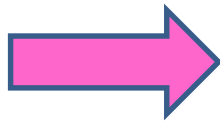


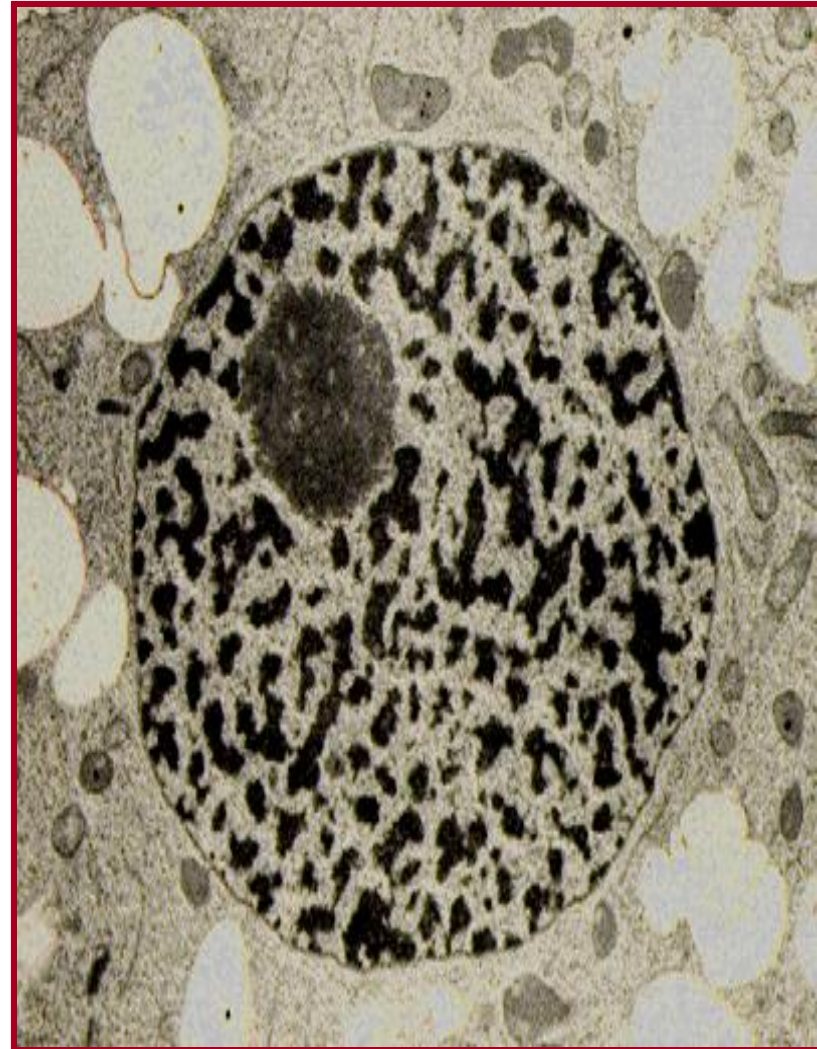
A detailed illustration of a cell's internal structure, showing various organelles like the nucleus, mitochondria, and endoplasmic reticulum. A red-bordered white box is superimposed in the center, containing the text 'III PREDAVANJE'. A white arrow with a red outline points from the left towards the box. The background is a blue-toned microscopic view with various organelles in different colors.

**III
PREDAVANJE**

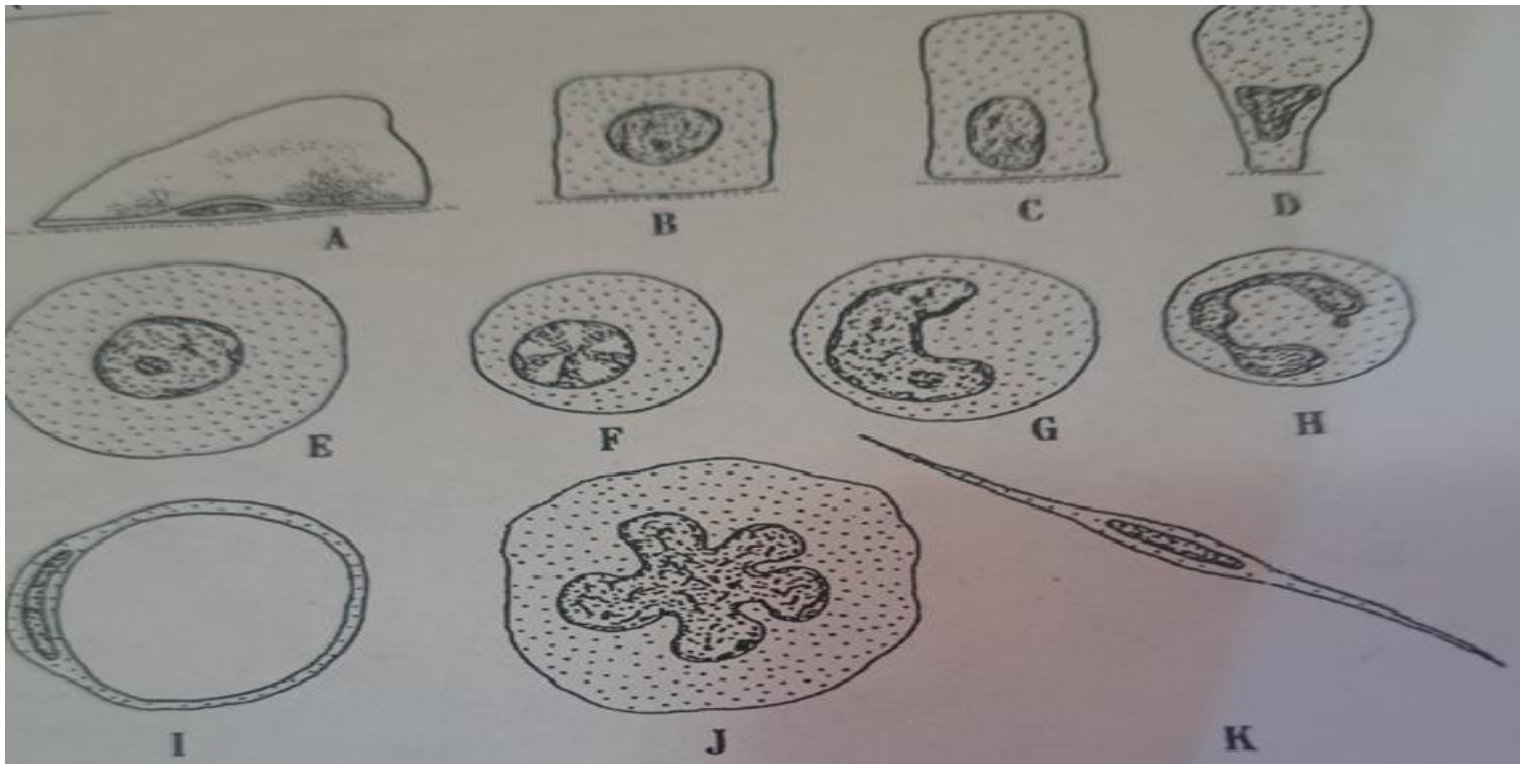


JEDRO

- Postojanje jedra ili nukleusa je jedno od osnovnih svojstava *eukariotske ćelije* (odsustvuje u eritrocitima sisara)
- **Najveća ćelijska organela**
- **Jedro i citoplazma vrše stalnu razmjenu materija**
- U ćeliji je najčešće prisutno **jedno jedro** obično smješteno u središnjem dijelu ćelije **mononuklearne, binuklearne** (hepatociti, kardiomiociti) i **polinuklearne ćelije** (osteoklasti)

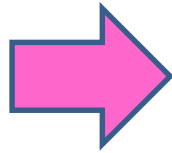


➤ Oblik , položaj i veličina jedra zavise od vrste i stepena aktivnosti ćelije



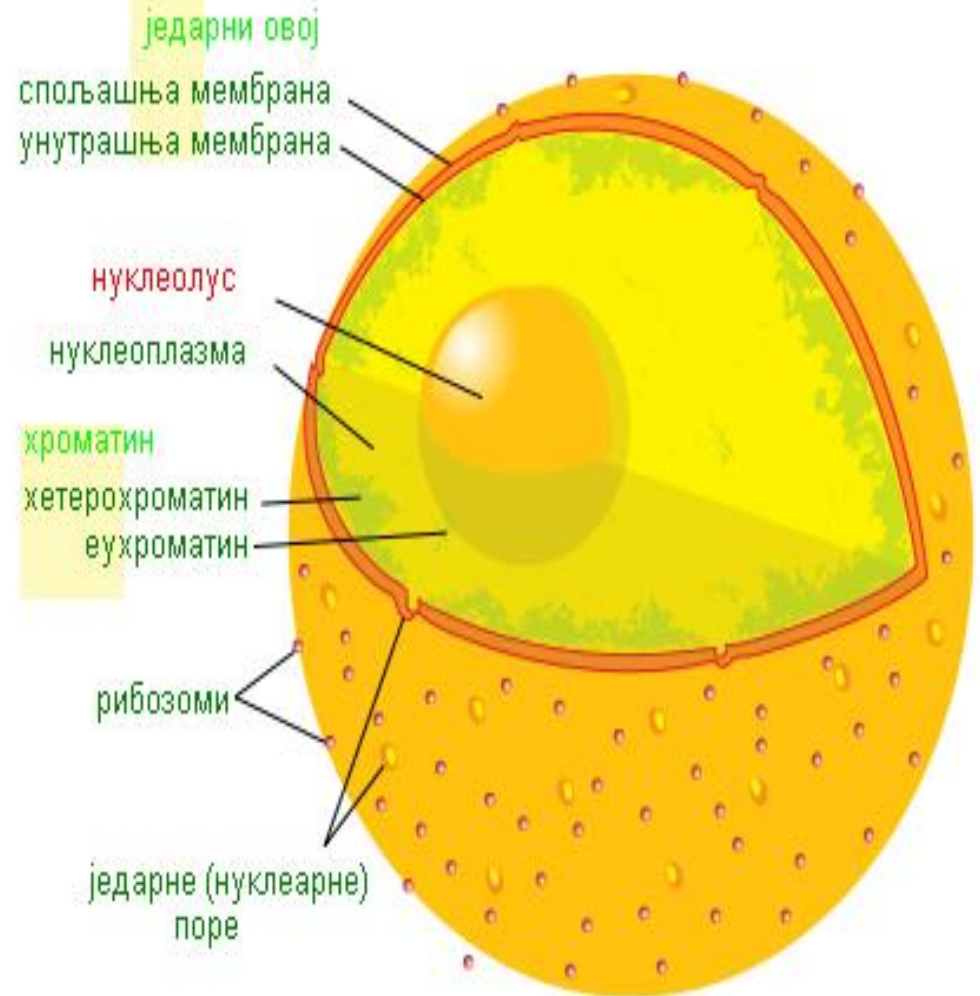
Veličina jedra je u korelaciji sa veličinom ćelije- **NUKLEOCITOPLAZMATSKI ODNOS**
-N/C VEĆE , ĆELIJA METABOLIČKI AKTIVNIJA

Građa



JEDRO

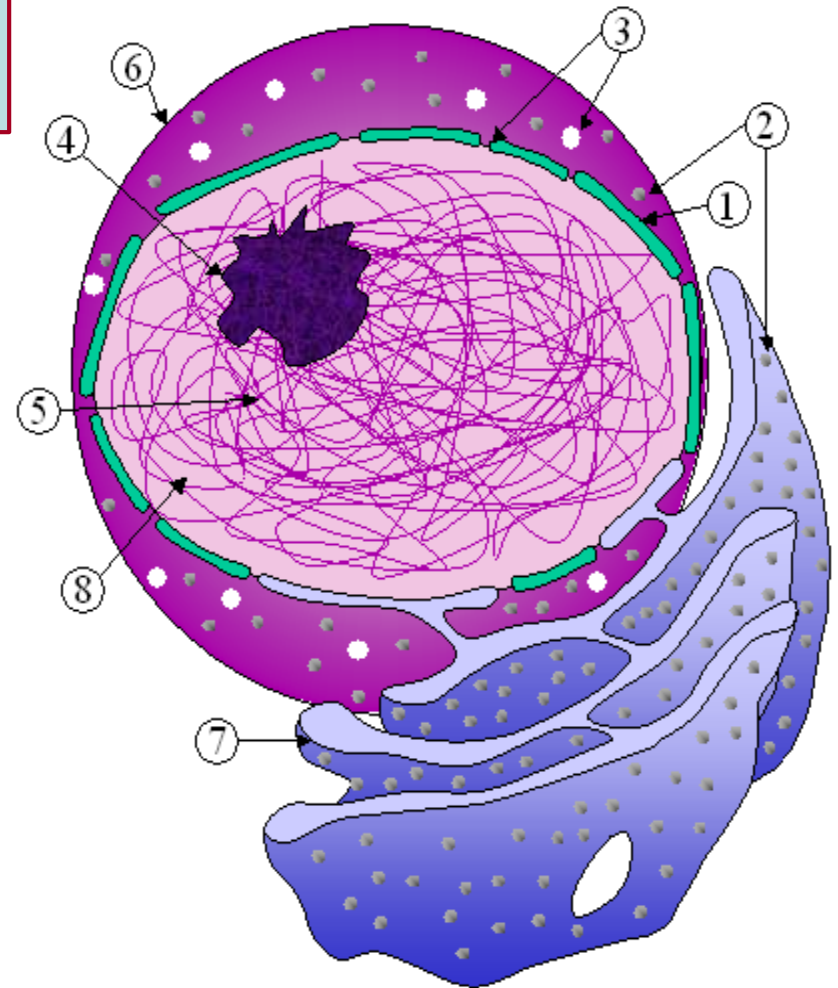
- **Jedrov omotač**
(nukleusni ovoj, karioteka)
- **Nukleoplazma**
(karioplazma, matriks) – sadrži proteine, enzime, nukleinske kis i jone
- **Jedarce (nukleolus)**
- **Hromatin**



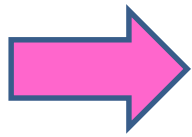
JEDRO

Tri stanja:

- 1. Interfazno-** u fazi između dvije diobe (u ćelijama koje su sposobne da se dijele) – ranije se nazivalo mirujuće
- 2. Mitotičko-** u procesu diobe, dolazi do identičnog udvajanja nasljednog materijala i njegove pravilne raspodjele na dva jadra
- 3. Metaboličko-** kod trajnih, diferenciranih ćelija, koje se više ne dijele - tu jedro vrši metaboličke funkcije



