alela za neko svojstvo, u populaciji ih može biti više.

**FENOTIP** – označava morfološka i fiziološka svojstava organizma.

**GENOTIP** - ukupna materijalna osnova nasljeđa, tj. zbroj svih nasljednih čimbenika, gena, koji ta svojstva određuju.

**DOMINANTNI GEN** - koji fenotipski dolazi do izražaja (A)
**RECESIVAN GEN** - koji je fenotipski potisnut, ne dolazi do izražaja (a)




GEN – dio molekule DNA koji nosi informaciju za polipeptidni produkt ili molekule RNA (tRNA i rRNA).

**HOMOZIGOTNI** ORGANIZMI - oba alela jednaka (BB ili bb)

**HETEROZIGOTNI** ORGANIZMI - imaju različite alele (Bb), izgled dominantnog!

♂

♀

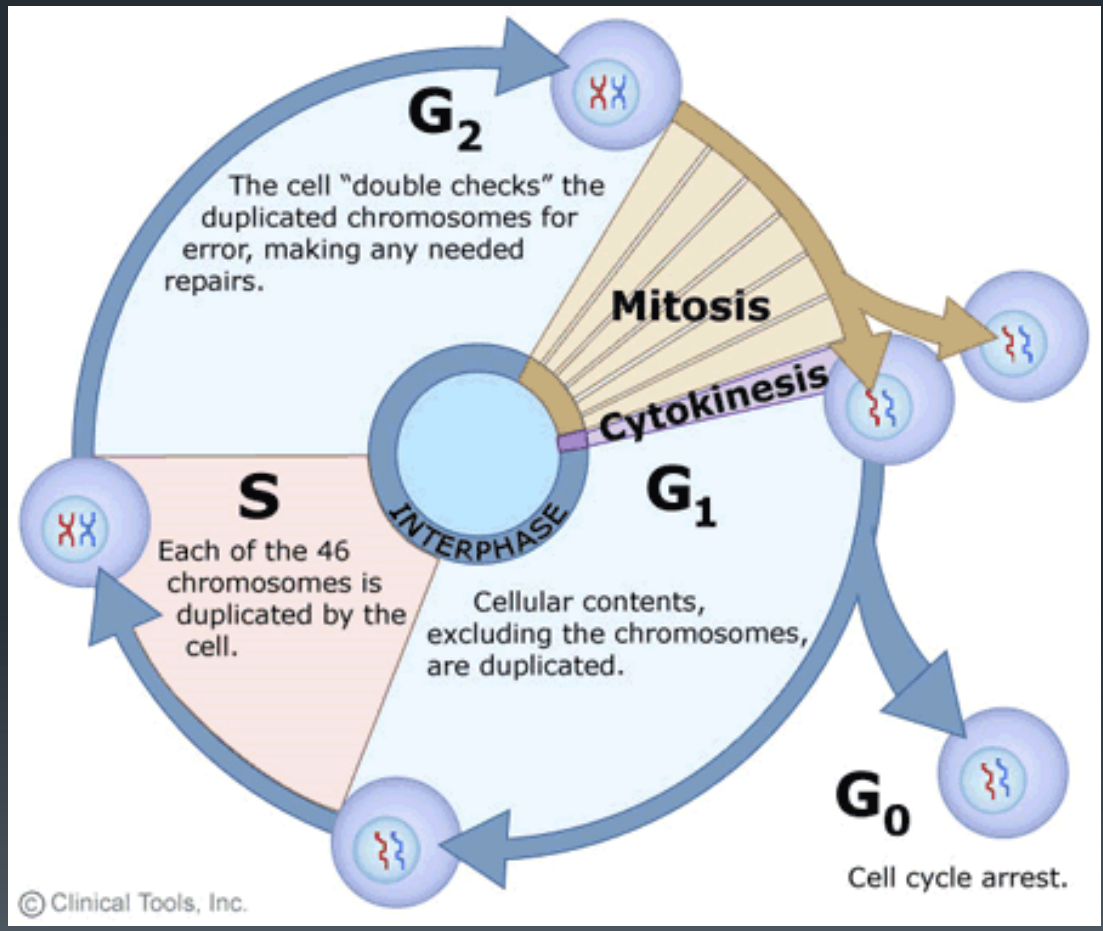
| | B | b |
|---|---|---|
| B | BB | Bb |
| b | Bb | bb |

# STANIČNI CILKUS

- Razdoblje rasta stanice (INTERFAZA) i razdoblje diobe stanice

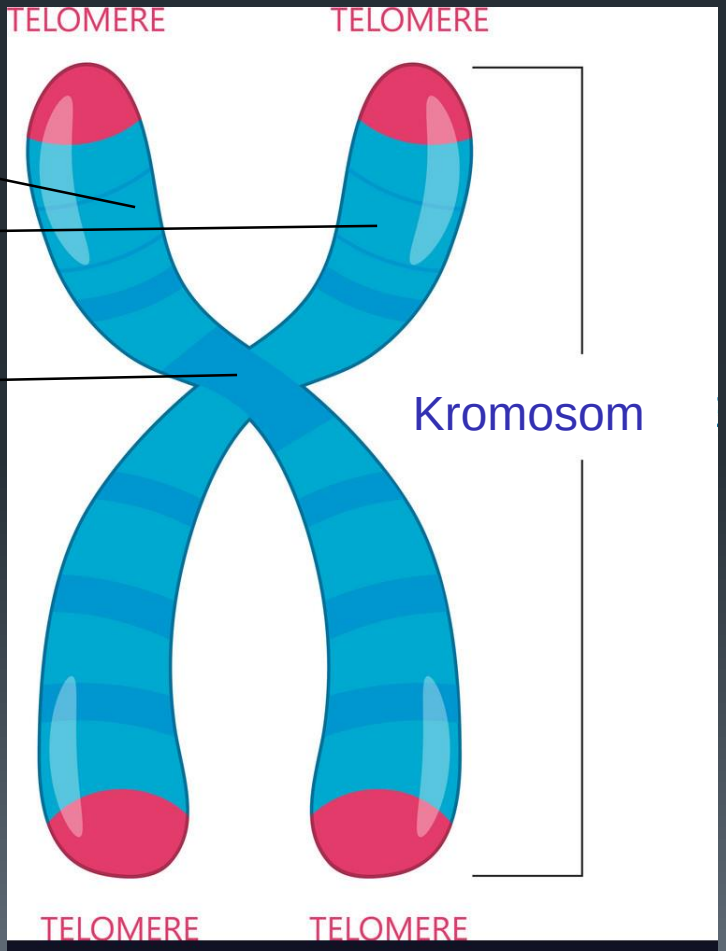
INTERFAZA:

- G1 (eng. *gap*) – sinteza proteina, povećanje broja organela, rast stanice
- S (eng. *synthesis*) – DNA se udvostručuje, kromosomi su poput dugih niti
- G2 – priprema stanice za mitozu sintezom specifičnih proteina



# DNA - ORGANIZACIJA U JEZGRI

Metafazni kromosom



# STANIČNI CILKUS I MITOZA

MITOZA - dioba stanične jezgre tijekom koje se udvostručena nasljedna tvar pravilno razdjeljuje na jezgre-kćeri

- nakon dijeljenja jezgre, obično slijedi i dijeljenje stanice (citokineza)

- rast i razvoj (zametak – sisavci svakih 10-12 h, vinska mušica 20 min)
- nadoknada oštećenih stanica (epiderma, krvne stanice, jetra)
- nespolni način razmnožavanja (npr. Protista)



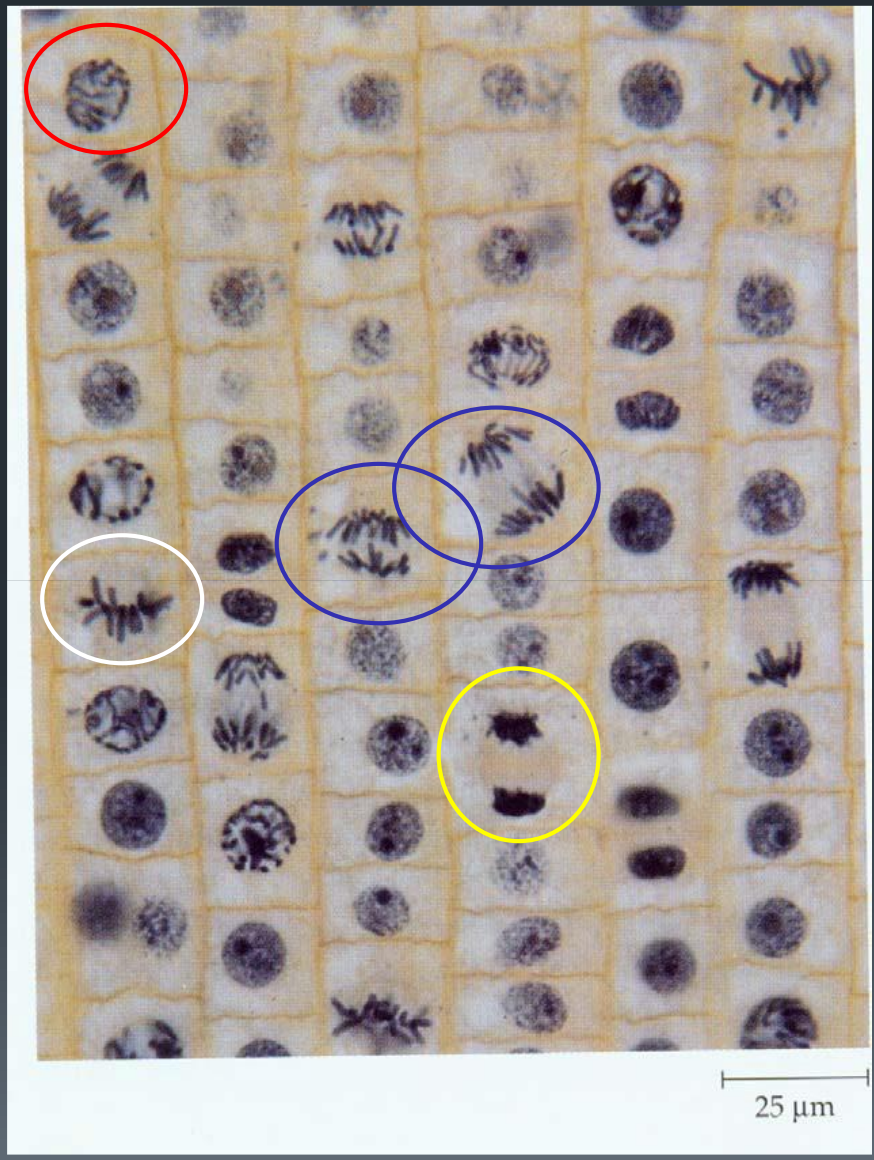
# STANIČNI CILKUS I MITOZA

1. Profaza – spiralizacija DNA, jezgrica isčezne, jezgrina ovojnica se raspada, centrioli putuju prema polovima (kromosom od 2 kromatide)