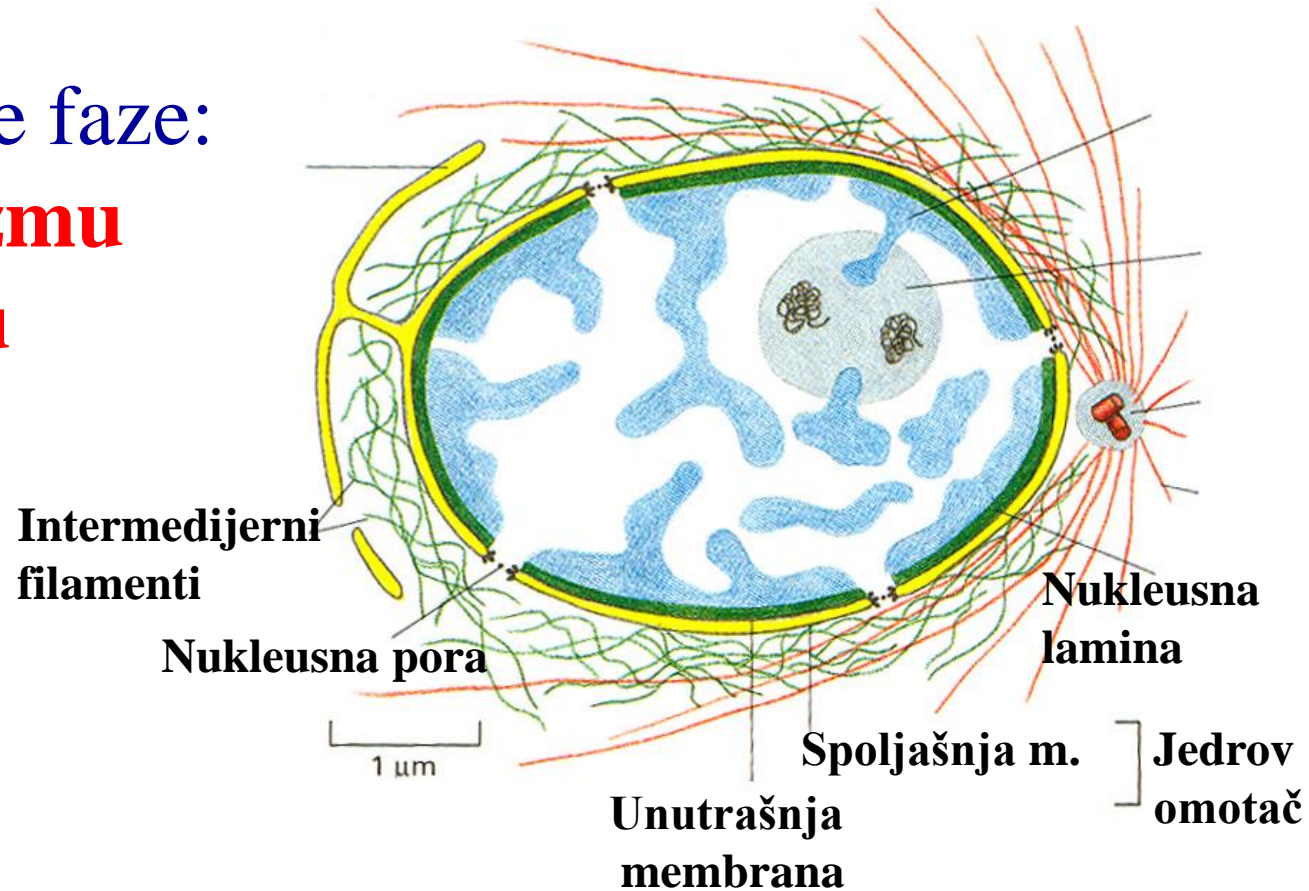
1 - nukleusni ovoj, 2 - ribozomi, 3 - kompleks nukleusne pore, 4 - jedarce, 5 - hromatin, 6 - jedro, 7 - endoplazmatski retikulum (ER), 8 - nukleoplazma



JEDROV OMOTAČ- karioteka

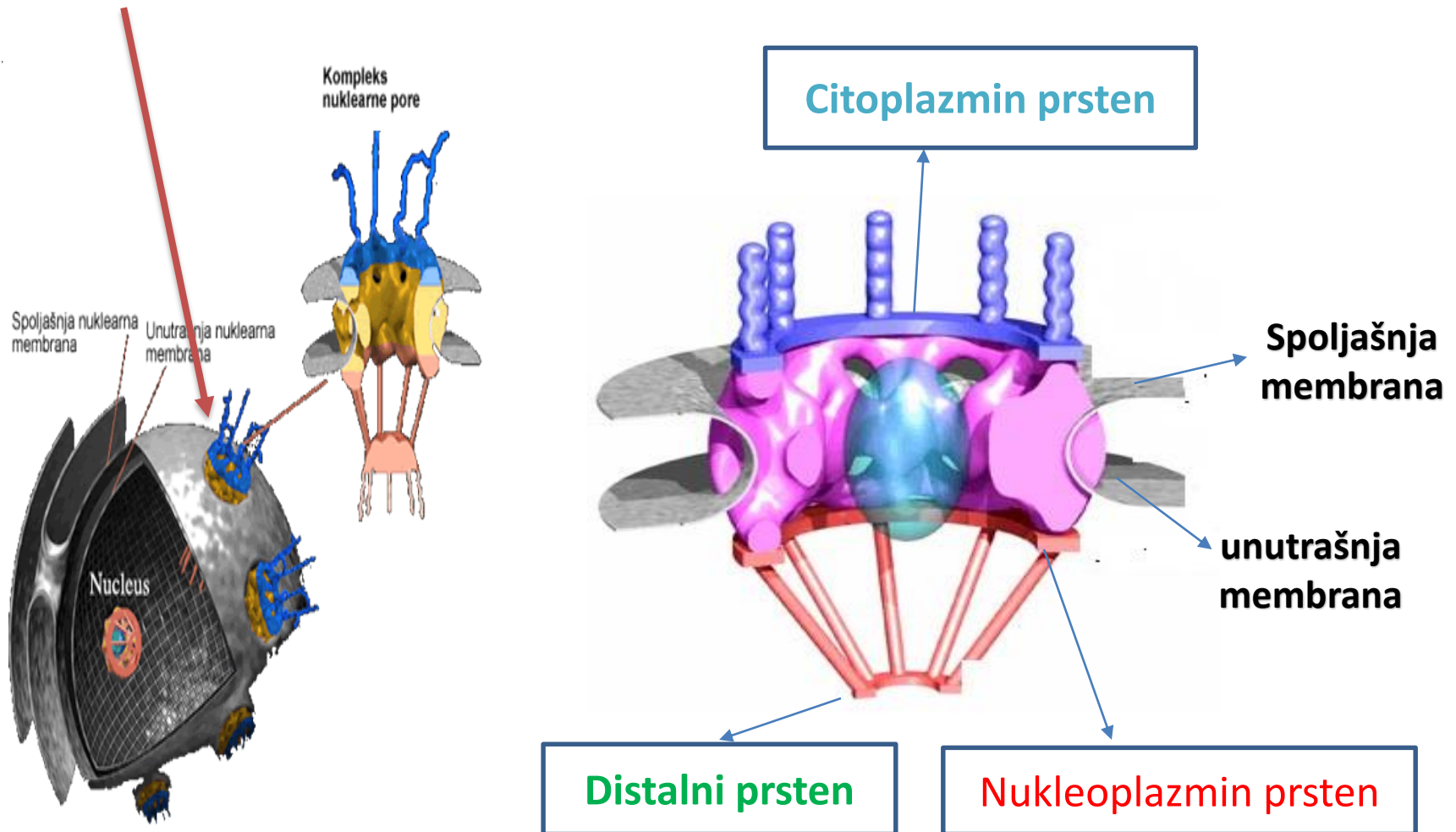
Grada

- Odvaja dvije faze:
 1. nukleoplazmu
 2. citoplazmu



NUKLEUSNA PORA- KOMPLEKS JEDROVE PORE

- **Nukleusne pore** su specijalna mesta na jedrovoj membrani, preko njih se obavlja razmena materija između nukleoplazme i citoplazme



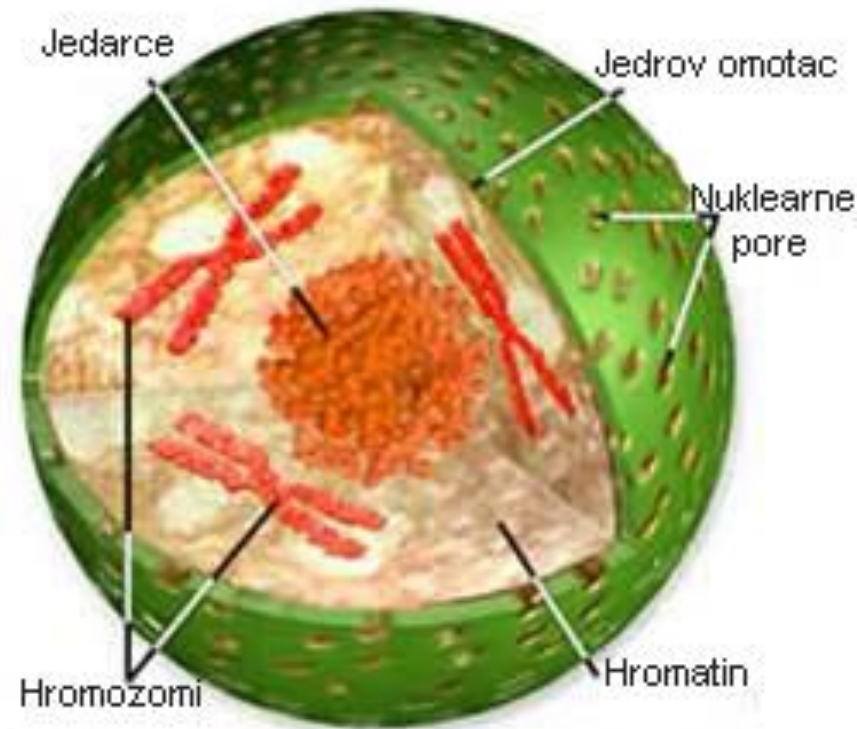
HROMATIN-HROMOZOMI

- Hromatin-"obojen materijal"
- Hromozomi-"obojena tjelašca"

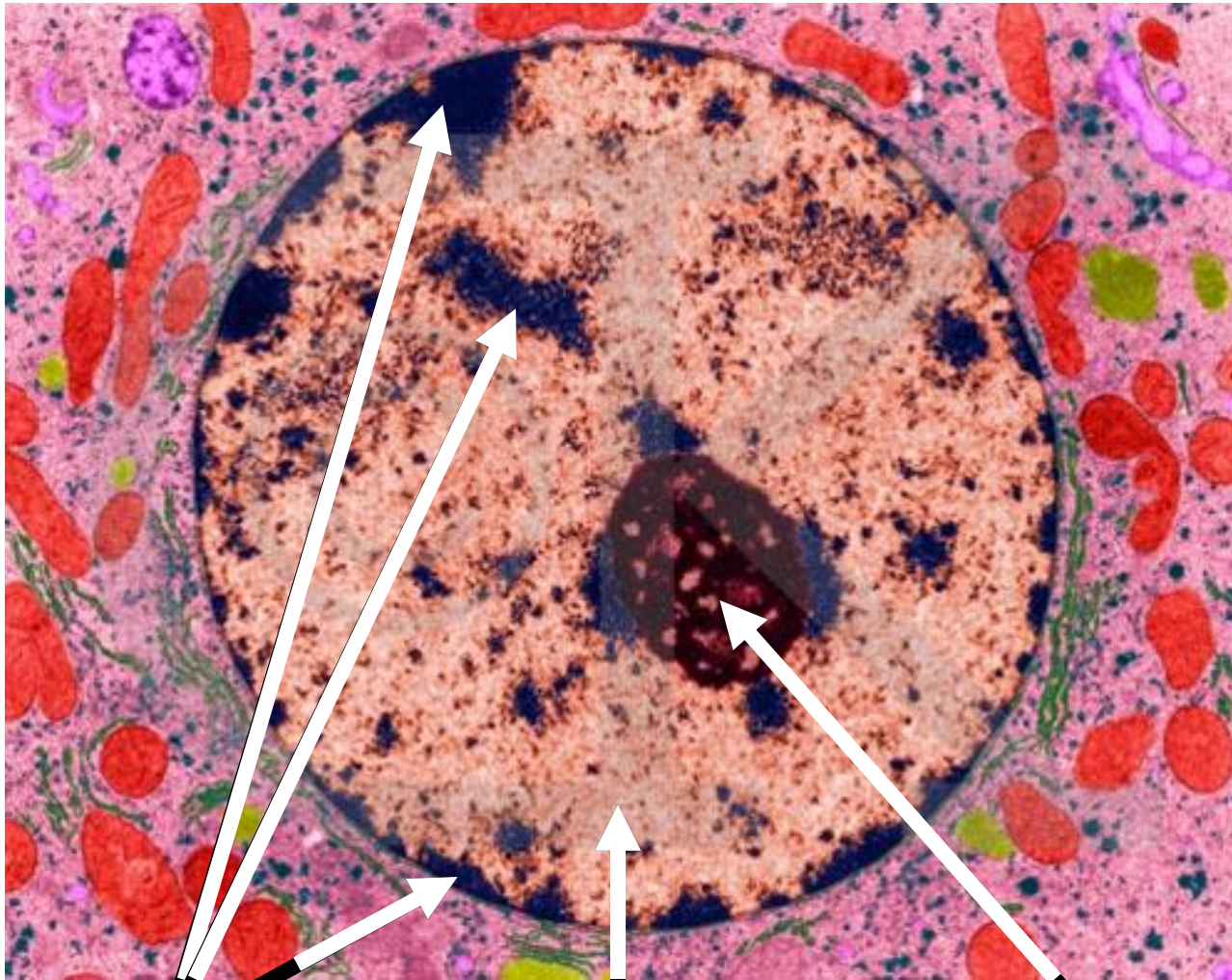


HROMATIN predstavlja kompleks DNK (35%), histonskih i nehistskih proteina (35%), uz male količine RNK (5%). Pri diobi ćelije hromatin se spiralizuje u citološki vidljive strukture koje se nazivaju **hromozomi**.

- U interfazi je nekondenzovan



HROMATIN



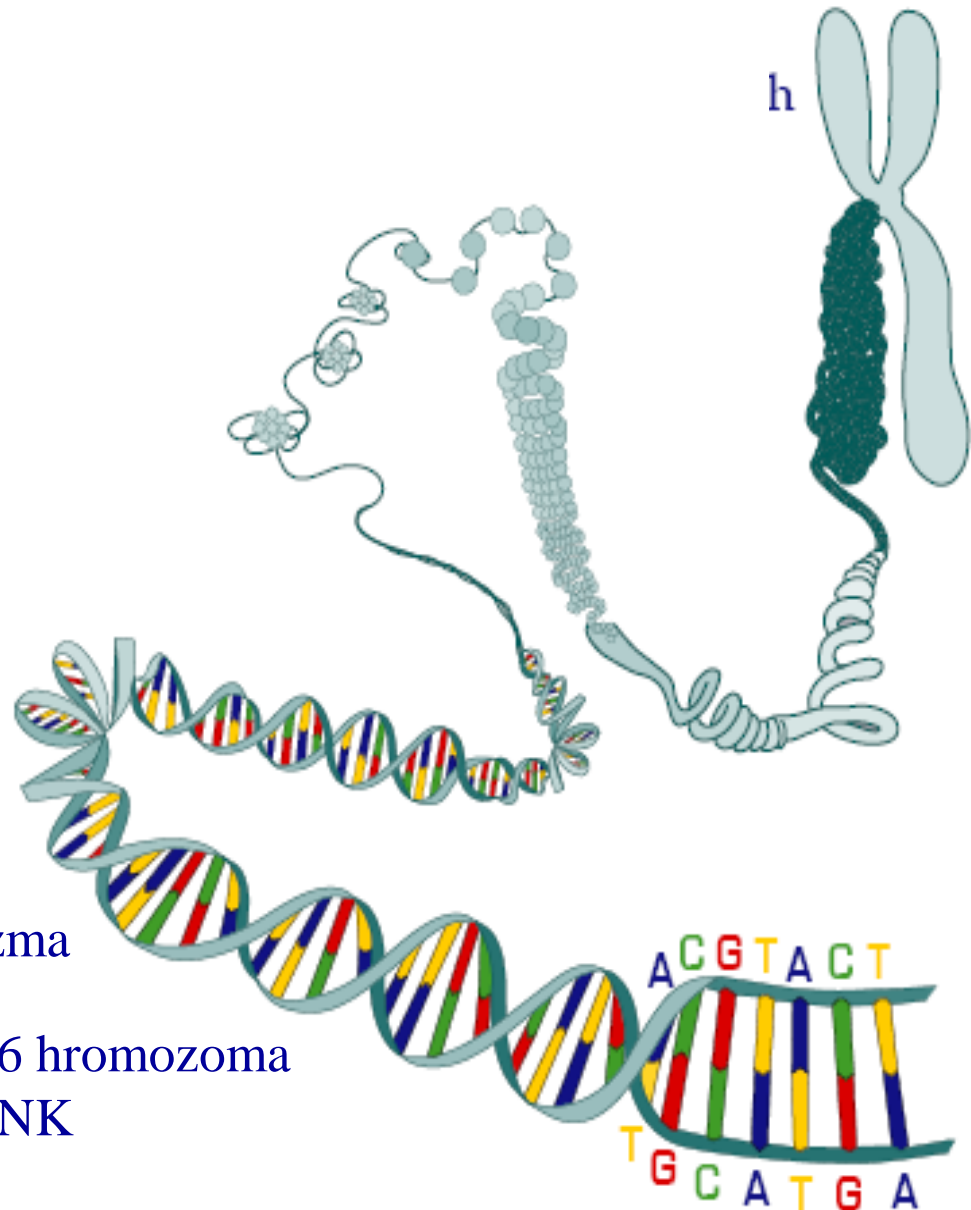
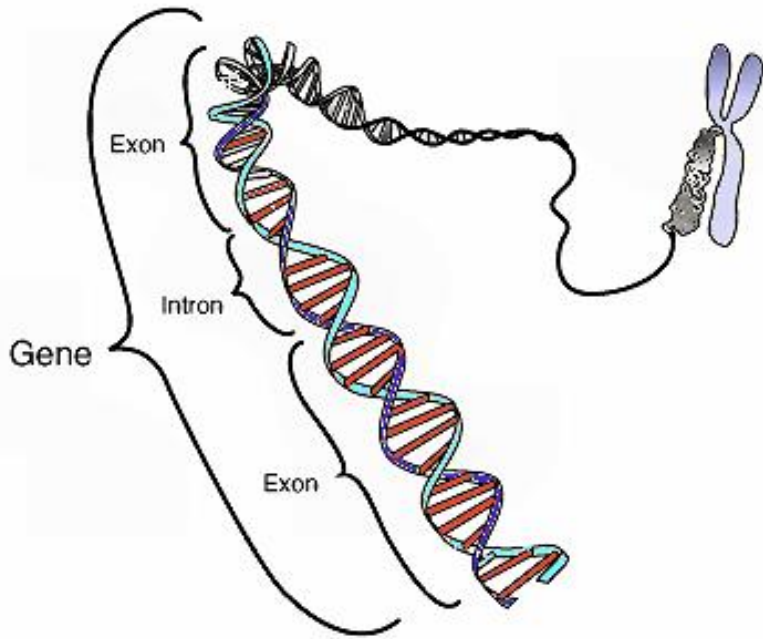
Heterohromatin

Euhromatin

Jedarce (nucleolus)

- **Heterohromatin-**
kondezovan,
transkripciono
neaktivan
- **Euhromatin-**
transkripciono
aktivan u interfazi

KONDENZACIJA DNK

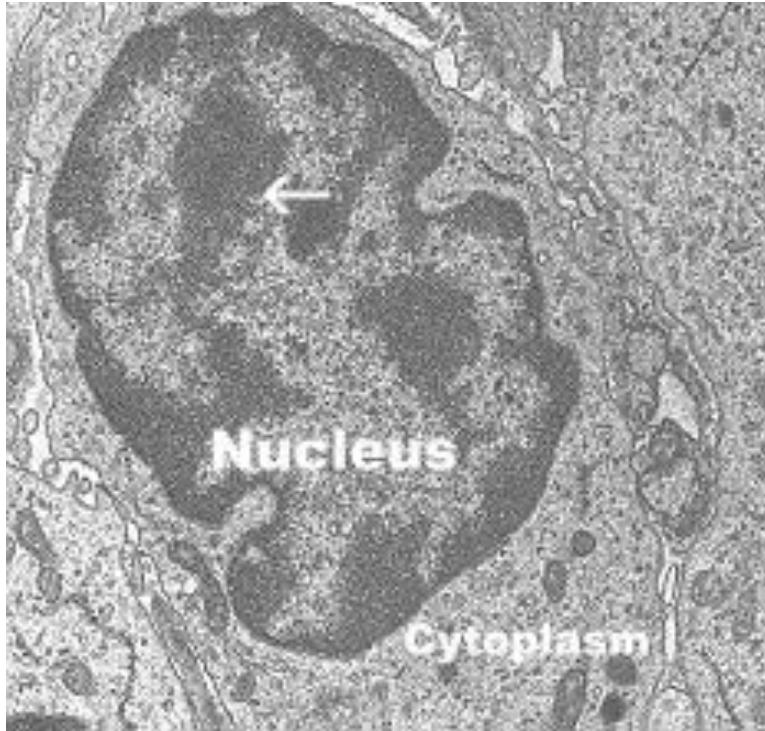


Gen – sekvenca koja nosi određenu informaciju

Genom – ukupna genetička informacija sadržana u hromozomima jednog organizma

Tjelesna ćelija čovjeka – 2,2 m DNK u 46 hromozoma

Hromozom (6 μm) – sadrži po 4,8 cm DNK



INTERFAZA

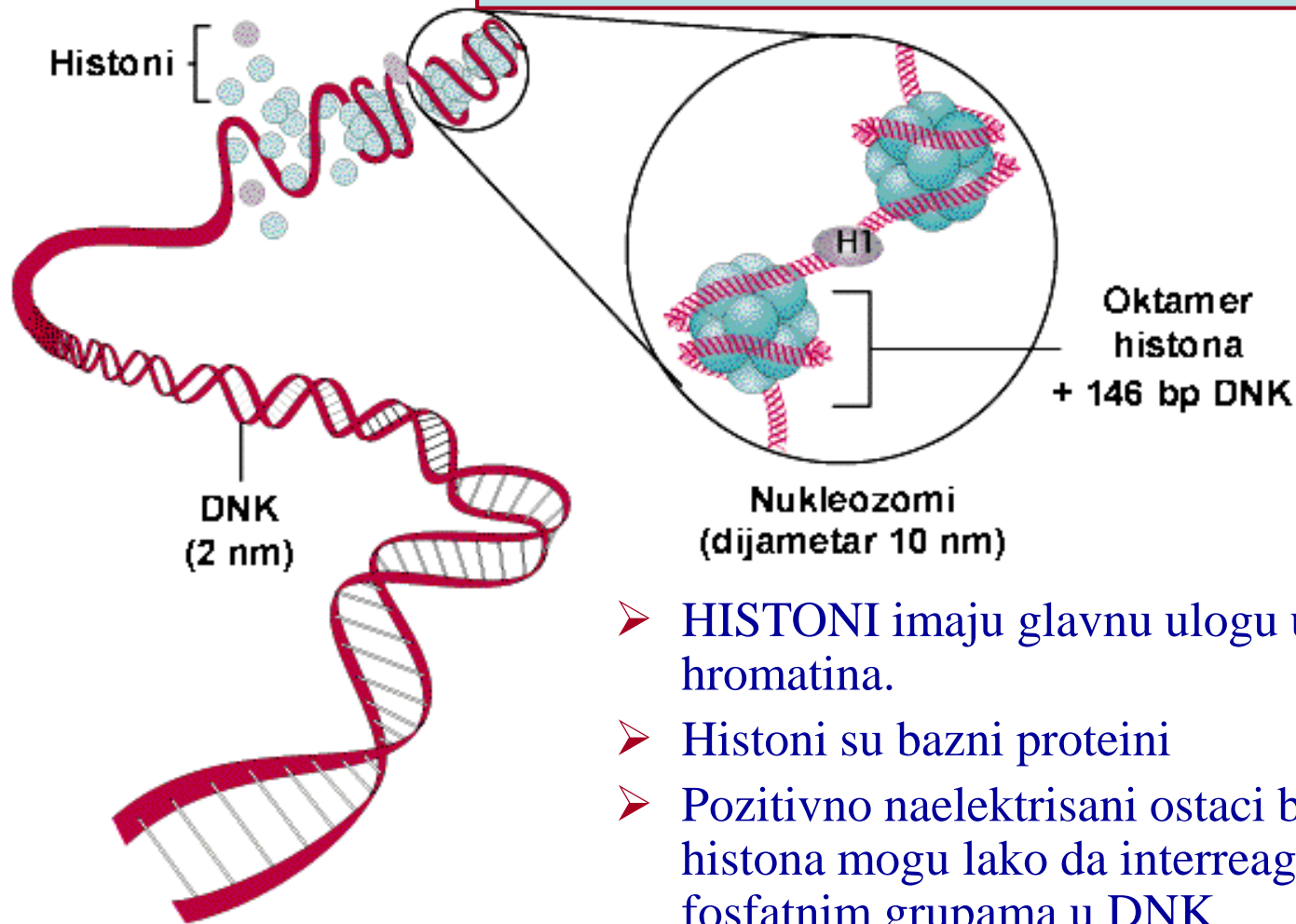
genetički materijal
je dekonduenzovan



MITOZA

genetički materijal je
upakovan u hromosome

KONDENZACIJA DNK

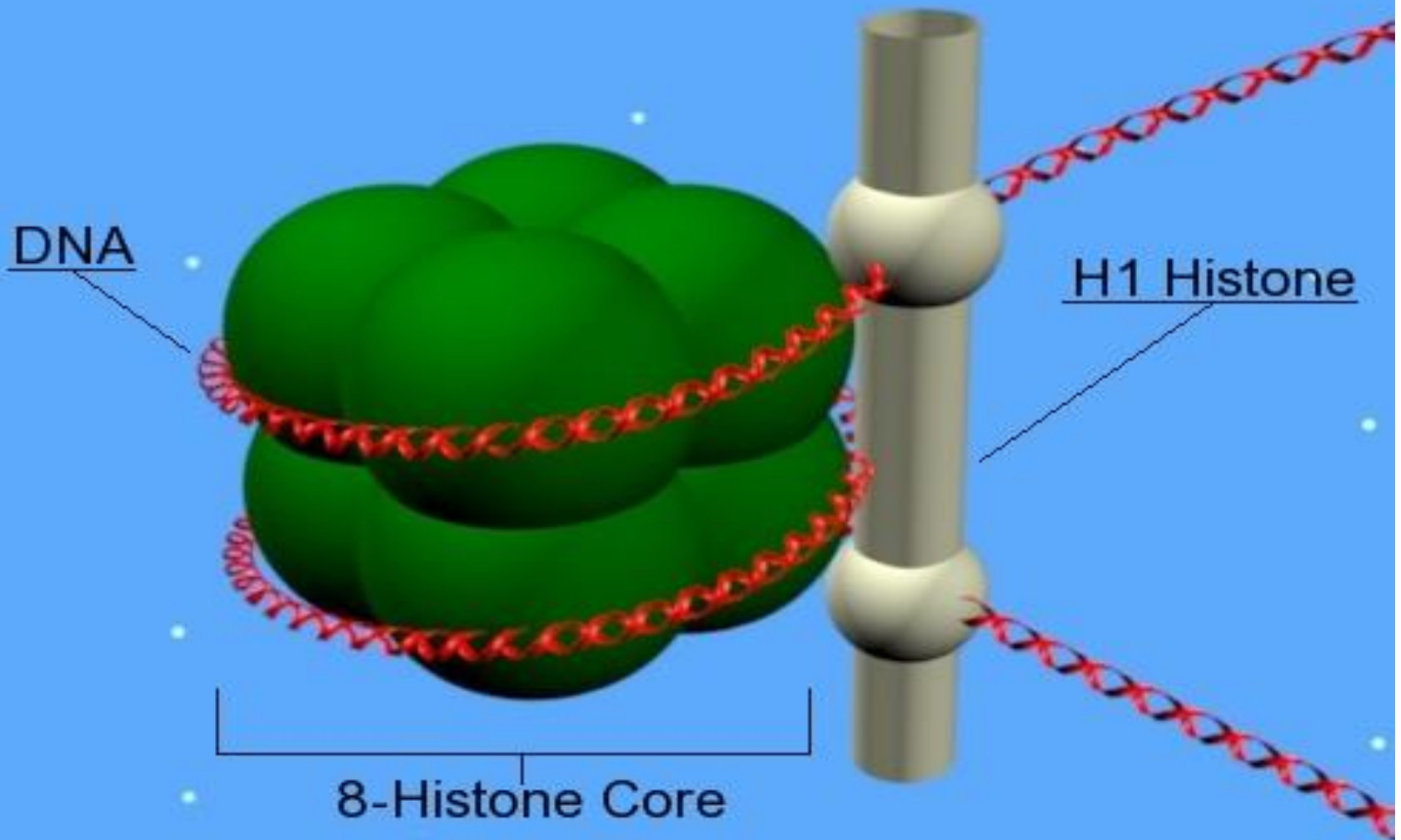


- HISTONI imaju glavnu ulogu u strukturisanju hromatina.
- Histoni su bazni proteini
- Pozitivno naelektrisani ostaci baznih aminokiselina histona mogu lako da interreaguju sa kiselim fosfatnim grupama u DNK
- **Grupe histona:**

Hromatozom
dva lanca DNK + oktamer + H1

1. nukleozomalni histoni (H2A, H2B, H3 i H4) – omogućavaju vezivanje DNK u nukleozome
2. H1 histoni – pomažu u pakovanju nukleozoma

Nucleosome

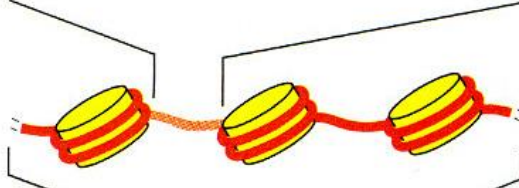


KONDENZACIJA DNK

Kratak region dvostrukog DNK heliksa

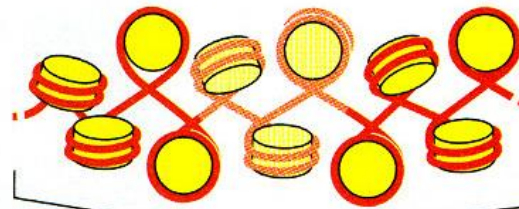


oblik hromatina tzv. "niska perli"



11 nm

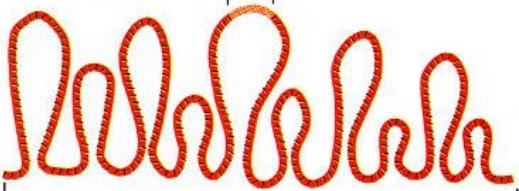
Hromatinsko vlakno pakovanih nukleozoma debljine 30 nm



30 nm

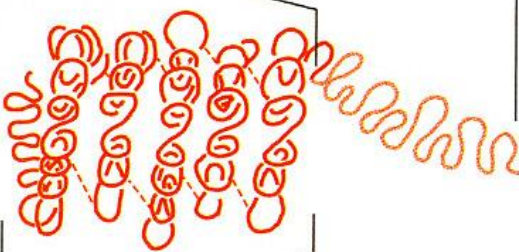
solenoid

Deo hromozoma u rastegnutom obliku



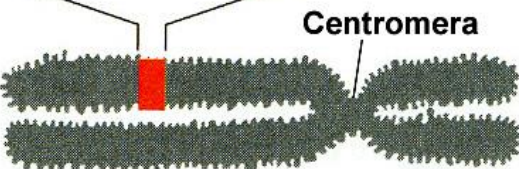
300 nm

Deo hromozoma u kondenzovanom obliku



700 nm

Ceo mitotski hromozom



1400 nm

➤ Od DNK do metafaznog hromozoma

➤ od "golog" molekula DNK do hromozoma ostvaruje kondenzacija od oko 10 000 puta

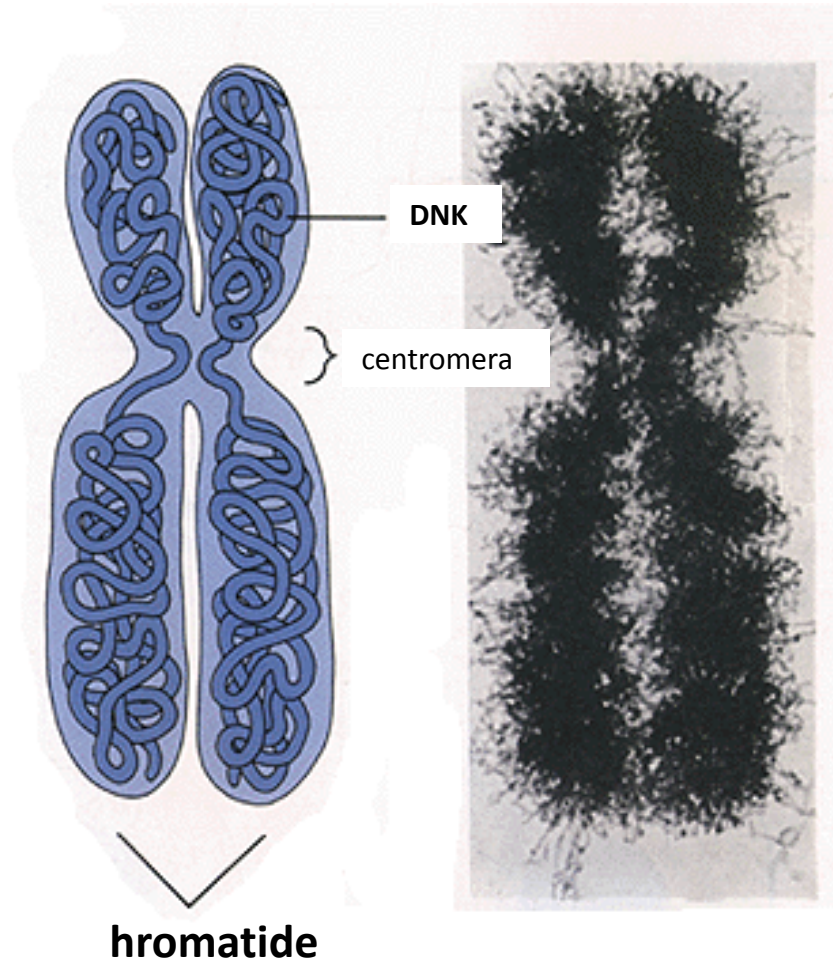
➤ hromatin interfaznog jedra ima strukturu **solenoida** 6 nukleozoma u zavoju