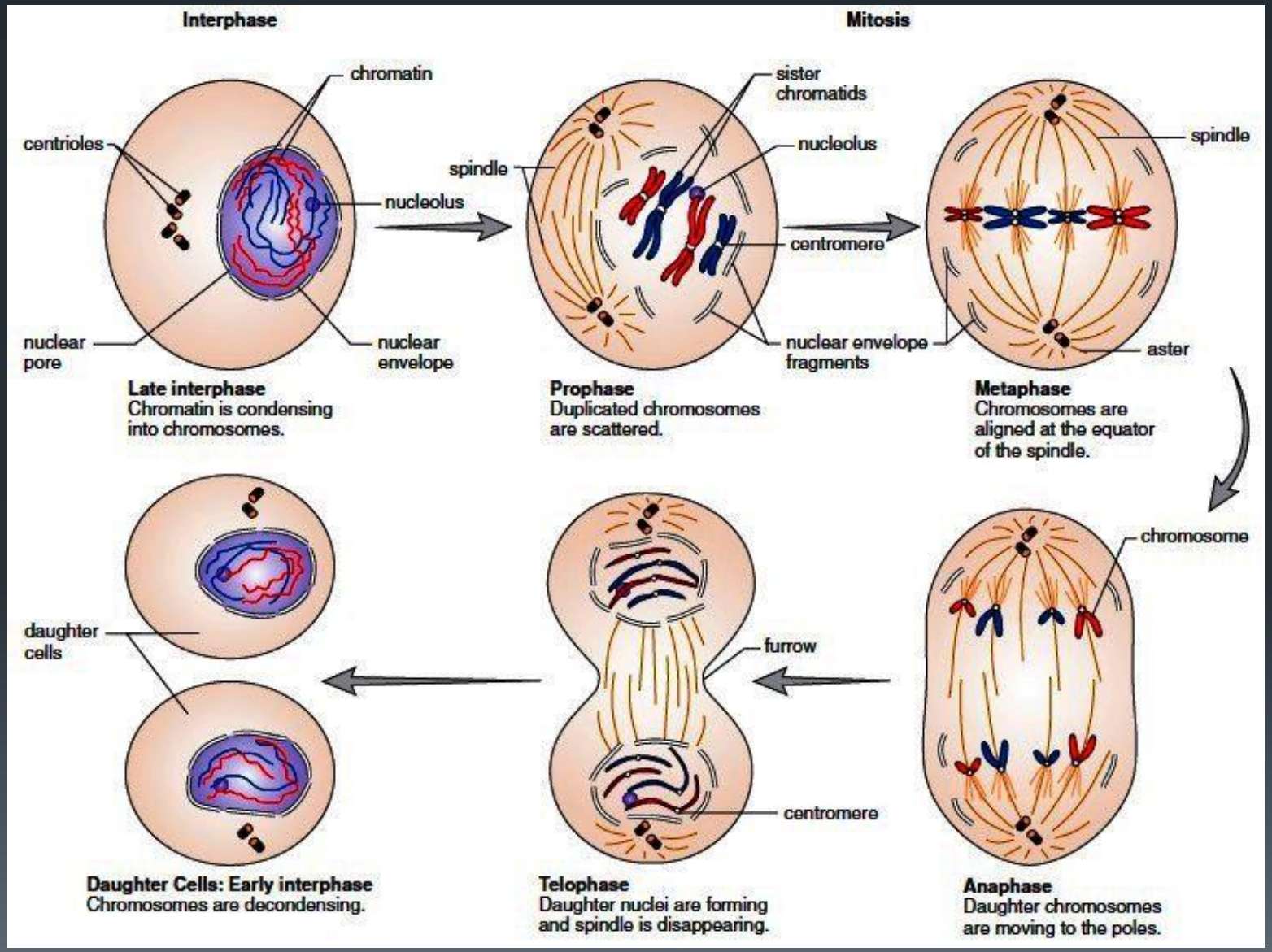
2. Metafaza – kromosomi poredani u ekvatorijalnoj ravnini (kromosom od 2 kromatide)

3. Anafaza – KROMATIDE se u području centromera odvoje i kreću prema polovima stanice; počinje citokineza (kromosom od 1 kromatide)

4. Telofaza – raspadanje diobenog vretena, završetak citokineze, ponovno formiranje jezgrine ovojnice i opružanje kromosoma (kromosom od 1 kromatide)



# STANIČNI CILKUS I MITOZA

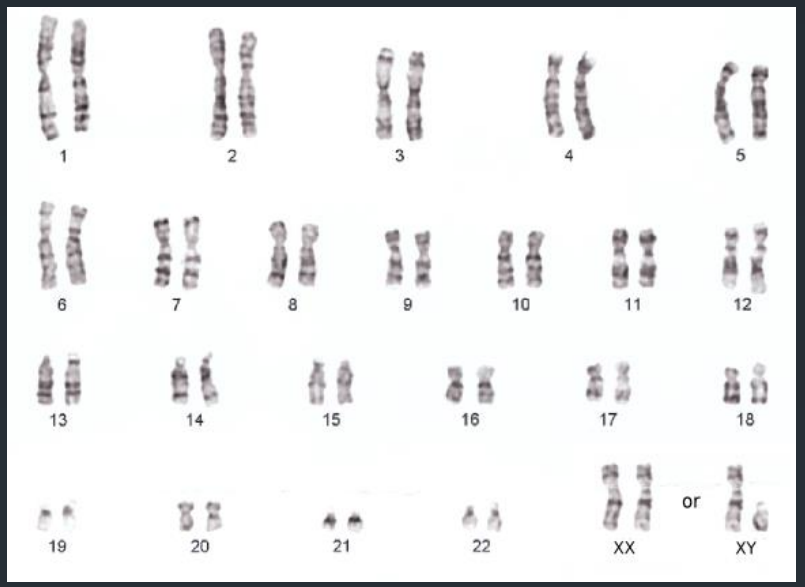


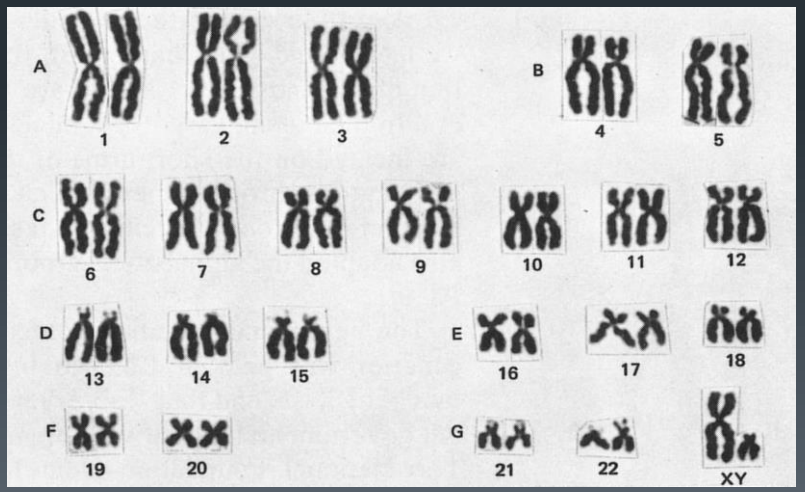
# MEJOZA

- Mejoza je vezana za spolno razmnožavanje i zbiva se rasplodnim tkivima iz kojih nastaju gamete – gametogeneza

- 22 para homolognih kromosoma + 1 par spolnih kromosoma (čovjek)

- Homologni kromosomi – jednake su veličine i izgleda, a u njima se nalaze geni koji određuju ista svojstva, no ti geni ne moraju biti identični (**homozigoti** – ako su aleli za određeni gen jednaki; ako aleli ≠ **heterozigoti**)



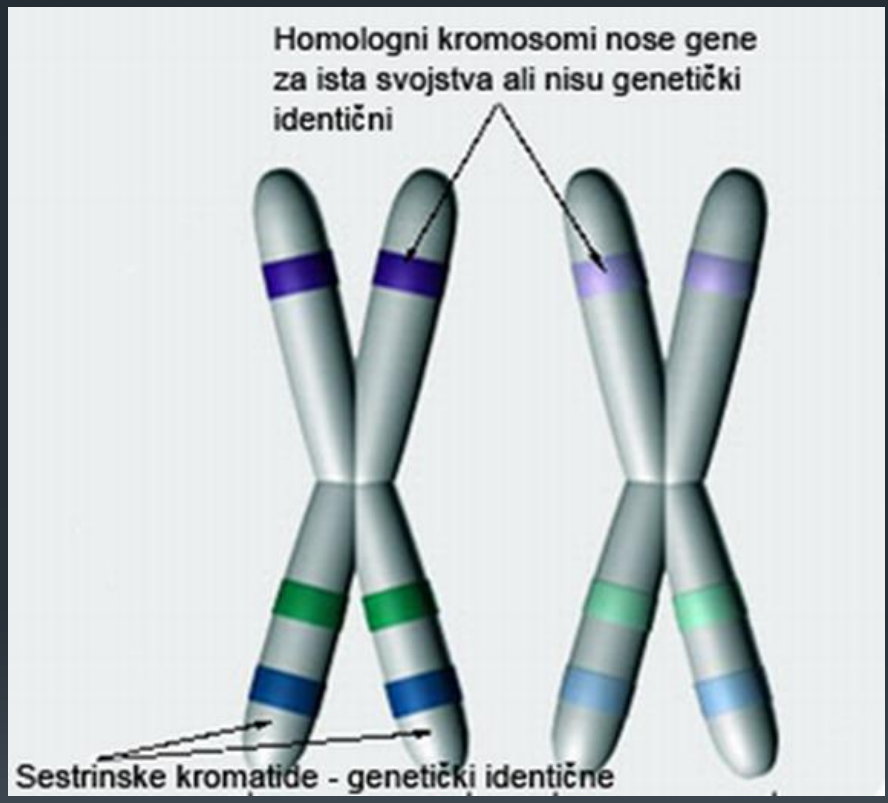



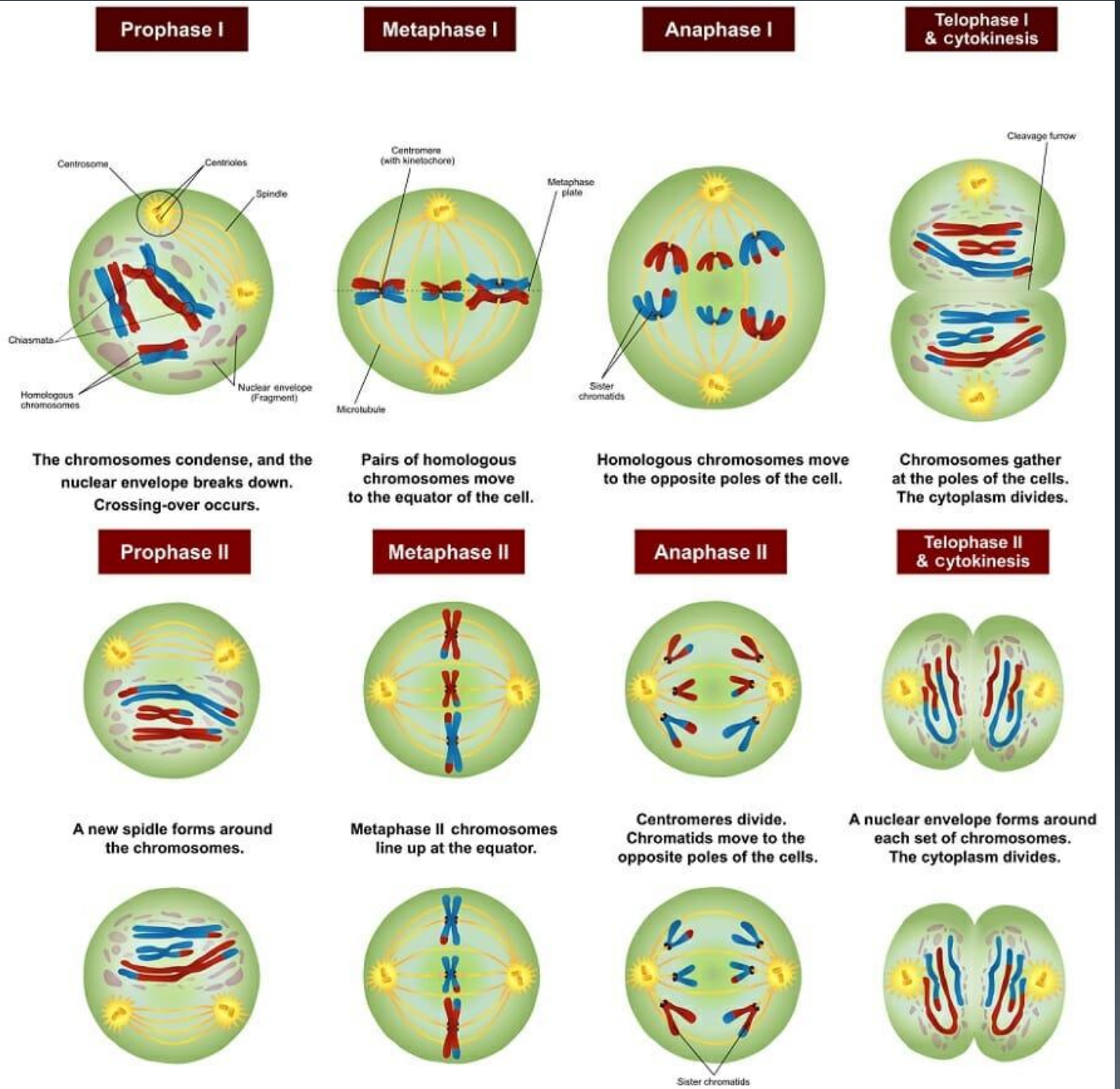
# MEJOZA

- Mejoza je vezana za spolno razmnožavanje i zbiva se rasplodnim tkivima iz kojih nastaju gamete – gametogeneza