Osnovni nivoi kondenzacije gen. mat. od DNK do mitotskog hromozoma

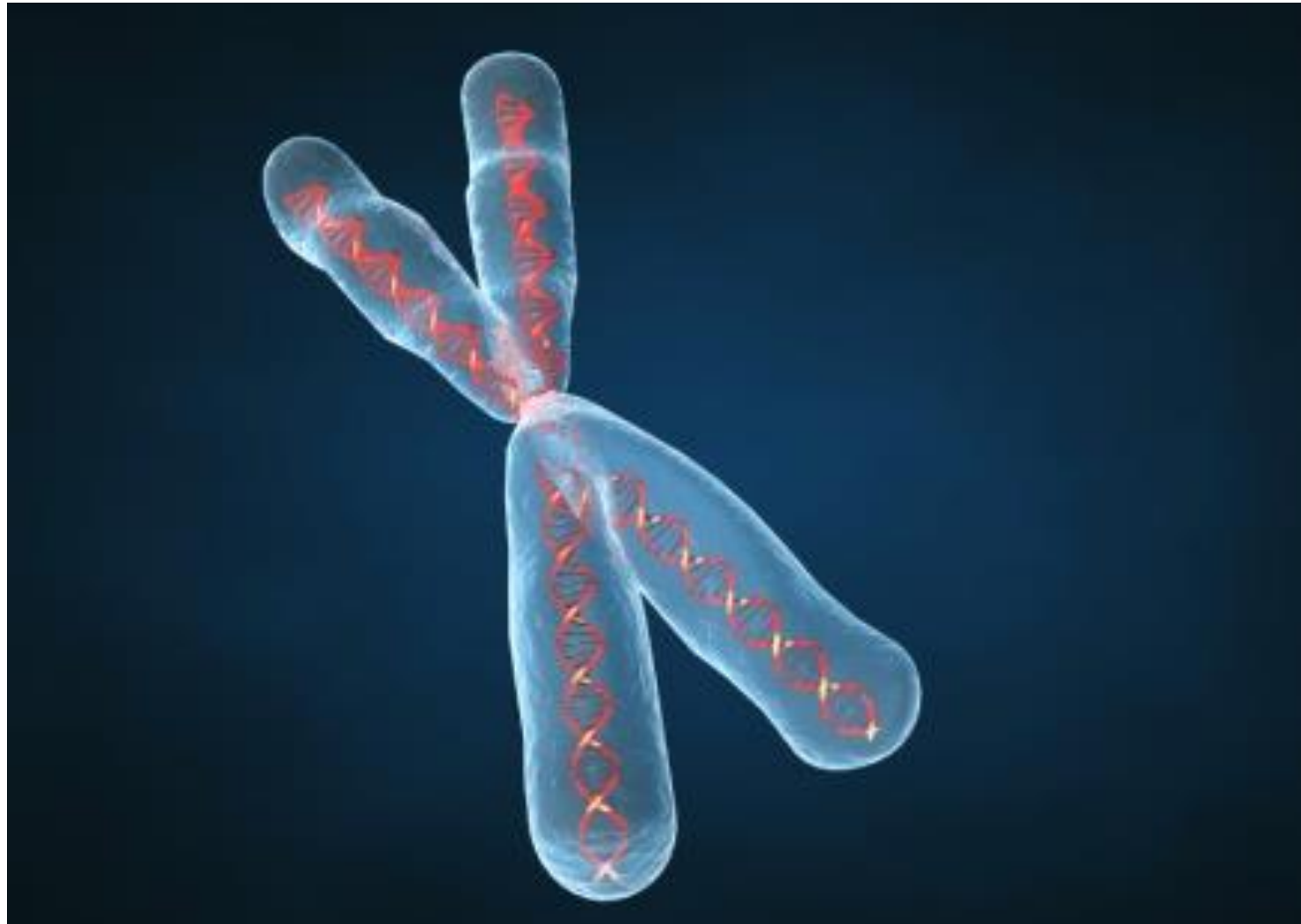
MITOTIČKI HROMOZOM

Građa

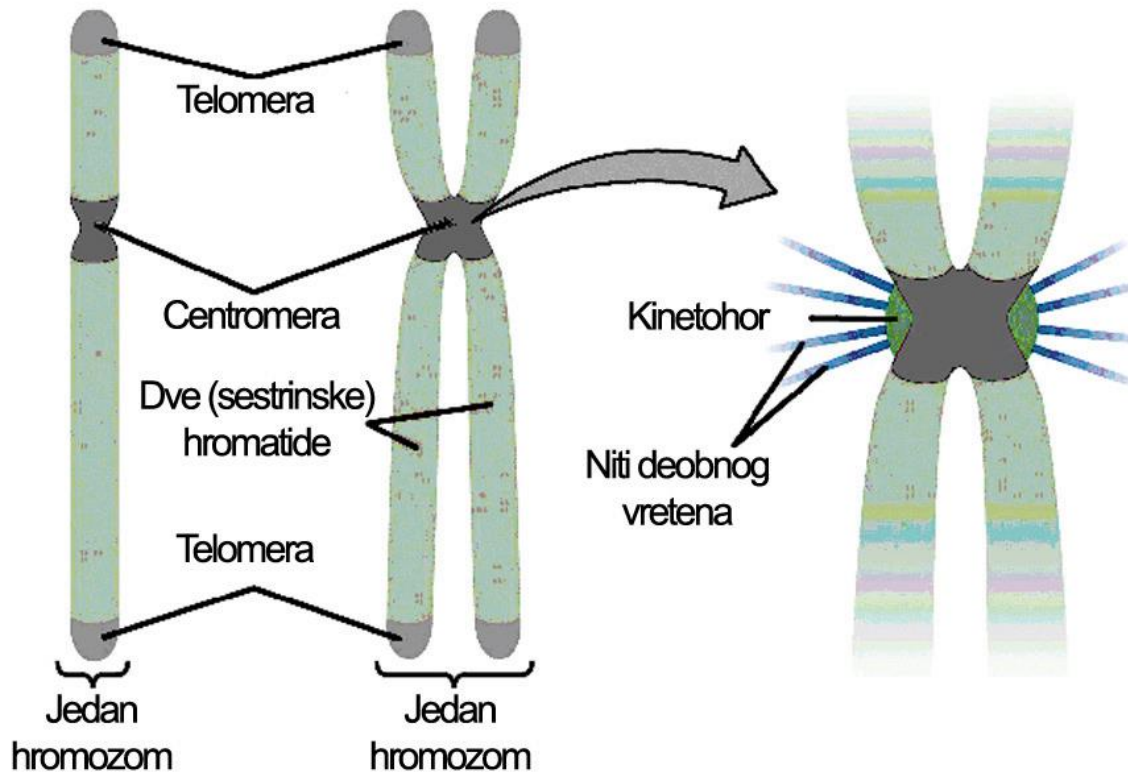
- Hromatin u najkondenzovanijem obliku
- U metafazi diobe



U SVAKOJ HROMATIDI PO JEDAN DNK
MOLEKUL **CIJELI HROMOZOM 2 DNK**
MOLEKULA



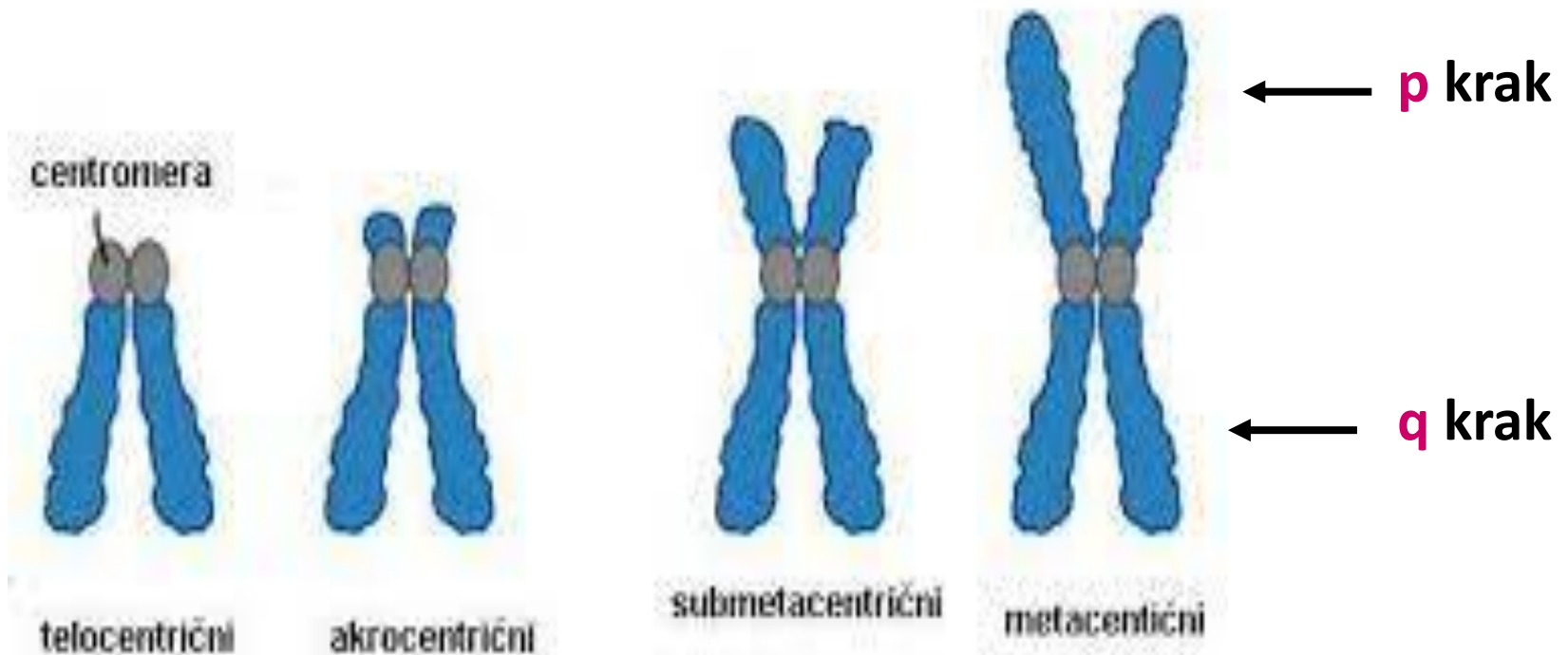
MITOTIČKI HROMOZOM



- **Kinetohor** – mjesto vezivanja mikrotubula diobnog vretena za hromosome
- Centromera i telomere imaju jedinstvenu molekularnu strukturu koja pruža stabilnost i omogućava normalno ponašanje hromozoma pri njihovoj diobi

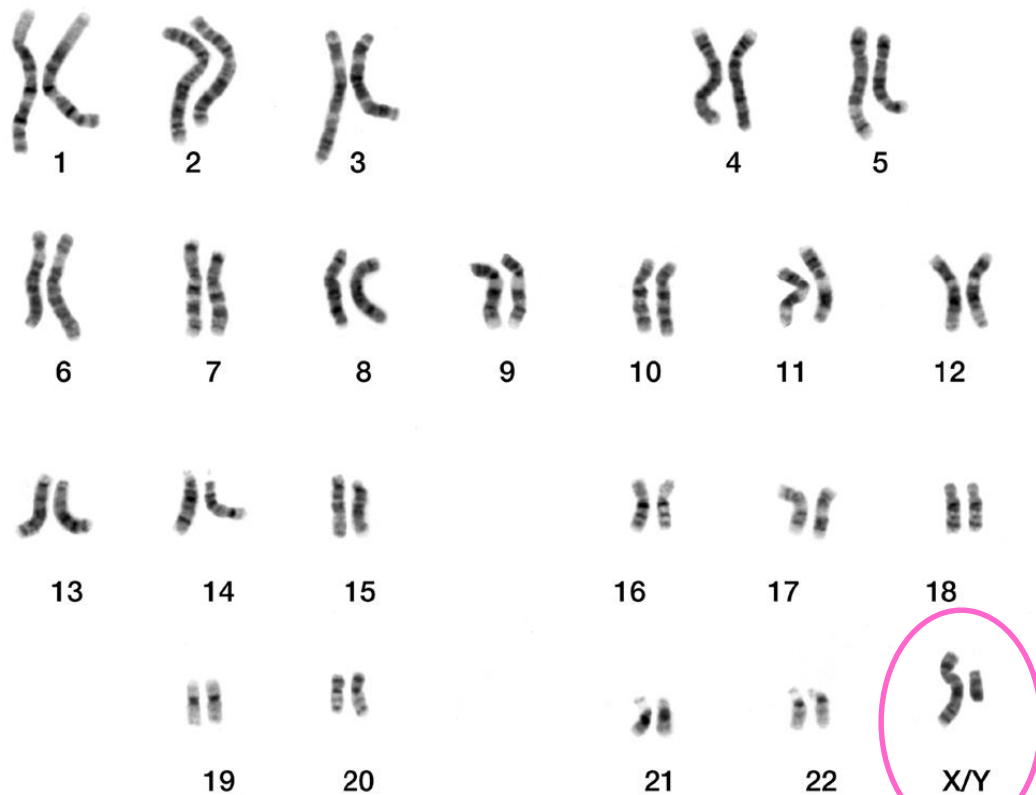
HROMOZOM – morfološka podjela

➤ Prema položaju centromere



KARIOTIP

➤ Skup svih hromozoma



Kariotip čovjeka
($2n = 46$; $n = 23$)



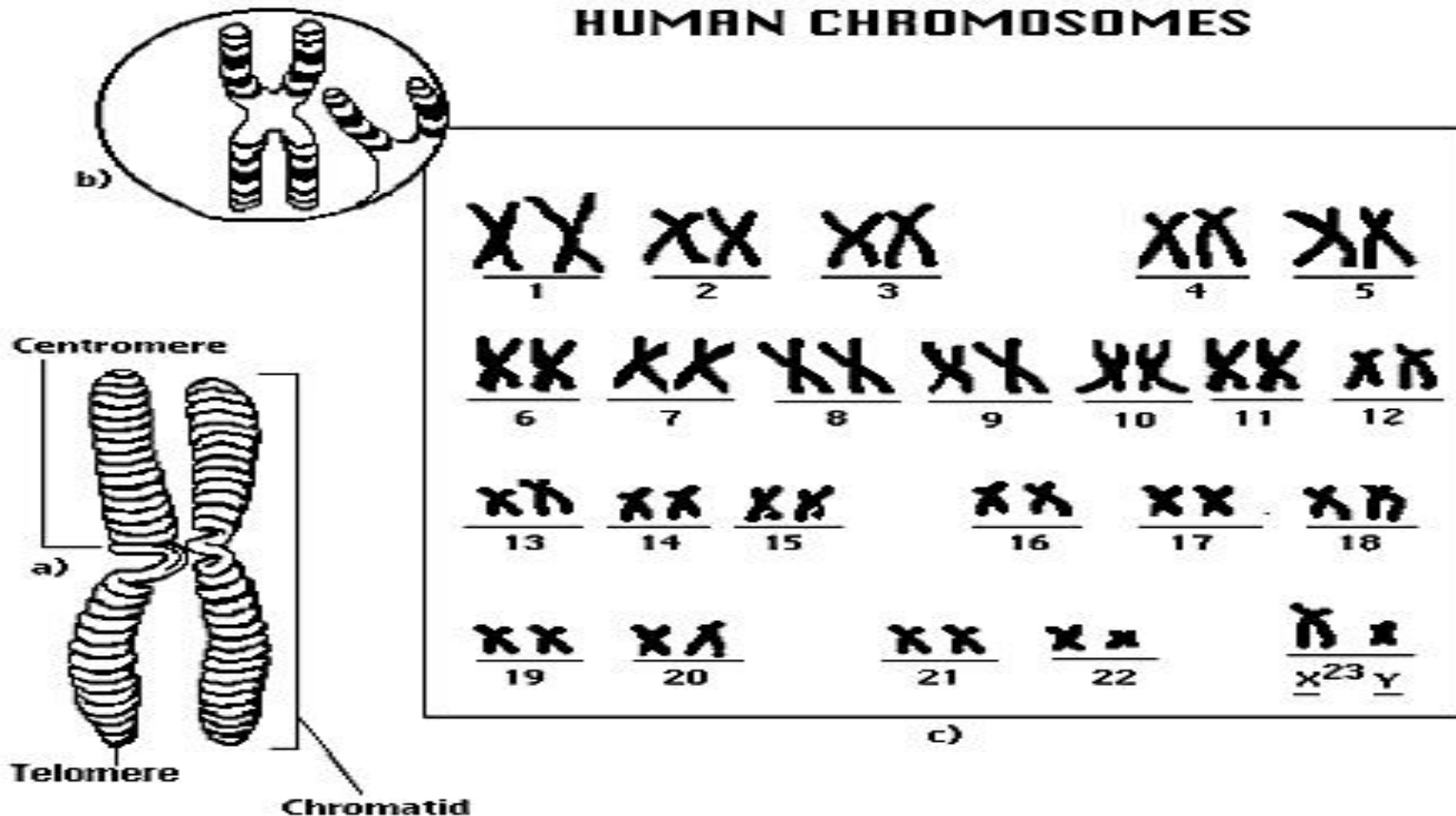
22 para
autozoma-
odgovorna za
tjelesne
karakteristike

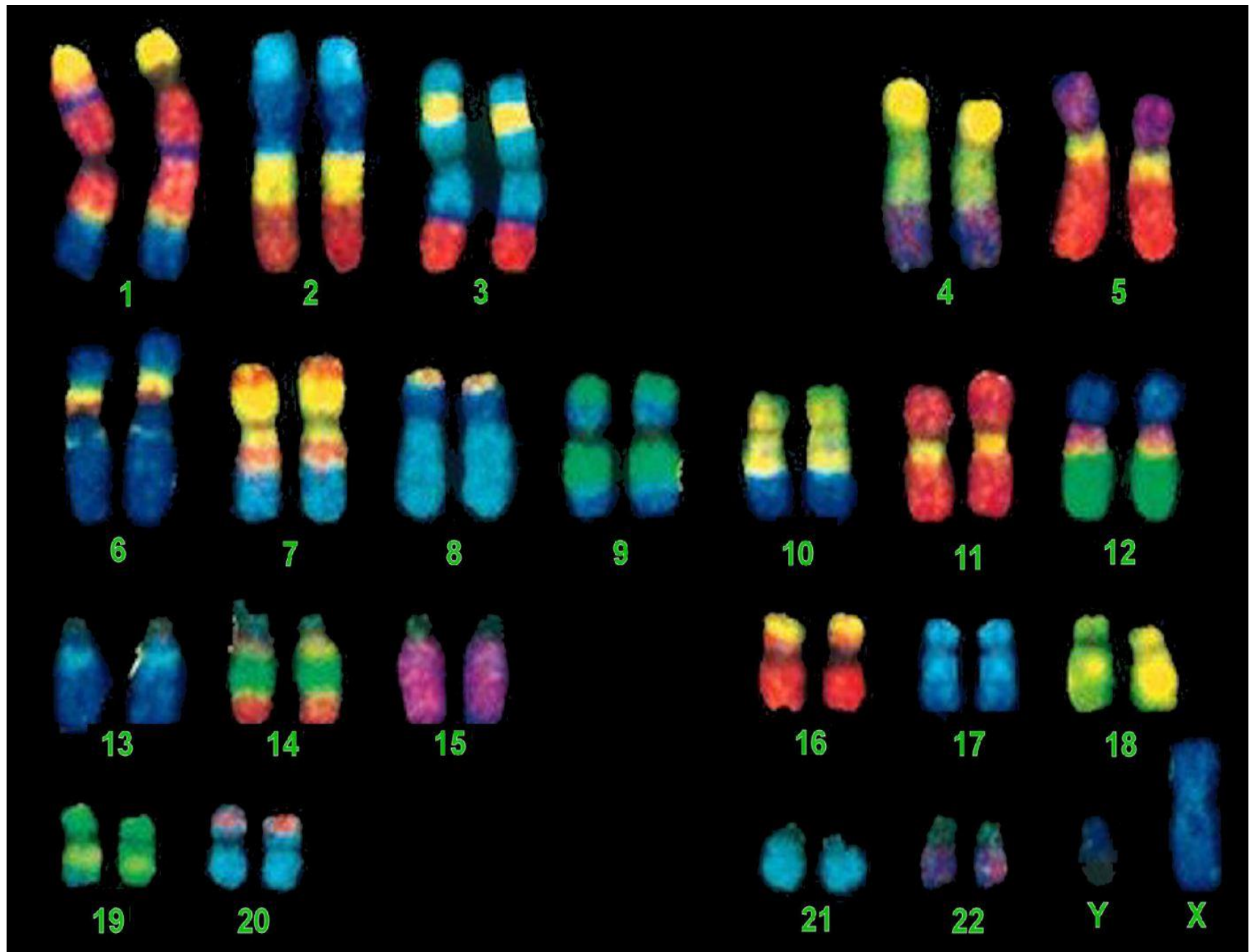


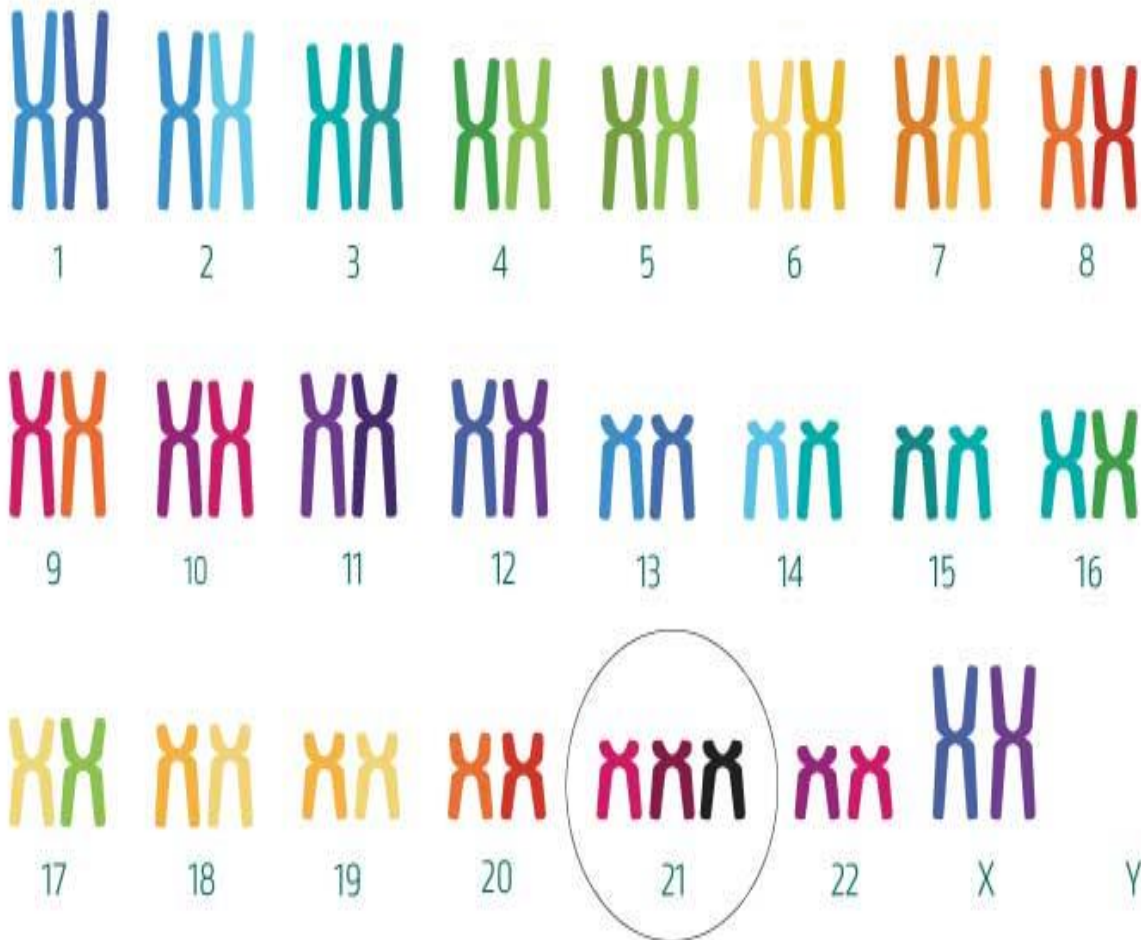
1par polnih
hromozoma

HROMOZOMI

- **Diploidan broj hromozoma ($2n$)** – somatske ćelije
 - **Haploidan broj hromozoma (n)** – polne ćelije
 - Broj hromozoma je stalan i karakterističan za vrstu
- Čovjek – 46; Konj – 64; Svinja – 40; Koza – 60; Pas – 78; mačka - 38







Jedna od najčešćih aneuploidija hromozoma **je trizomija 21, poznatija kao Daunov sindrom**. Osobe koje imaju Daunov sindrom na **21. paru hromozoma umesto dva, imaju tri hromozoma!!**

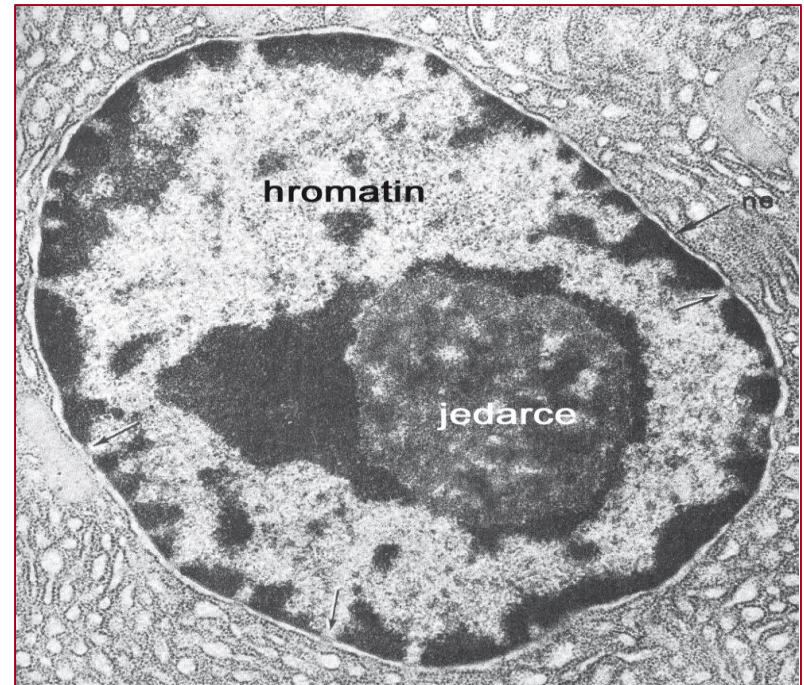


JEDARCE

Uloga: u stvaranju ribozoma
-mjesto transkripcije; obrada
ribozomalne RNK i prikupljanje
podjedinica ribozoma

Građa:

- **fibrilarni centar (sadrži dio lanca DNK)**
- **gusta fibrilarna komponenta (sadrži zgušnjute filamente rRNK)-*pars fibrilaris***
- **granularna komponenta (u ovom djelu sklapaju se ribozomske subjedinice) –*pars granularis***



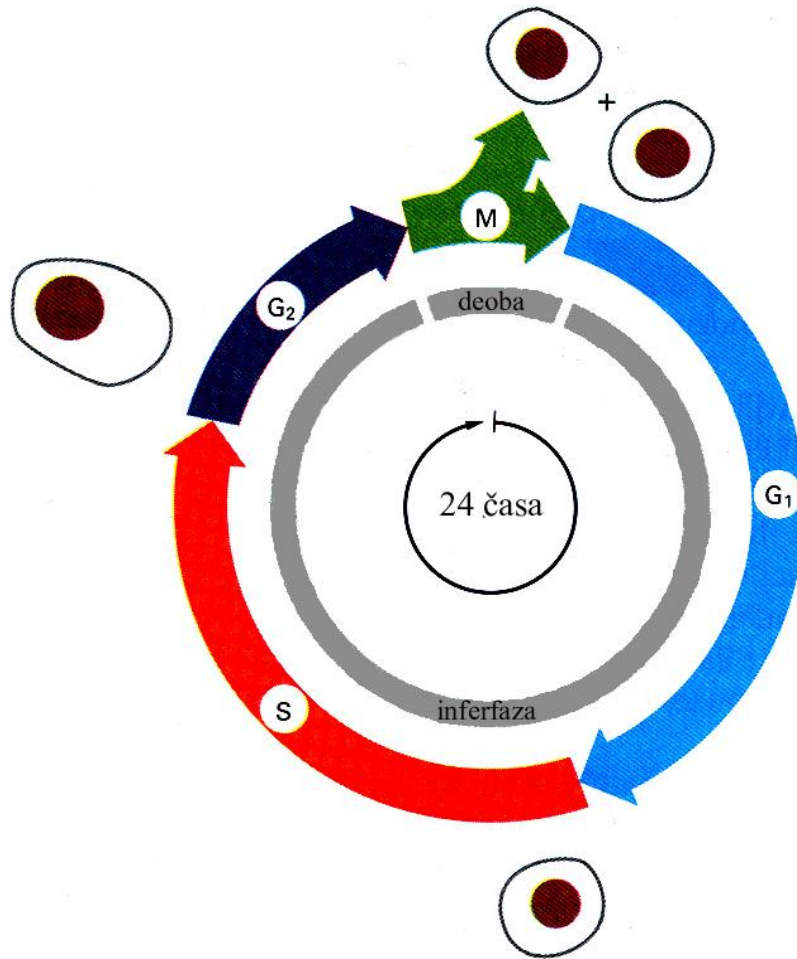
- Veličina jedarceta zavisi od njegove aktivnosti u biosintezi ribozoma

Nestaje u profazi, kada se i razlaže



**ĆELIJSKI CIKLUS I
ĆELIJSKE DIOBE**

ĆELIJSKI CIKLUS



Periodi

Interfaza (priprema za diobu):

G₁ – presintetički period (11h)

S – period sinteze (8h)

G₂ – postsintetički period (4h)

Mitoza (1 h):

profaza

metafaza

anafaza

telofaza

+

citokineza

G₁ – period rasta; metabolički aktivna ćelija; sintetišu se RNK i protein, lipidi i ugljeni hidrati

S – replikacija DNK; sinteza histona; hromatinski materijal se duplira (hromozomi sa formiranim hromatidama);

G₂ – nastavak rasta ćelije; sinteza RNK i proteina diobnog vretena; umnožavanja centriola, dioba mitohondrija