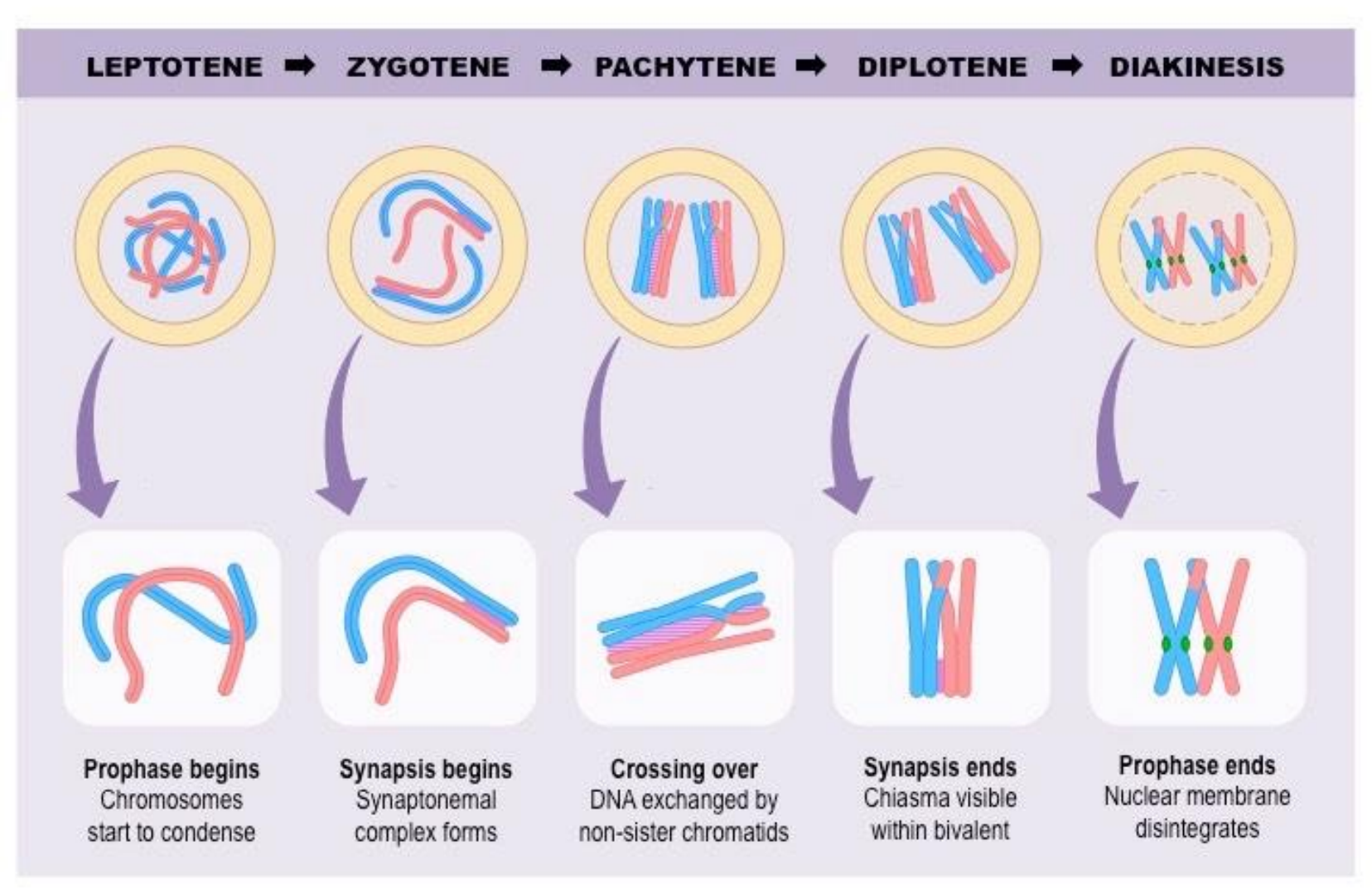
- 22 para homolognih kromosoma + 1 par spolnih kromosoma (čovjek)

- Homologni kromosomi – jednake su veličine i izgleda, a u njima se nalaze geni koji određuju ista svojstva, no ti geni ne moraju biti identični (**homozigoti** – ako su aleli za određeni gen jednaki; ako aleli ≠ **heterozigoti**)




Prophase I
Metaphase I
Anaphase I
Telophase I & cytokinesis
Centrosome
Centrioles
Spindle
Chiasmata
Homologous chromosomes
Nuclear envelope (Fragment)
Centromere (with kinetochore)
Metaphase plate
Microtubule
Sister chromatids
Cleavage furrow
The chromosomes condense, and the nuclear envelope breaks down. Crossing-over occurs.
Pairs of homologous chromosomes move to the equator of the cell.
Homologous chromosomes move to the opposite poles of the cell.
Chromosomes gather at the poles of the cells. The cytoplasm divides.
Prophase II
Metaphase II
Anaphase II
Telophase II & cytokinesis
A new spidle forms around the chromosomes.
Metaphase II chromosomes line up at the equator.
Centromeres divide. Chromatids move to the opposite poles of the cells.
A nuclear envelope forms around each set of chromosomes. The cytoplasm divides.
Sister chromatids

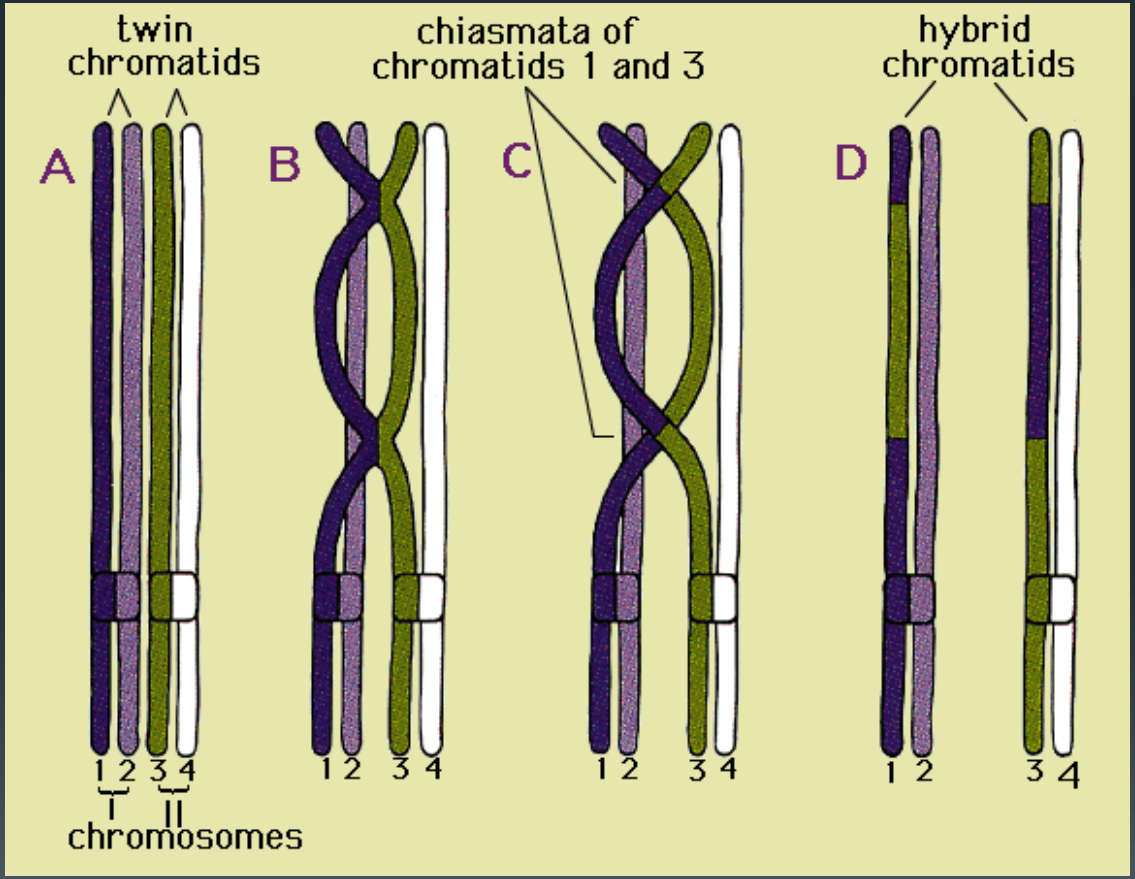
# MEJOZA – profaza I

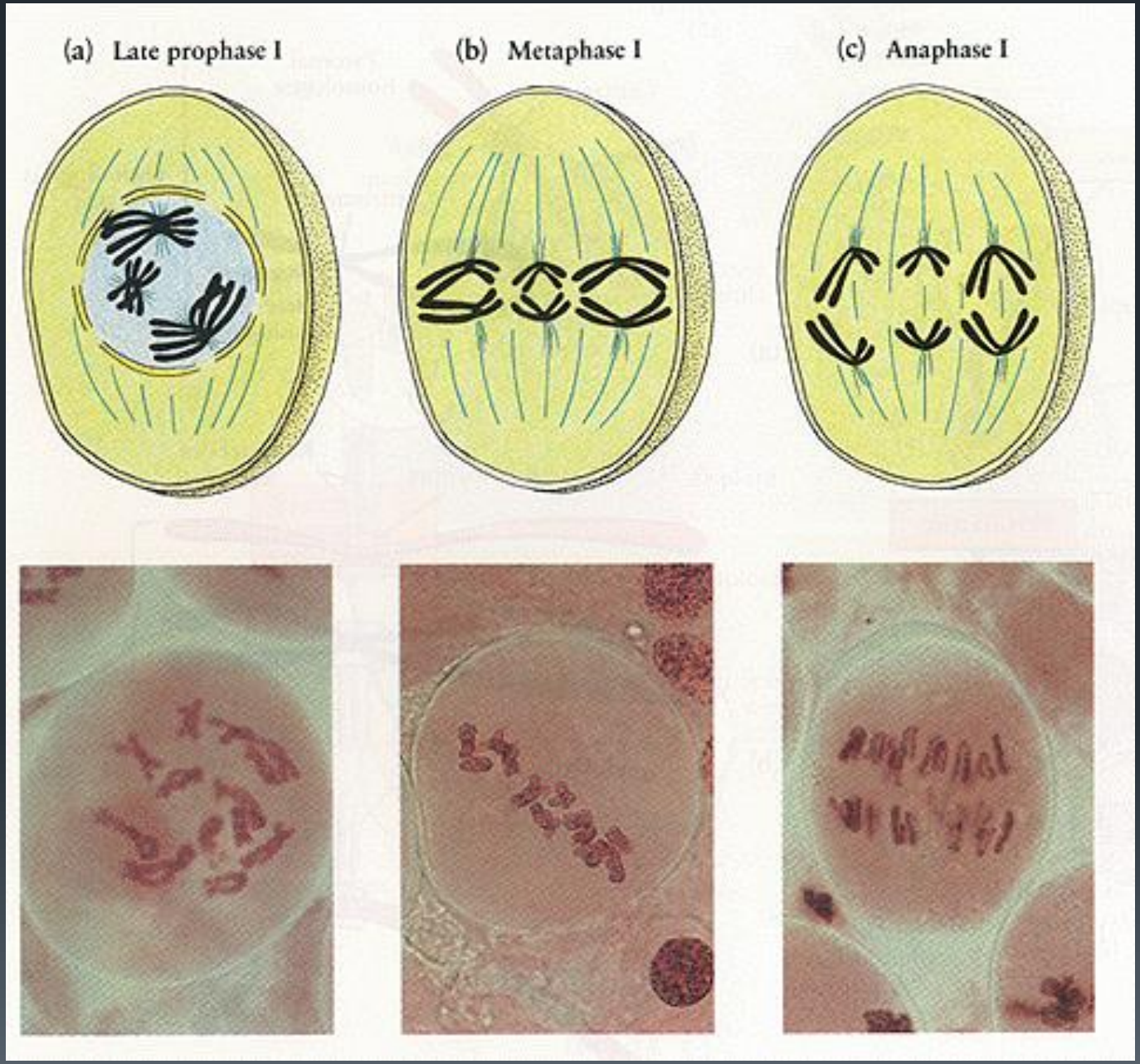


# MEJOZA – profaza I

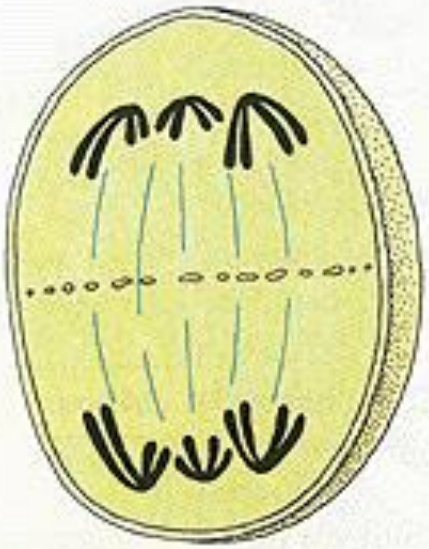
*Crossing over* ili rekombinacija homolognih kromosoma - izmjena dijelova nesestrinskih kromatida i njima pripadajućih gena.

*Crossing over* se događa u prvoj fazi mejoze, u profazi I, kada su homologni kromosomi spareni u snopovima koje zovemo TETRADE.

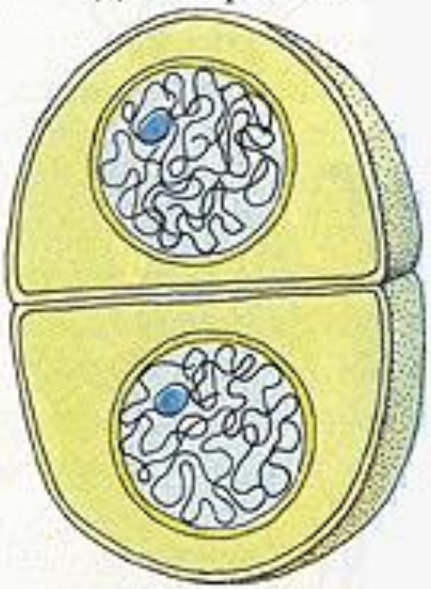


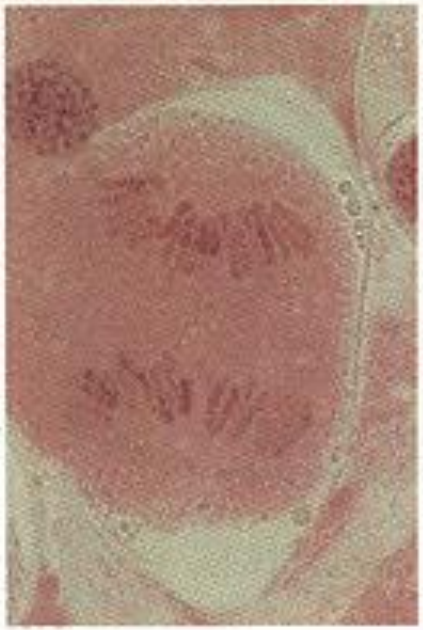

(a) Late prophase I
(b) Metaphase I
(c) Anaphase I

(d) Telophase I



(e) Interphase II



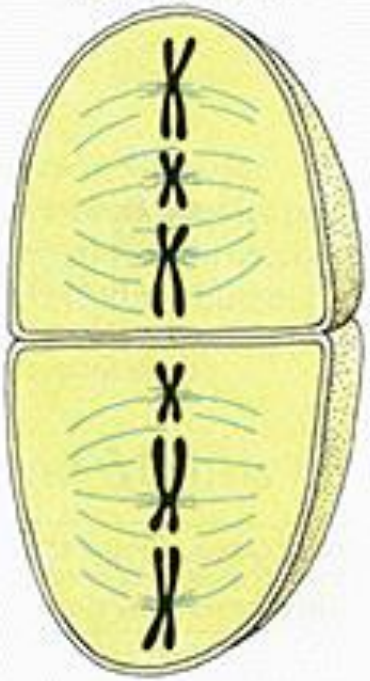


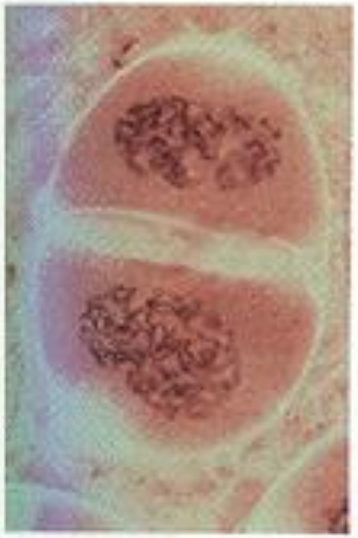


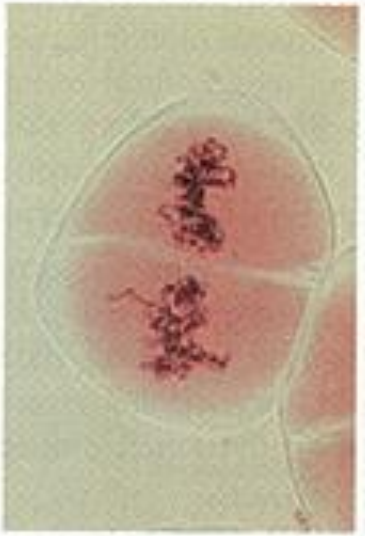
(f) Prophase II

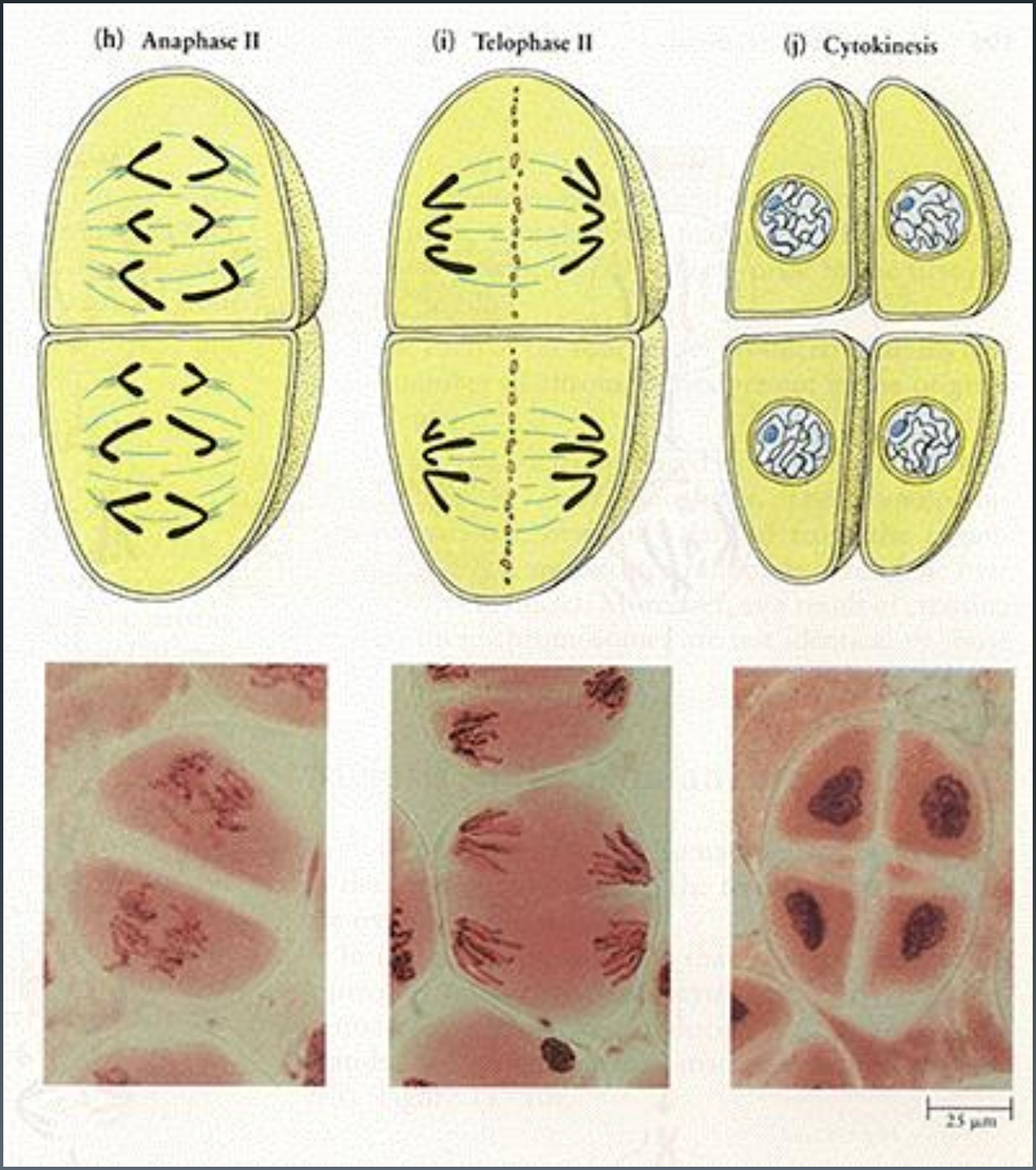


(g) Metaphase II



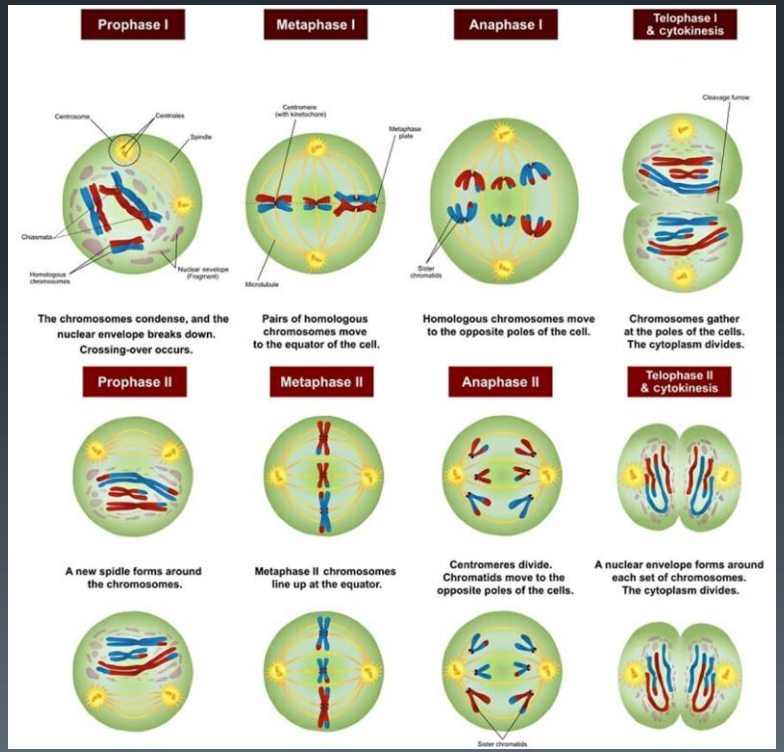





(h) Anaphase II
(i) Telophase II
(j) Cytokinesis
25 µm

# MEJOZA

- I mejotička dioba – u profazi I sparivanje homolognih kromosoma - bivalenti (tetrade - 2 kromosoma s po 2 kromatide)
- Anafaza I – odvajanje tetrada – **odvajanje homolognih kromosoma**
- II mejotička dioba – odvajanje kromatida (kao u mitozi)



| **Mitoza** | **Mejoza** |
| --- | --- |
| 1. Nastaju dvije identične diploidne stanice | 1. Nastaju četiri različite haploidne stanice |
| 2. Jedan ciklus | 2. Dva ciklusa |
| 3. Jedna dioba jezgre | 3. Dvije jezgrine diobe |
| 4. Četiri koraka ili faze | 4. 4 + 4 koraka ili faze |
| 5. Nespolne stanice | 5. Spolne stanice |
| 6. Rast i obnova stanice | 6. Genetički različite stanice |
| 7. Ne dolazi do *crossing over*-a, kako bi kromosomi ostali identični | 7. Homologni kromosomi se udružuju, nezavisna segregacija i *crossing over* |



# RAZMOŽAVANJE

Razmnožavanje – obnavljanje i rasprostranjenje žive tvari u prostoru i vremenu

**Nespolno razmnožavanje** – uključuje 1 roditelja koji se dijeli ili fragmentira, pri čemu nastanu 2 ili više potomaka koji su genetički jednaki s roditeljem i međusobno.

**Spolno razmnožavanje** – uključuje 2 roditelja (od kojih 1 stvara jaja, a drugi sjeme). Potomak dobiva nasljedne osobine obaju roditelja. Spolno razmnožavanje pridonosi bržoj i uspješnijoj evoluciji.

# Nespolno razmnožavanje

Prvobitni oblik reprodukcije koji je omogućio nastanak mnogostaničnih organizama dijeljenjem stanica.

Potomci nastaju od tjelesnih stanica, a nikada od rasplodnih.