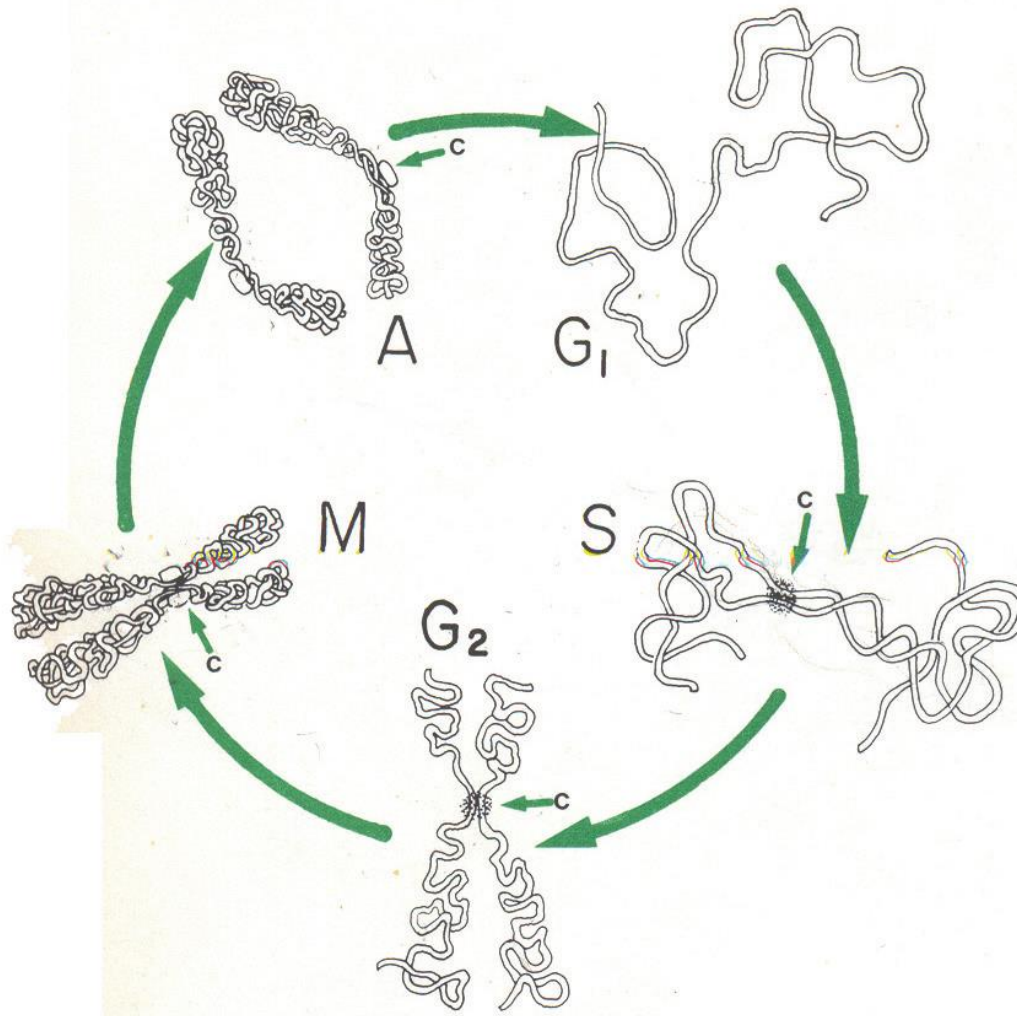
ĆELIJSKI CIKLUS

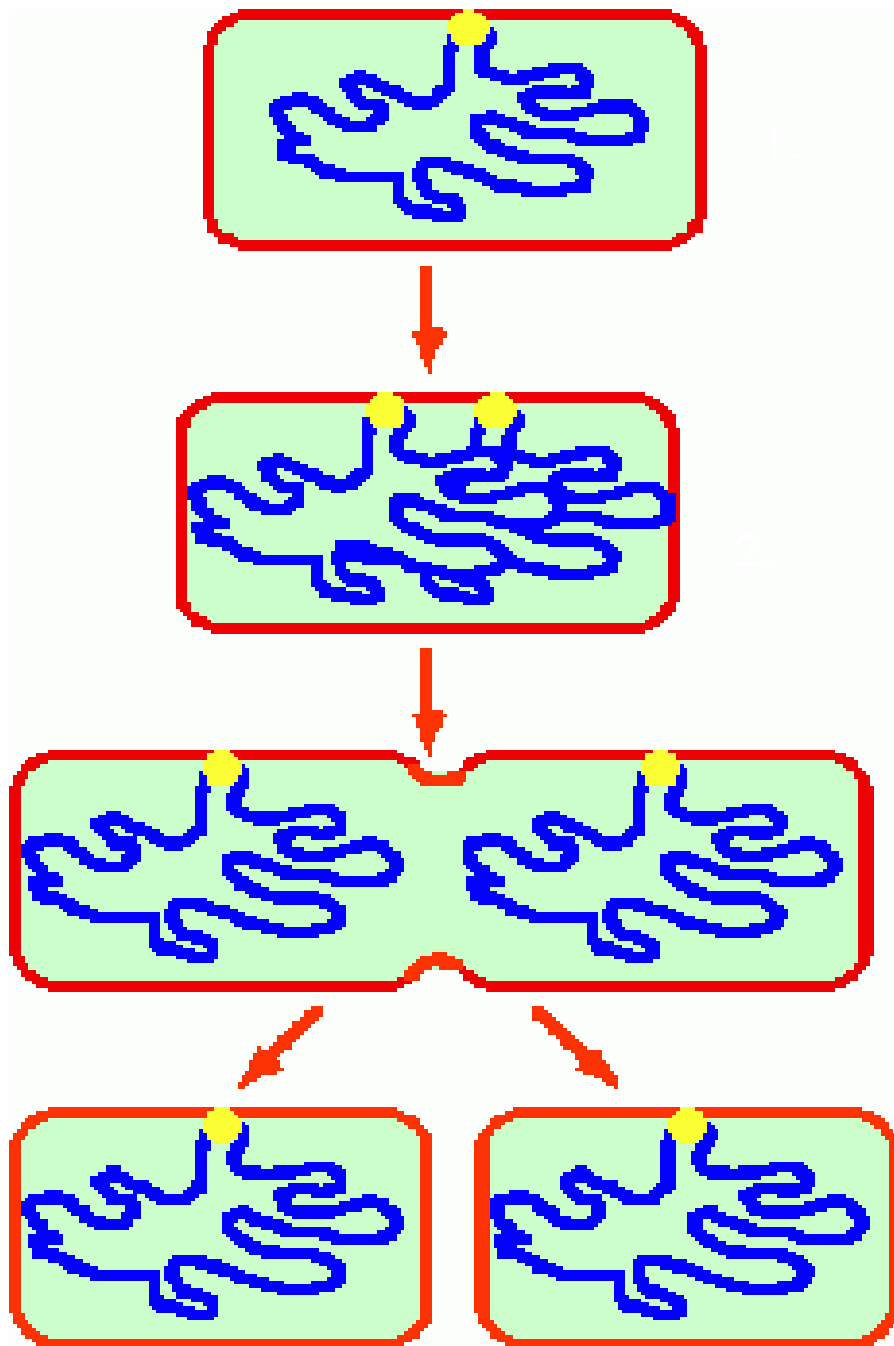
Dužina trajanja ćelijskog ciklusa zavisi od stepena diferenciranosti ćelije:

- **Ćelije koje nisu sposobne za diobu** (nervne ćelije, srčanog mišića, očnog sočiva)
- **Ćelije koje se dijele po potrebi** – nemaju G1 period (fibroblasti kože, epitelne, endotelne)
- **Ćelije koje se stalno dijele** (krvne, epitelne, digestivnog trakta)

- Dioba prokariotskih ćelija
 - **AMITOZA** – direktna dioba
- Diobe eukariotskih ćelija:
 - **MITOZA** – dioba telesnih ćelija (indirektna dioba)
 - **MEJOZA** – dioba kojom nastaju polne ćelije (redukciona dioba)

HROMOZOMI TOKOM ĆELIJSKOG CIKLUSA

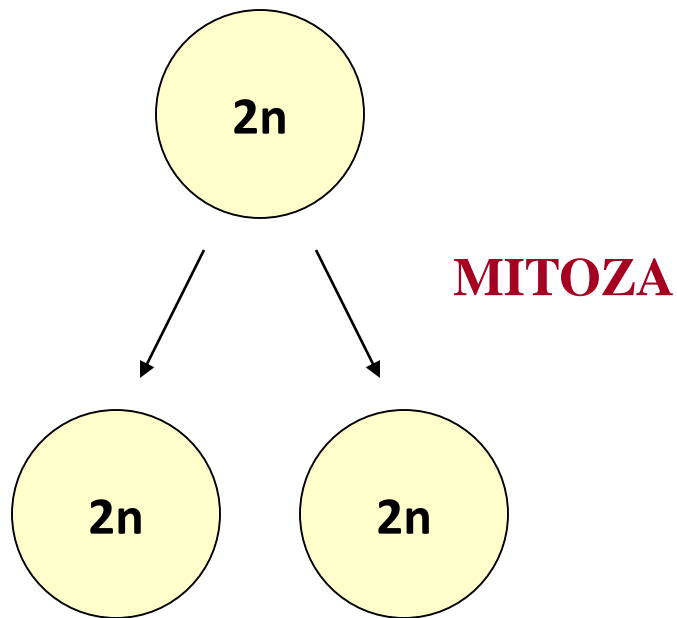




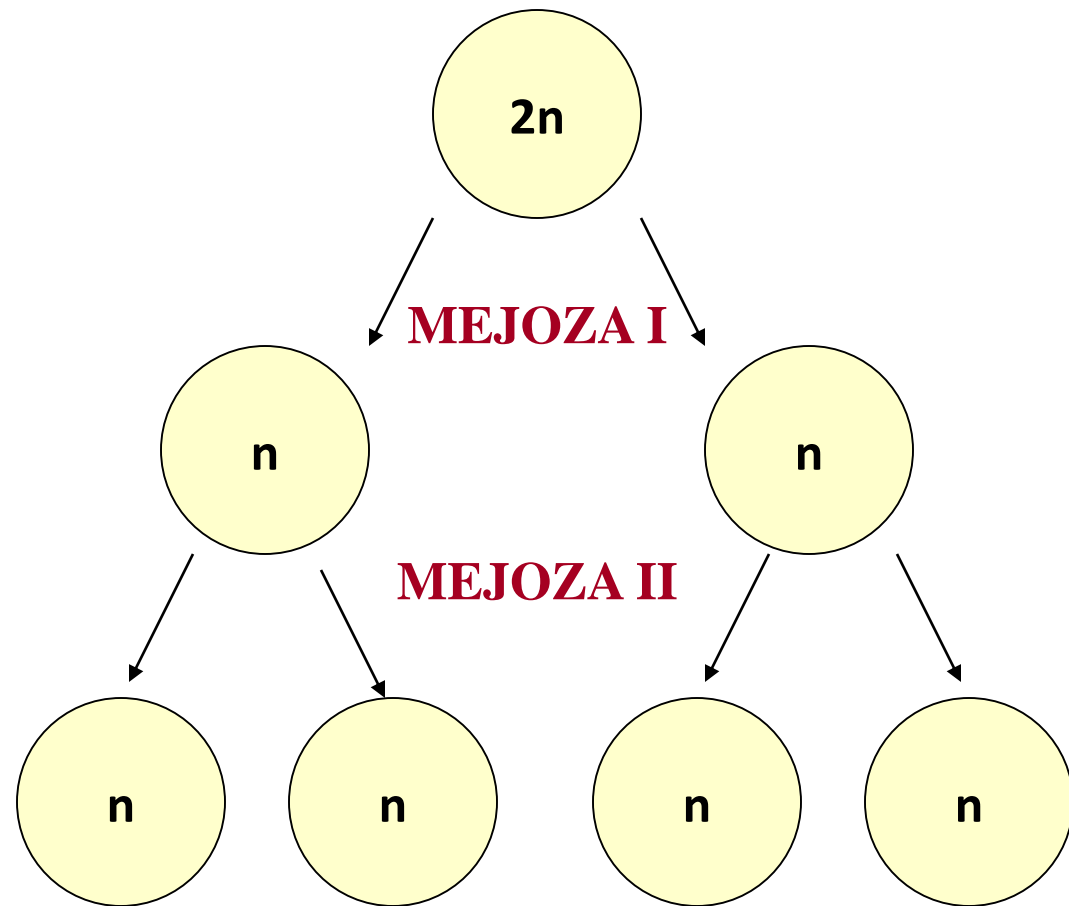
AMITOZA- FISIONA DIOBA

(direktna dioba)

Rezultat: 2 ćerke ćelije



**U MITOZI od jedne
diploidne ćelije nastaju 2
diploidne ćelije**

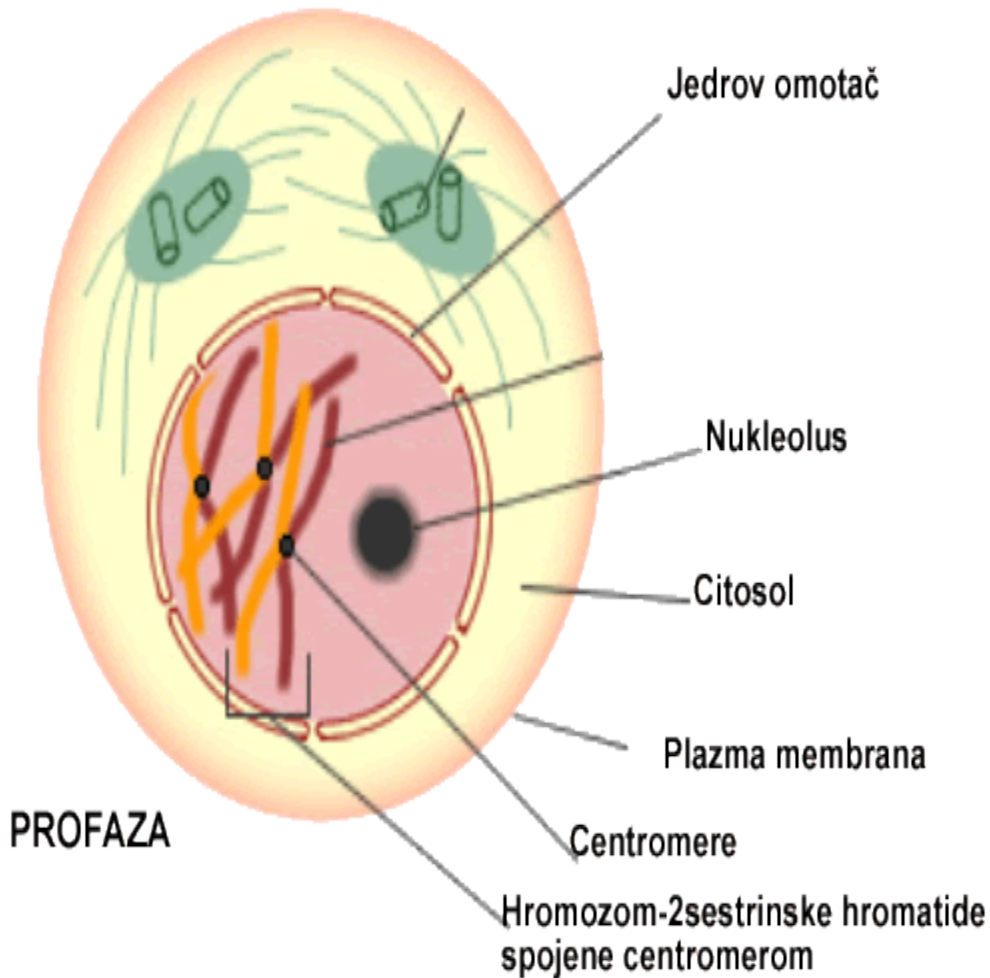


**U MEJOZI od jedne
diploidne ćelije nastaju 4
haploidne ćelije**

MITOZA

- **Dioba tjelesnih ćelija**
- **Sastoji se od:**
 - *Kariokineze* – diobe naslednog materijala
 - *Citokineze* – diobe citoplazme
- **Faze kariokineze su: *profaza, metafaza, anafaza i telofaza***