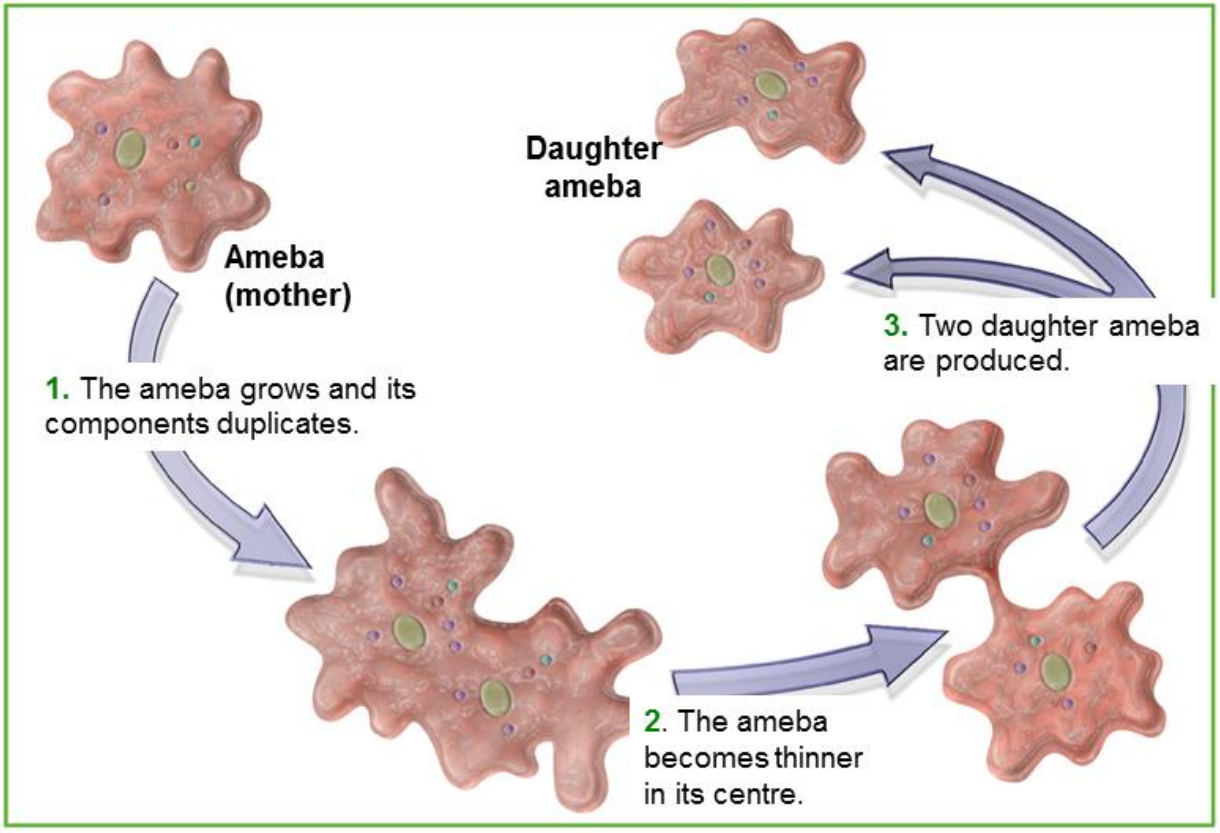
Uključena samo mitoza - svi potomci genotipski isti (klon).

Dijeljenje
Pupanje
Fragmentacija
Vegetativno razmnožavanje biljaka

# Nespolno razmnožavanje

## Dijeljenje

**<u>Dvojno (binarno) dijeljenje</u>** - podjela organizma na dva ± jednaka dijela pri čemu roditelj iščezava kao jedinka (brojni jednostanični eukarioti)



# Nespolno razmnožavanje

## Pupanje

Kod Protista nastaje jedna ili više stanica kćeri koje su manje od stanice majke ( npr. skupina Suctoria)



Razmnožavanje pupanjem kod Suctoria

Pupanje kod mnogostaničnih organizama:

- posljedica intenzivnog mitotičkog dijeljenja stanica
- ako se pup ne odvaja nastaju kolonije




Pupanje kod vrste *Chlorohydra viridissima* (žarnjaci – Cnidaria)

# Nespolno razmnožavanje

## Pupanje

- Kod Protozoa nastaje jedna ili više stanica kćeri koje su manje od stanice majke ( npr. skupina Suctoria)



Razmnožavanje pupanjem kod Suctoria

Pupanje kod mnogostaničnih organizama:

• posljedica intenzivnog mitotičkog dijeljenja stanica

• ako se pup ne odvaja nastaju kolonije

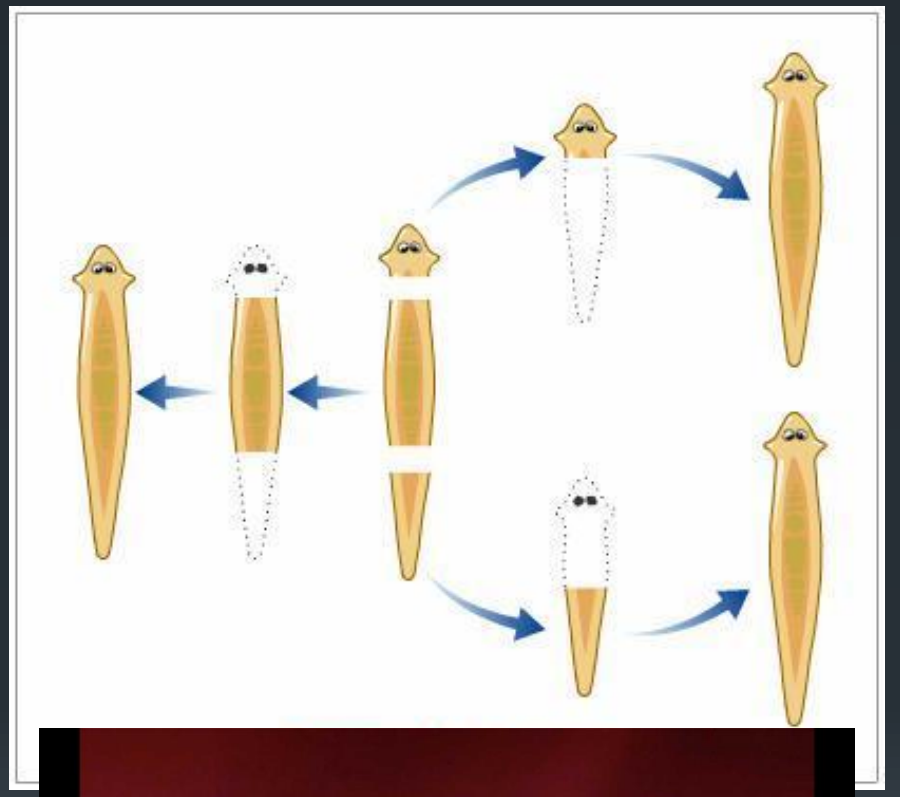


Kolonijalni crveni koralj *Corralium rubrum* (žarnjaci – Cnidaria)

# Nespolno razmnožavanje

## Fragmentacija

- poprečna ili uzdužna podjela tijela, nakon koje slijedi regeneracija, npr. žarnjaci (Cnidaria), virnjaci (Turbellaria)





# Spolno razmnožavanje

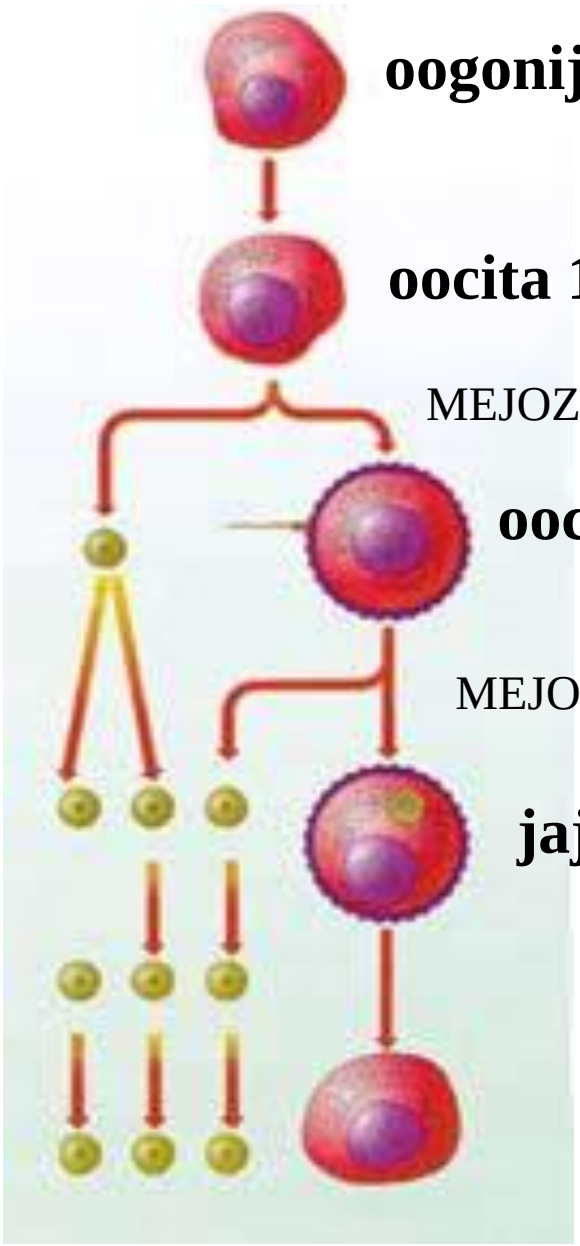
Spolno razmnožavanje mnogostaničnih organizama

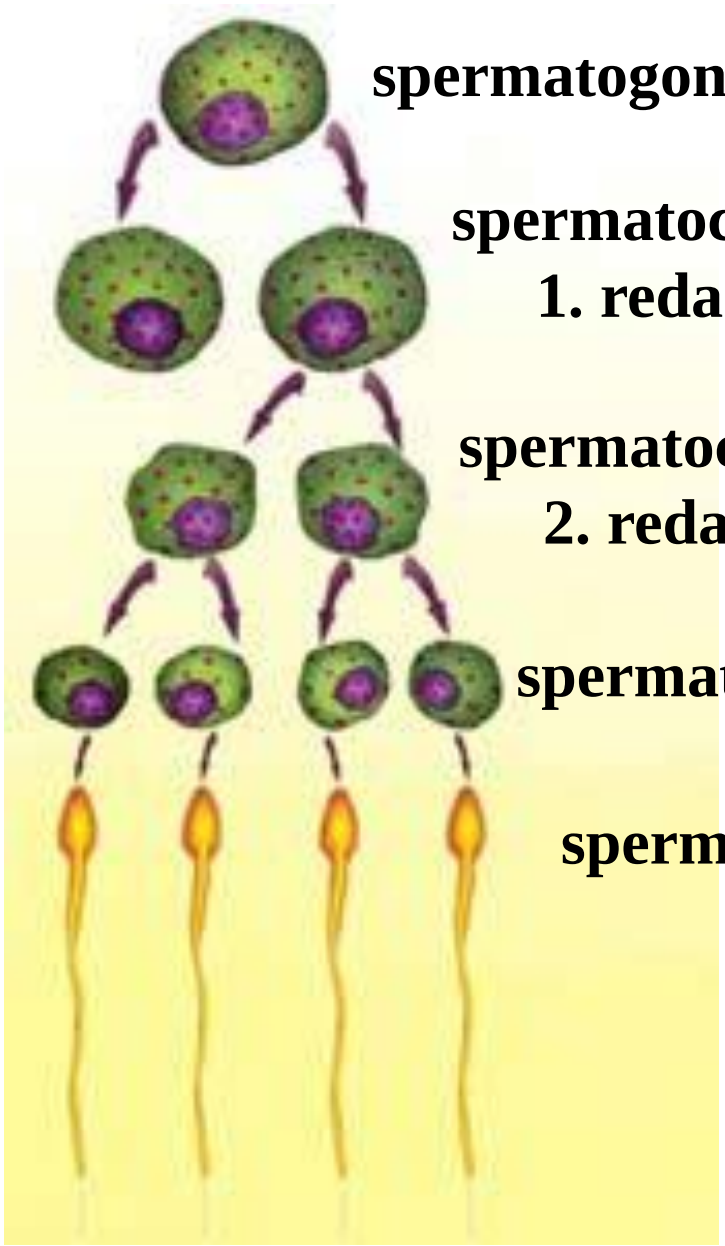
Gametogamija – spajanje gameta

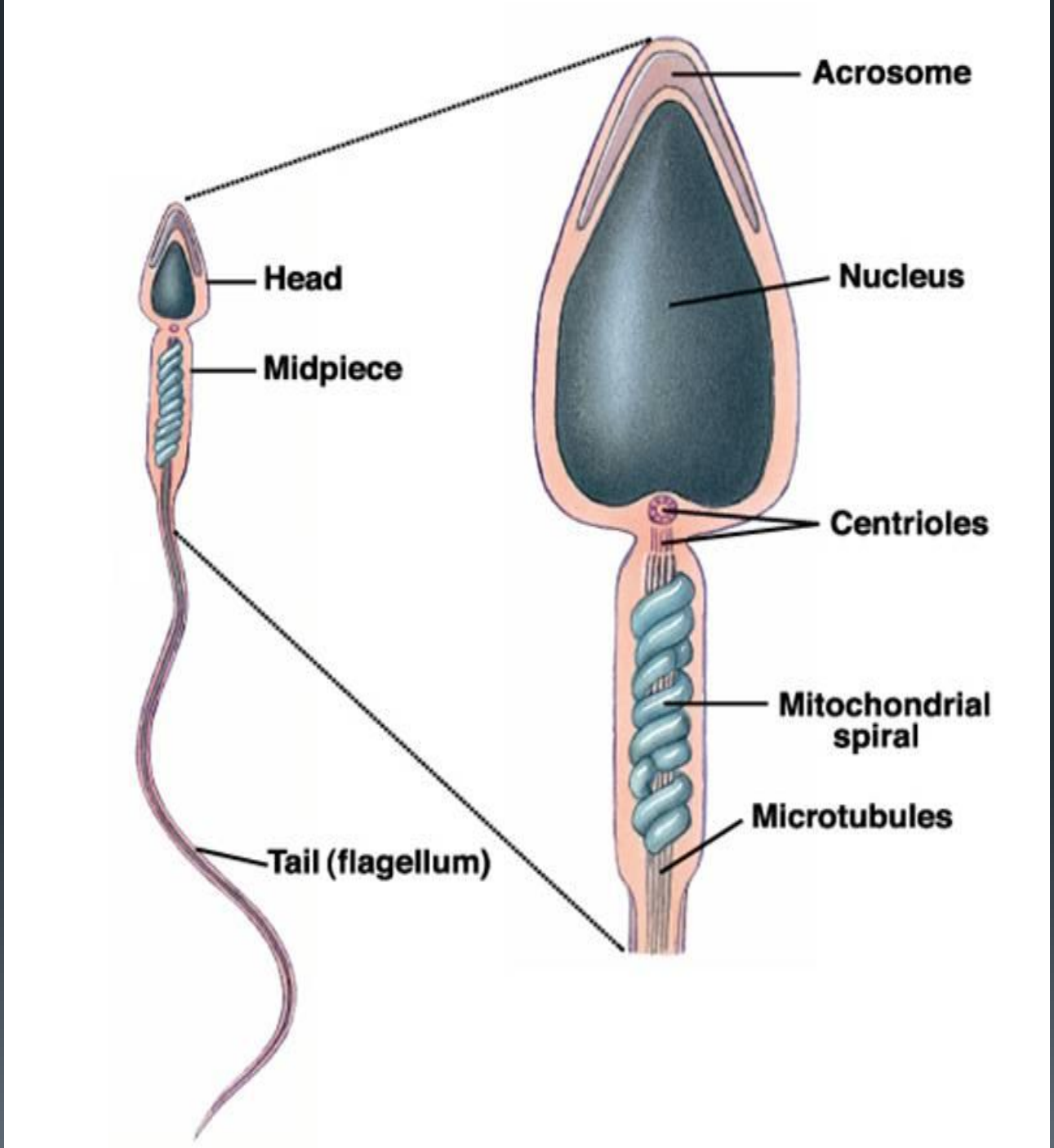
Gamete nastaju u specijaliziranim organima

**Biljke**
GAMETANGIJ:
Arhegonij (oogonij) - ženske gamete
Anteridij - muške gamete

**Životinje**
GONADA (spolna žlijezda):
Jajnik (ovarij) - jaje (ovum)
Sjemenik (testis) - spermiji


oogonija
oocita 1. reda
MEJOZA 1
oocita 2. reda
MEJOZA 2
jajna stanica


spermatogonija
spermatocita 1. reda
spermatocita 2. reda
spermatida
spermij


Acrosome
Head
Nucleus
Midpiece
Centrioles
Mitochondrial spiral
Microtubules
Tail (flagellum)

# Jajna stanica

- Jaje je visokodiferencirana, specijalizirana stanica – ima jedinstvenu sposobnost za progresivne promjene tijekom razvitka.
- Jaja sadrže rezervnu tvar, žumanjak (lipidi, proteini, lipoproteini, masne kapljice)

**Tipovi jajnih stanica**

- prema količini hranjivih tvari:
- polilecitelna – puno hranjivih tvari
- oligolecitelna – malo hranjivih tvari
- alecitelna – bez hranjivih tvari

- prema rasporedu hranjivih tvari:
- izolecitelna (homolecitelna) – mala količina žumanjka ravnomjerno raspoređena
- telolecitelna – žumanjak koncentriran na vegetativnom polu
- centrolecitelna – žumanjak koncentriran u sredini jajne stanice

# Oplodnja

- Spajanje dviju spolnih stanica (gameta, spermija i jajne stanice) odnosno spajanje njihovih jezgri
- Mitohondrijska DNA je majčina

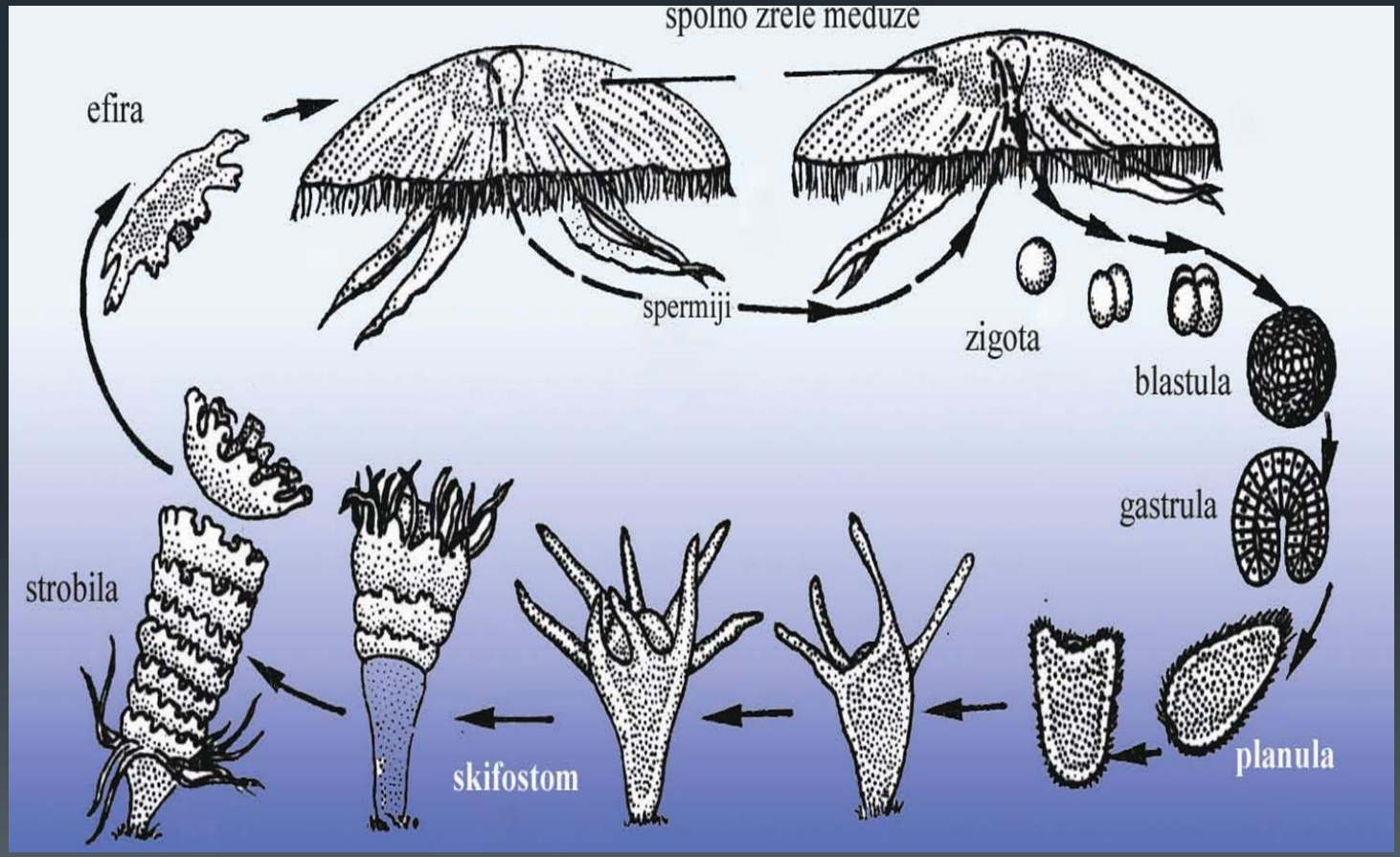
**1. Vanjska oplodnja** – izvan tijela jedinki – moguća kod životinja koje žive u vodi, većina beskralježnjaka

**2. Unutrašnja oplodnja** – obligatna kod kopnenih životinja

1. **Oviparne** životinje – koje legu jaja (neke ribe, vodozemci, gmazovi, ptice)
2. **Viviparne** – legu žive mlade (sisavci)
3. **Ovovivparne** – iz jajeta se razvija mlado čim ženka izleže jaja (neki kliještari i puževi, primitivni sisavci)