RANA PROFAZA

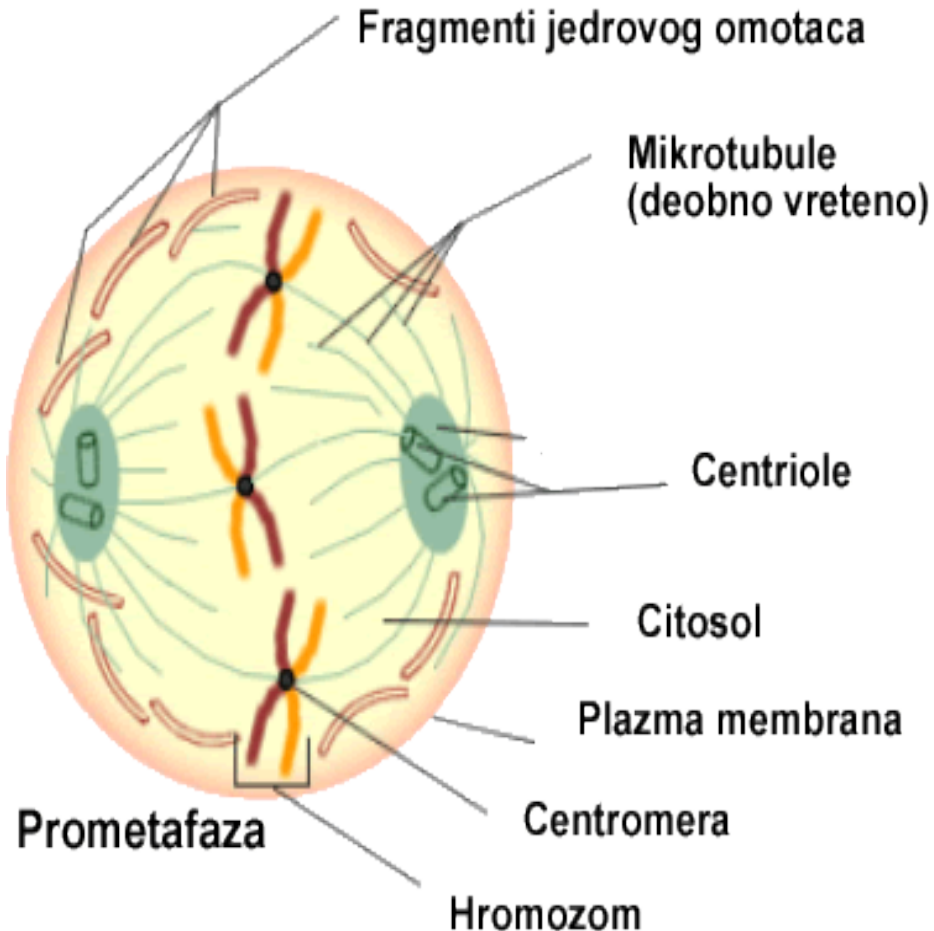


➤ kondenzovanje hromatina (svaki hromozom sastavljen je od 2 **hromatide** povezane **centromerom**)

➤ parovi centriola se razilaze i kreću ka suprotnim polovima ćelije

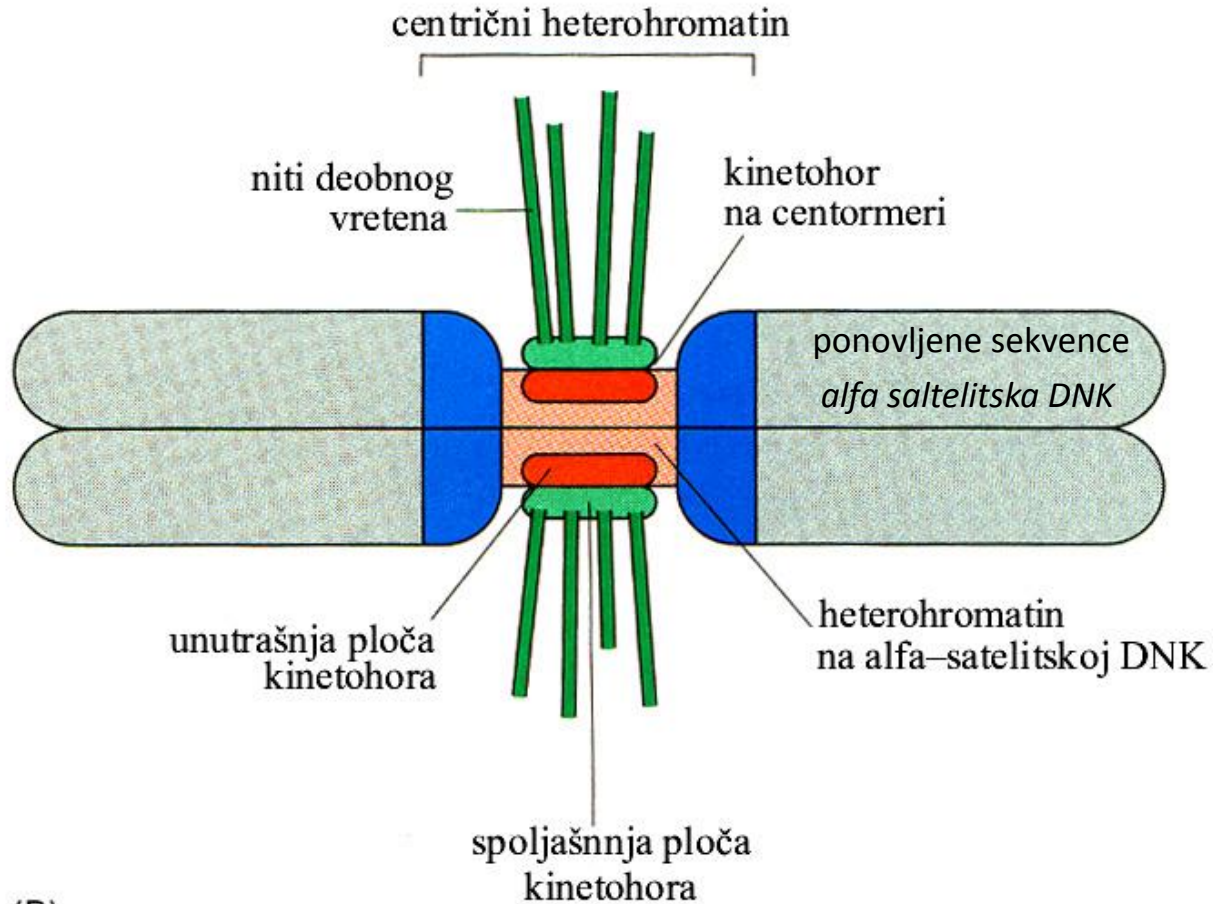
➤ počinje obrazovanje **diobnog vretena**

KASNA PROFAZA



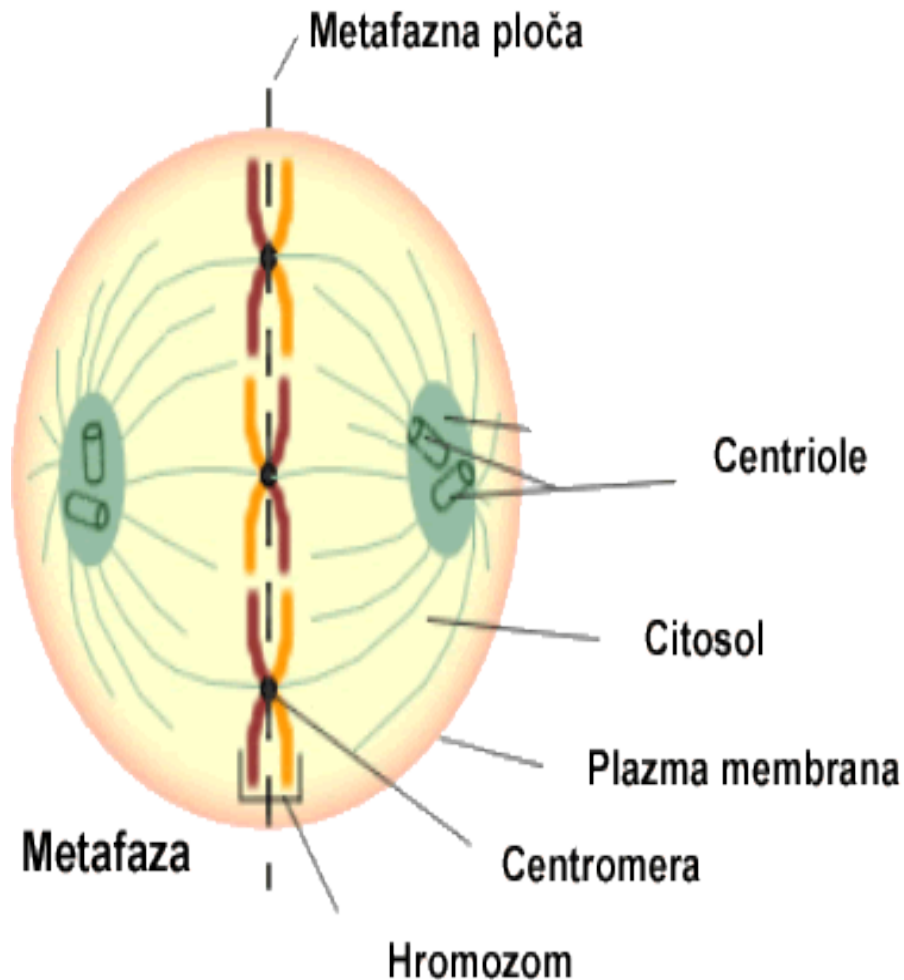
- jedrova membrana se dezintegriše, nestaje jedarce
- mikrotubule diobnog vretena vezuju se za **kinetohore** u oblasti centromere
- profaza čini 60% ukupne mitoze

KINETOHOR



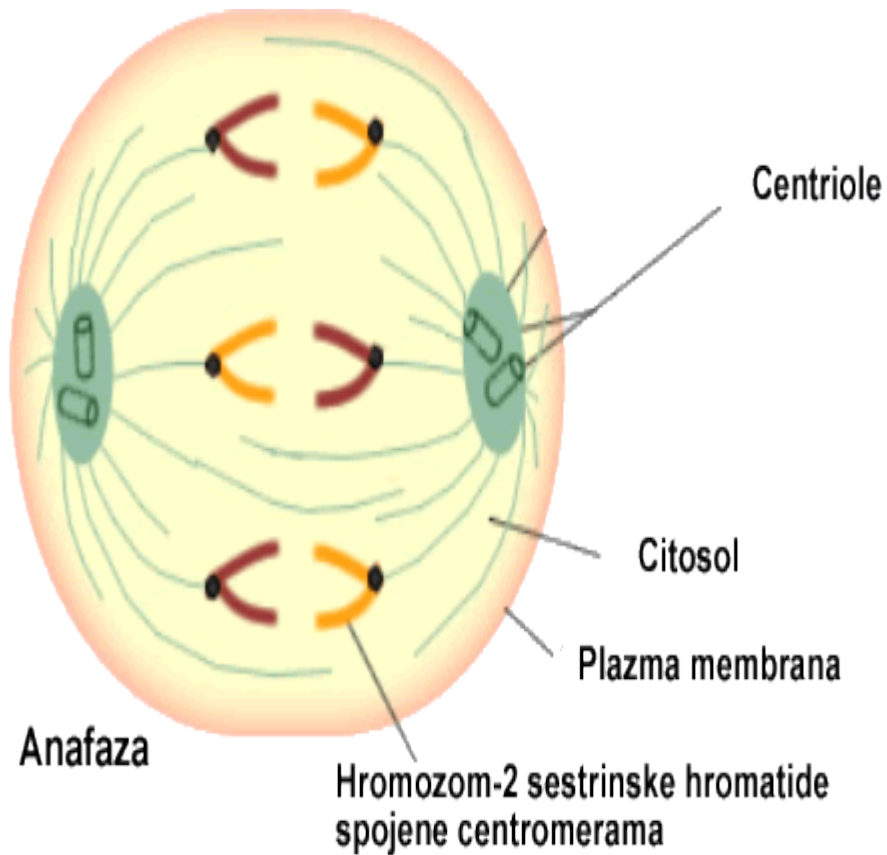
(B)

METAFAZA



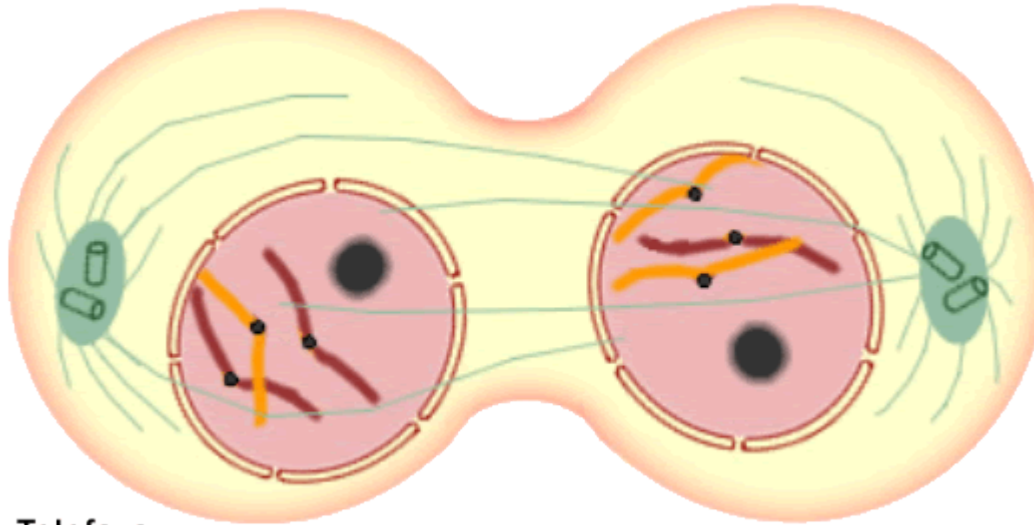
- diobno vreteno je potpuno formirano
- hromozomi se raspoređuju u ekvatorsku ravan
- centromere su na sredini između polova
- kraci hromozoma upravljani prema polovima
- Traje svega nekoliko minuta

ANAFAZA



- skraćivanje kinetohornih niti diobnog vretena (depolimerizacija mikrotubula)
- hromatide hromozoma se razdvajaju i kreću ka suprotnim polovima ćelije
- traje nekoliko minuta
- Metafaza i anafaza – 5% mitoze