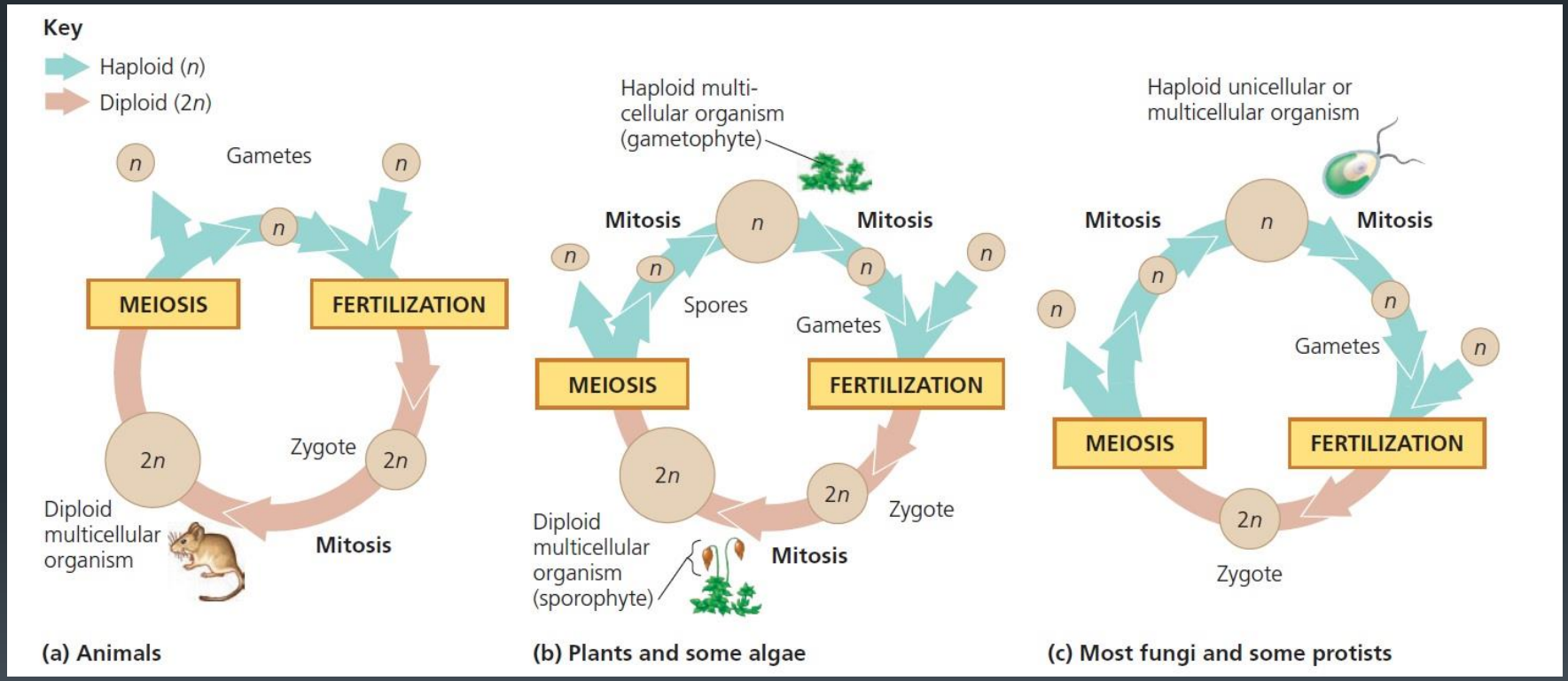
# Metageneza

– izmjena spolne i nespolne generacije

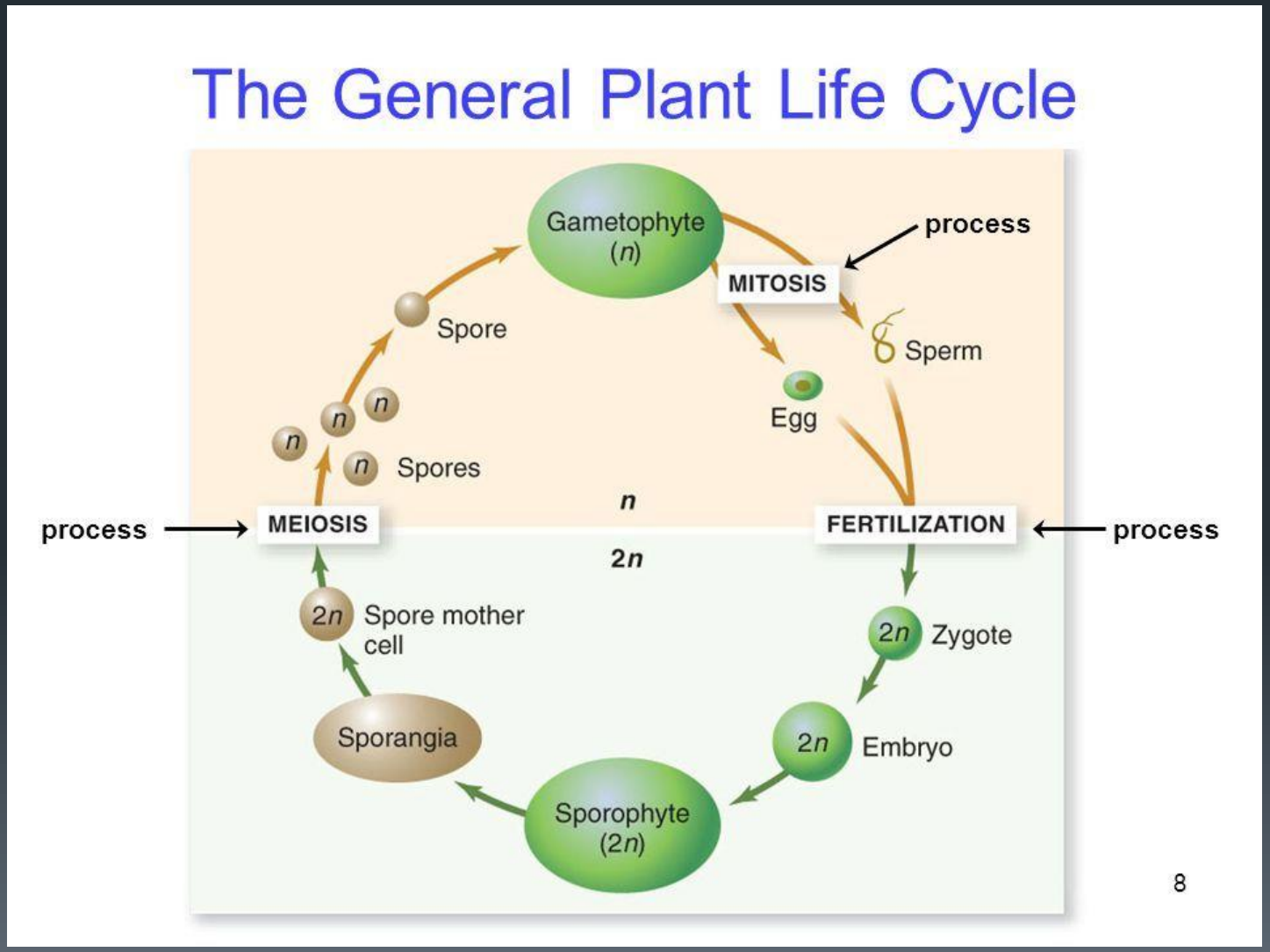


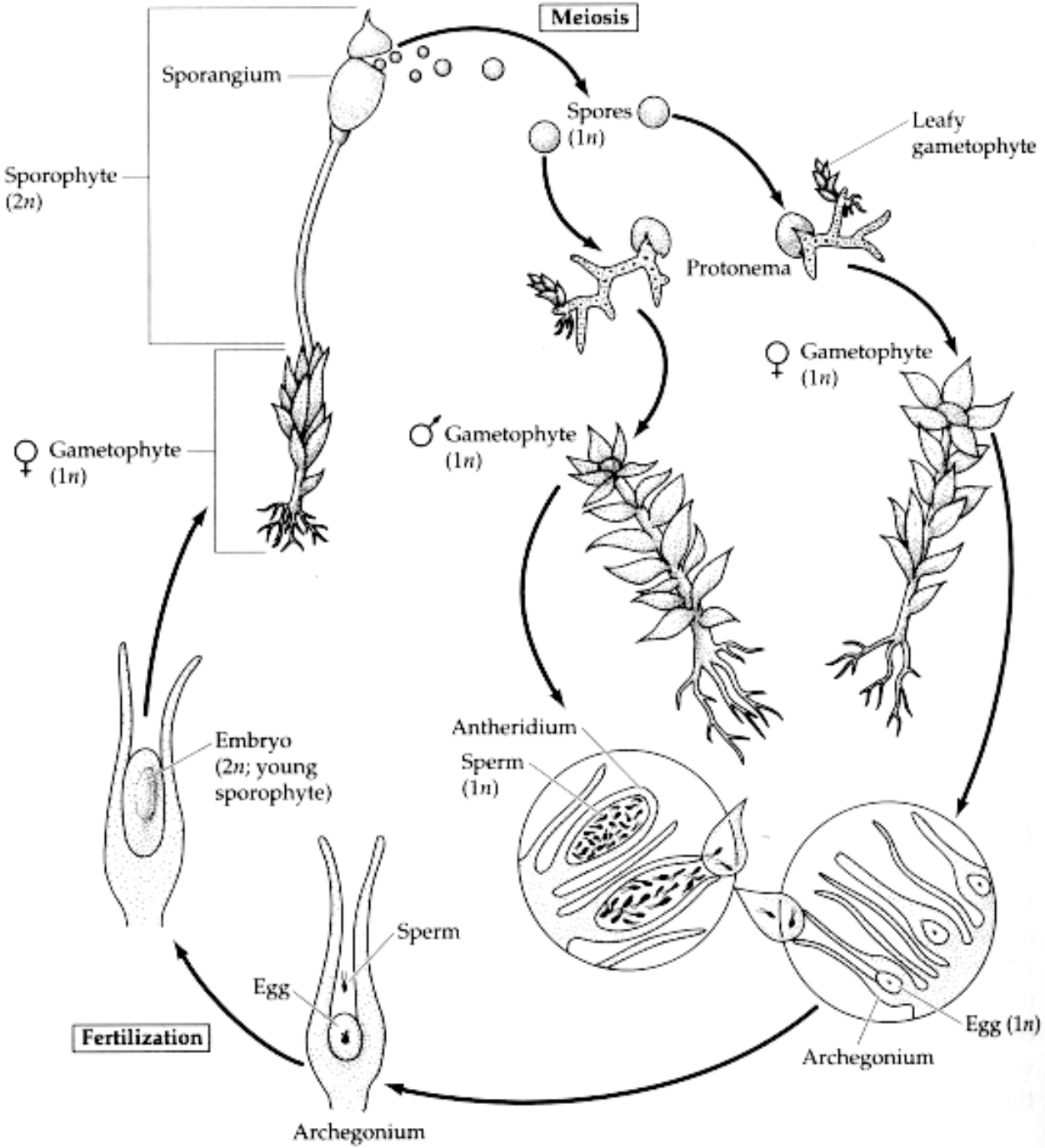

***Aurelia aurita*** (ušati klobuk, žarnjak iz razreda Scyphozoa)

# Tri glavna tipa životnih ciklusa

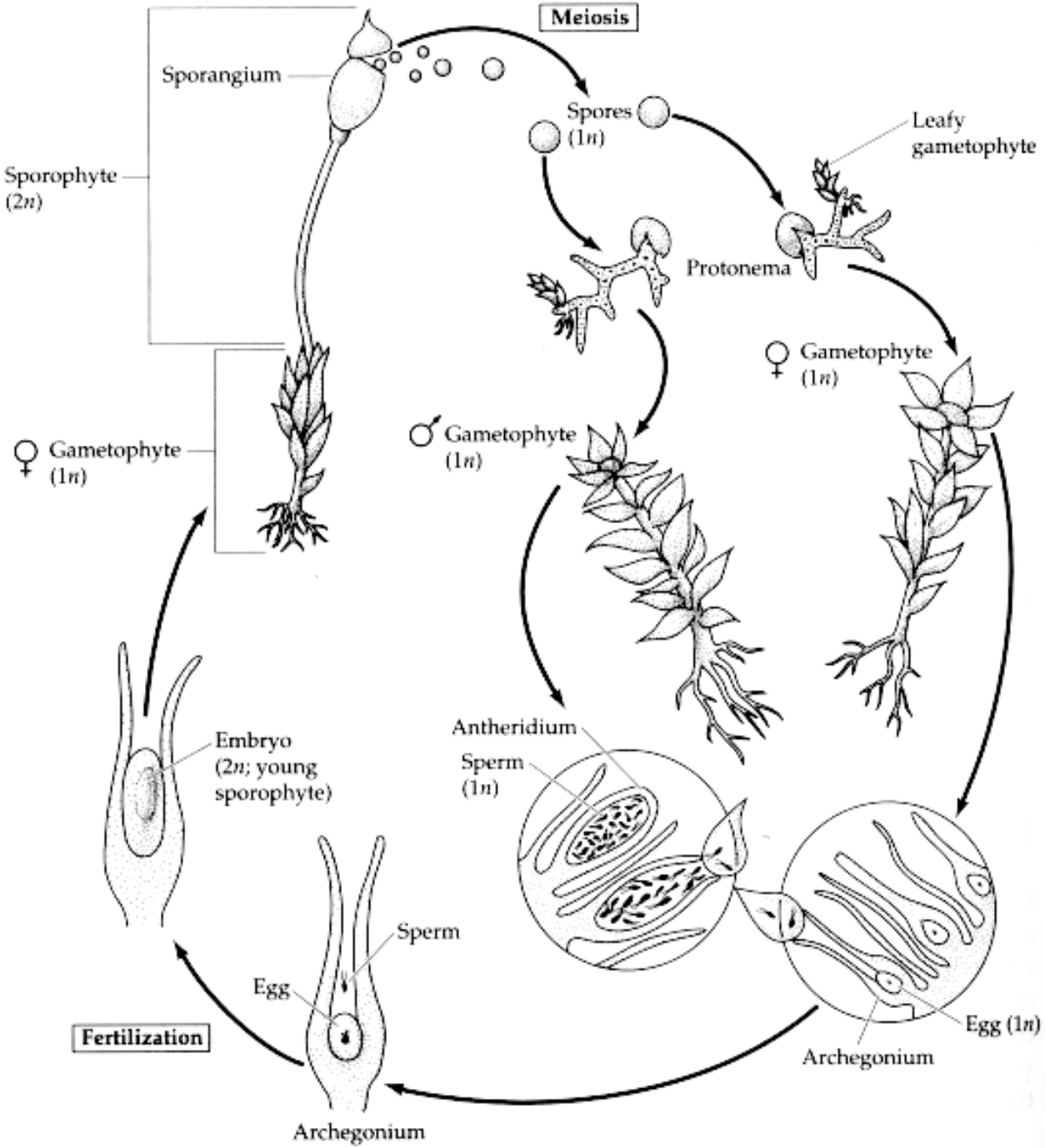


# Izmjena generacija kod biljaka

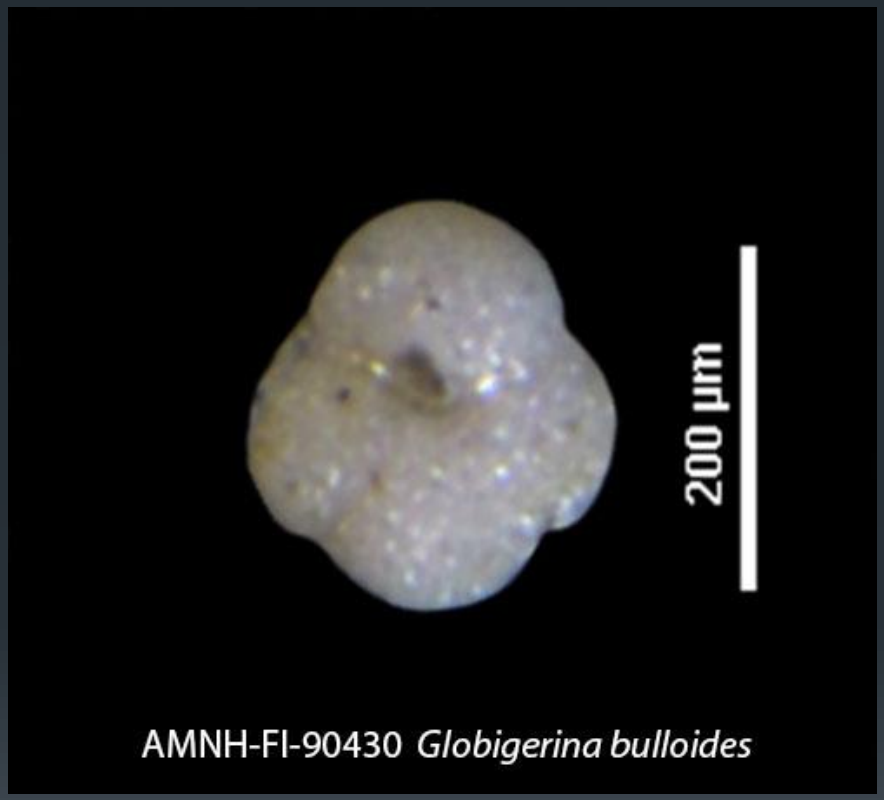



Meiosis
Sporangium
Sporophyte
(2n)
Spores
(1n)
Leafy
gametophyte
Protonema
Gametophyte
(1n)
Gametophyte
(1n)
Gametophyte
(1n)
Antheridium
Sperm
(1n)
Embryo
(2n; young
sporophyte)
Sperm
Egg
Fertilization
Egg (1n)
Archegonium
Archegonium


Meiosis
Archegonium


Meiosis
Sporangium
Sporophyte
(2n)
Spores
(1n)
Leafy
gametophyte
Protonema
Gametophyte
(1n)
Gametophyte
(1n)
Gametophyte
(1n)
Antheridium
Sperm
(1n)
Embryo
(2n; young
sporophyte)
Sperm
Egg
Fertilization
Egg (1n)
Archegonium
Archegonium

# Foraminifera (krednjaci)







Rod *Globigerina*

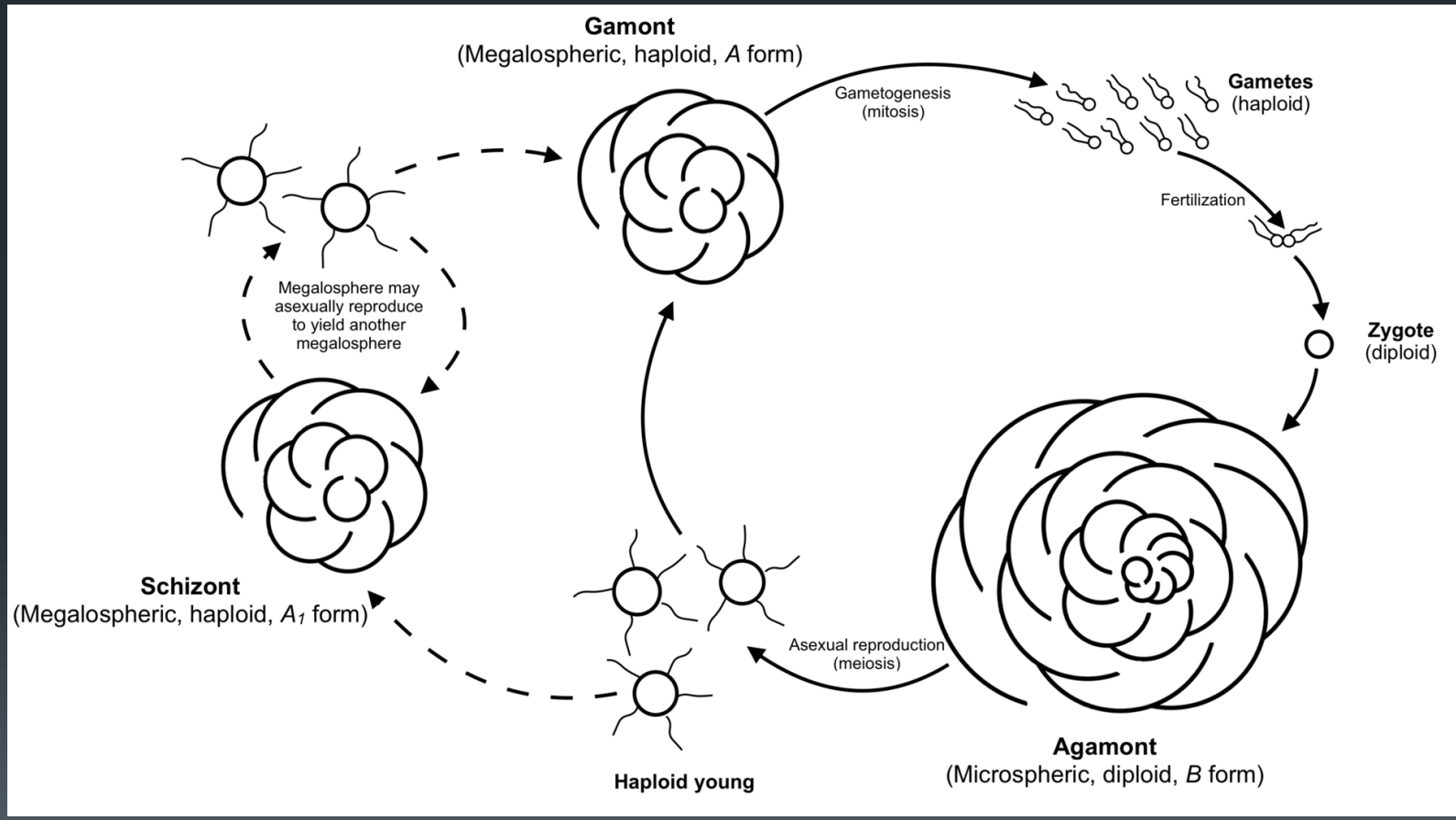
# Foraminifera (krednjaci)






Rod *Nummulites (*lat. *nummulus* – mali novčić)

# Foraminifera (krednjaci)

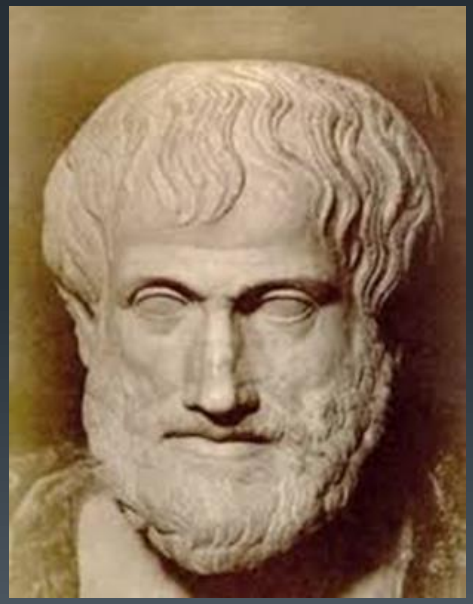


# Kemijska i biološka evolucija na Zemlji

- za život potrebni: tekuća voda i ugljikovi spojevi
- Nastanak svemira prije ~18 milijardi godina → nastanak Zemlje prije ~ 4,6 milijarde godina

**Kako je nastao život na Zemlji?**

**Spontana generacija** – teorija prema kojoj se u sadašnjosti određeni oblik života spontano rađa iz nežive materije; takvo uvjerenje seže još do Aristotela i antičke grčke filozofije, pa sve do 19. stoljeća.



# Kemijska i biološka evolucija na Zemlji

- za život potrebni: tekuća voda i ugljikovi spojevi
- Nastanak svemira prije ~18 milijardi godina → nastanak Zemlje prije ~ 4,6 milijarde godina

**Kako je nastao život na Zemlji?**

**Teorija abiogeneze**

Oparin (1924): Ne postoji nikakva bitna razlika između žive i nežive materije. Izuzetna složenost živih bića samo je posljedica postupne kemijske, pa biološke evolucije same materije.

- Oparinov model prvobitne atmosfere: $NH_3$, $H_2O$, $CH_4$
- Millerov model Zemljine atmosfere (od plinova koji se i danas javljaju prilikom vulkanske aktivnosti): $H_2O$, $CO_2$ , CO, N, $H_2S$, $H_2$



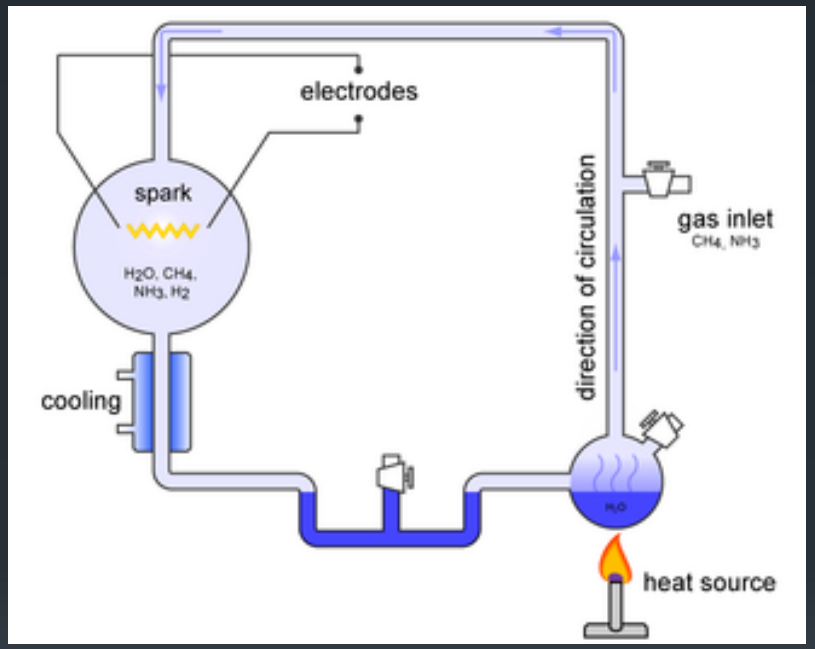
# Kemijska i biološka evolucija na Zemlji

Tri ključna koraka u procesu abiogeneze:

1. Abiotička sinteza monomera

- **Oparinova postavka**: ne postoji nikakva bitna razlika između žive i nežive materije. Izuzetna složenost živih bića samo je posljedica postupne kemijske, pa biološke evolucije same materije.

- **Miller-Ureyev pokus** (1953.): smjesu amonijaka, metana, vodene pare i vodika izložili su električnim izbojima i UV-zračenju – abiotička sinteza malih organskih molekula, aminokiselina i nukleotida!




Skica Miller-Ureyev pokusa

# Kemijska i biološka evolucija na Zemlji

2. Kemijska evolucija nastanka polimera (polipeptidi, polinukleotidi, polisaharidi, lipidi) uz prirodne izvore energije

**Fox i sur. (1956**): zagrijavanje mješavine aminokiselina (AK) (asparaginska i glutaminska kisselina u suvišku) na 180$^{o}$C – nastala je jantarno žuta tekućina, kompleksni polimer strukture slične proteinu – tzv. **protenoidi ili termalni proteini** – nastali anorganski. Raspored AK reproducibilan – ista mješavina AK uvijek se slaže na isti način.

Kad se otopina monomera kapne na vruću glinu ili pijesak, voda ispari, monomeri ostanu koncentrirani na podlozii dolazi do polimerizacije (električki nabijene čestice i u hladnoj glini privlače monomere, a metalni ioni iz gline, cink i željezo, kataliziraju polimerizaciju)



# Kemijska i biološka evolucija na Zemlji

3. Formiranje stanicama sličnih oblika – protobionti

- Koacervati – nakupina makromolekula stabilizirana hidrofobnim interakcijama i okružena slojem vode. Oparin ih je dobio u pokusu miješanjem proteina, nukleinske kiseline i polisaharida.

- Mikrosfere – kapljice koje se formiraju spontano kad se vruća vodena otopina polipeptida ohladi. Mikrosferesu stabilnije od koacervatnih kapljica, zadržavaju oblik nekoliko tjedana. Promjera su od 1.4 do oko 2.5 mikrometara.

# Kemijska i biološka evolucija na Zemlji

- Ključno: **DNA** (replikator, organizira biokemijsku aktivnost) i **membrana** (omeđuje reaktivni prostor).

- Stanica osigurava:

1. zaštitu od vanjskih utjecaja – održava krhkom DNA lancu stabilne uvjete u promjenljivom, ponekad agresivnom okolišu.

2. ograničeni prostor za biokemijske reakcije – važno za biološku kompleksnost.

Život i planet Zemlja su se paralelno razvijali (koevoluirali) te djelovali jedan na drugog: biološke aktivnosti organizama dovele su do velikih trajnih promjena u Zemljinoj atmosferi i tlu i obratno - geološke aktivnosti su preoblikovale Zemlju te su imale jaki utjecaj na evoluciju živih bića.