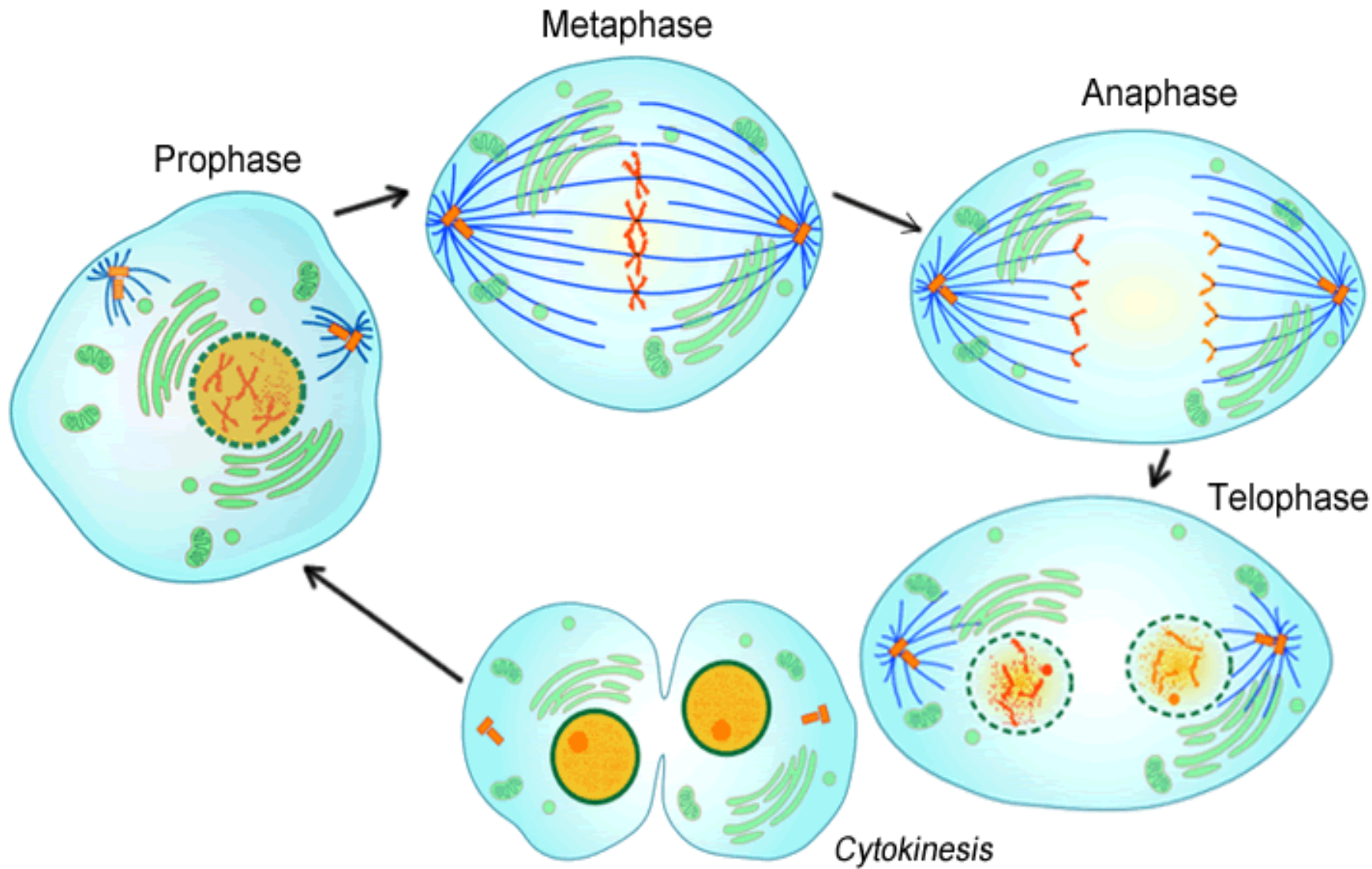
TELOFAZA i citokineza



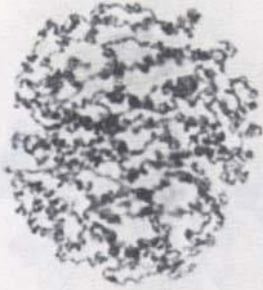
Telofaza

- Podijeljeni hromozomi su na polovima ćelije
- Hromozomi se despiralizuju
- na svakom polu ćelije formira se jedrova membrana i jedarce
- Citoplazma se dijeli
- Trajanje 30% mitoze

MITOZA



MITOZA



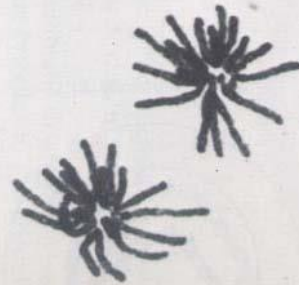
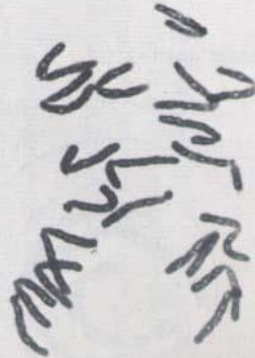
profaza



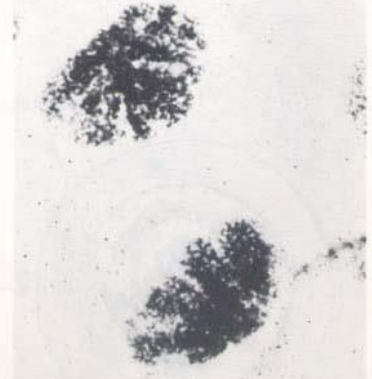
metafaza

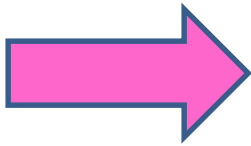


anafaza



telofaza





MEJOZA

➤ Mejozom nastaju polne ćelije – gameti

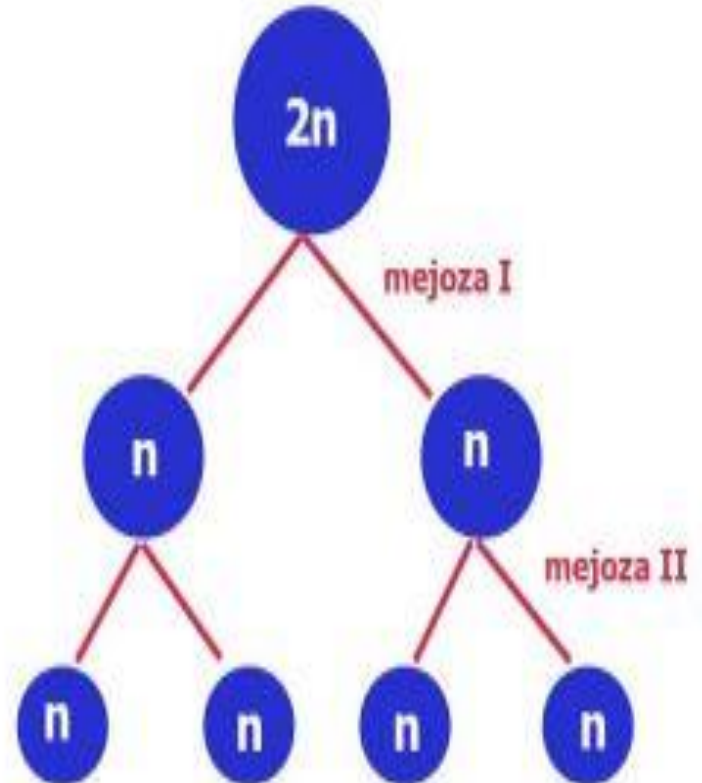
➤ **MEJOZA** obuhvata 2 diobe:

❖ **mejozu I** (redukcionu diobu)
mejoza II



Rezultat ovih dviju dioba :

1. Redukcija broja hromozoma
2. Rekombinacije gena
3. Redukcija količine DNK



MEJOZA

➤ Redukciona dioba

➤ odvija se u organizmima sa seksualnom reprodukcijom (pri formiranju polnih ćelija)

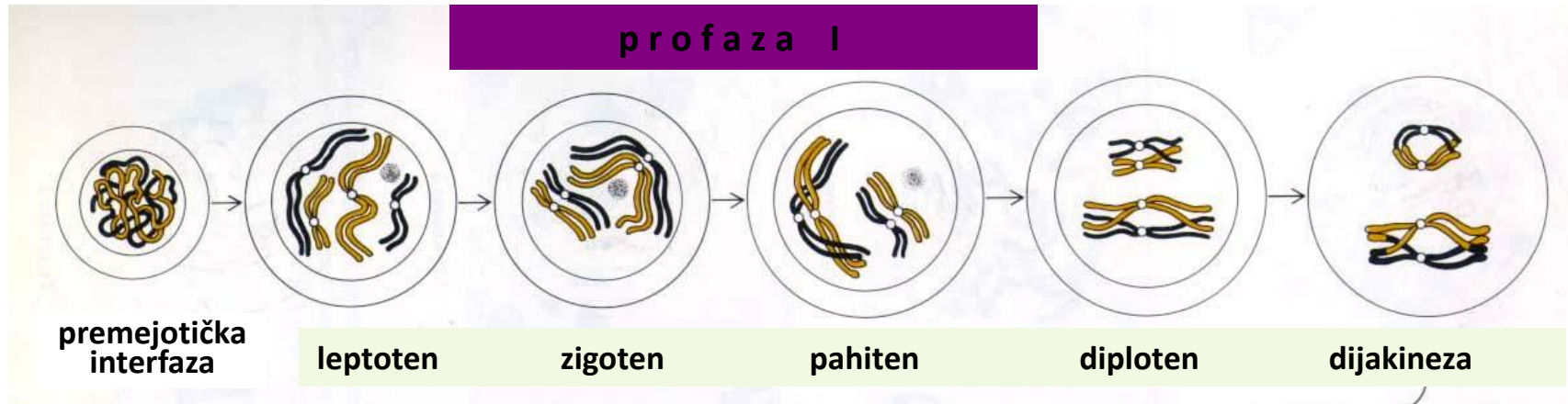
➤ **Rezultat:** 4 ćerke ćelije sa n brojem hromozoma

Mitoza ≠ Mejoza

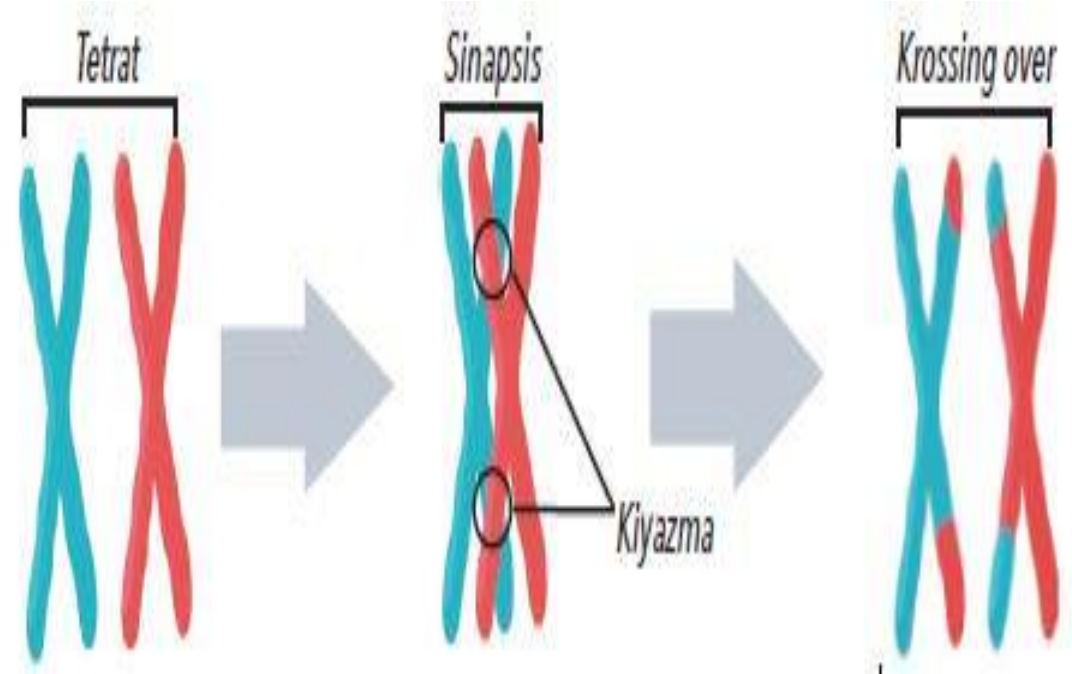
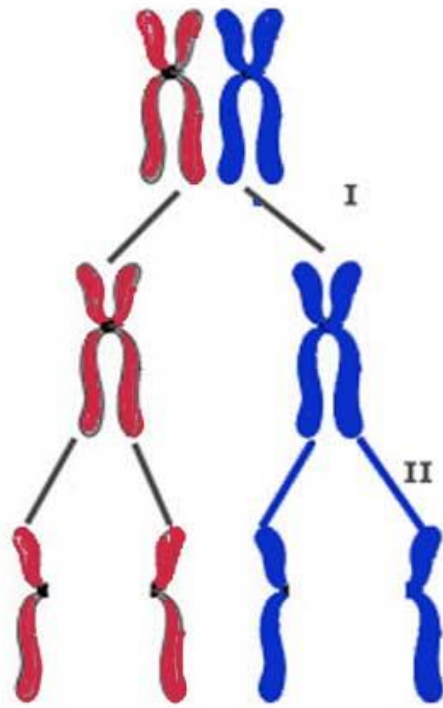
Genomi novonastalih ćelija razlikuju se od genoma majke ćelije budući da u toku mejoze i dolazi do razmjene gena (*crossing over*)

➤ Postoji samo jedna replikacija DNK i sinteza proteina (prije prve mejotičke diobe)

MEJOZA I - profaza

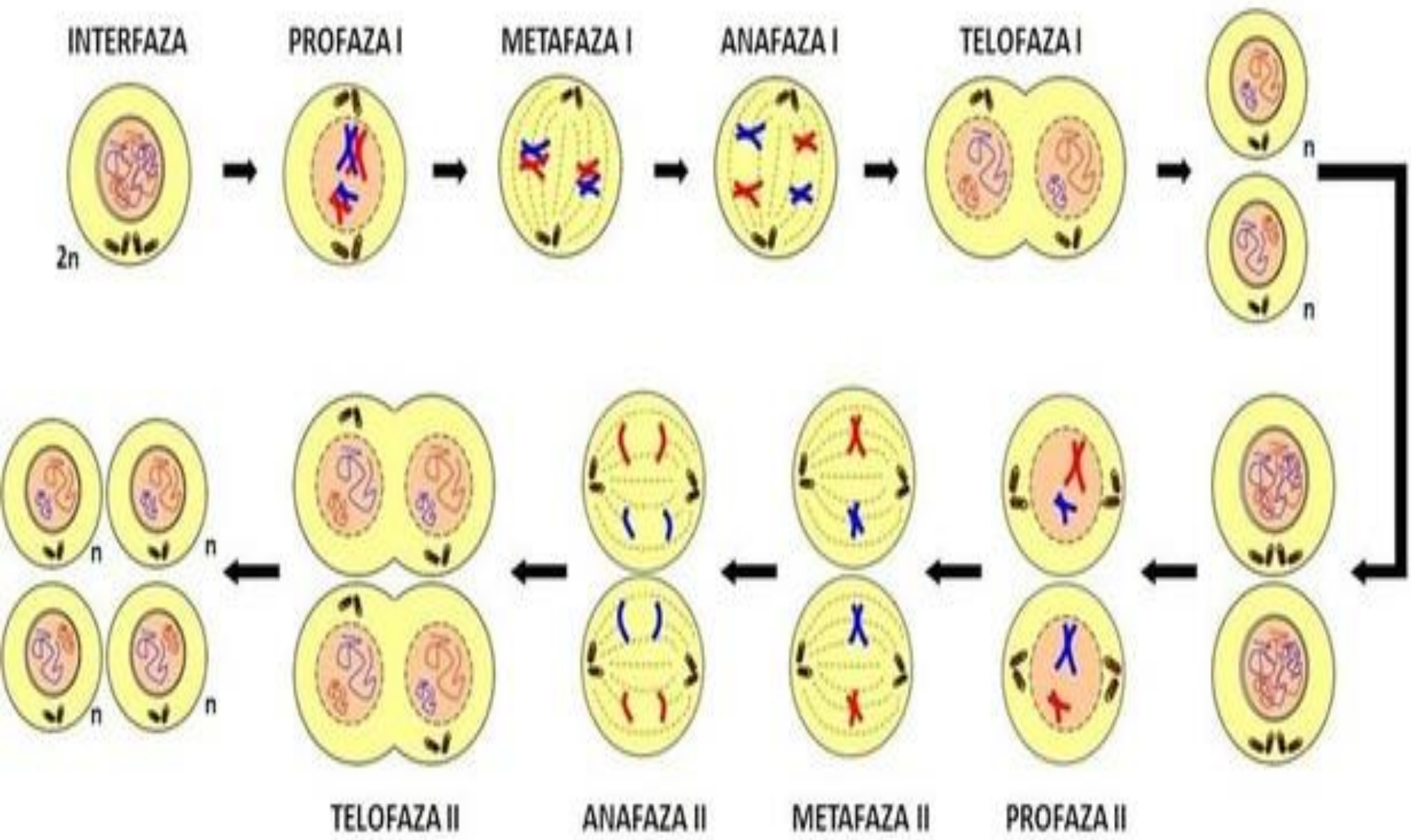


- Trajanje – 90% ukupne mejoze
- **Leptoten**: spiralizacija hromatinskih niti; sastoje se od hromatida i vezani su za nukleusni ovoj
- **Zigoten**: Sparivanje niti homologih hromozoma oba roditelja (**sinapsis**) – nastaju **bivalenti**
- **Pahiten**: pojavljuju se rekombinacioni čvorovi koji su mjesta krosing overa nesestrinskih hromatida; **hijazma** – mjesto ukrštanja
- **Diploten**: Razlaganje sinaptonemalnog kompleksa; homologe hromozome u bivalentu se razdvajaju u određenoj mjeri
- **Dijakineza**: hromozomi se kondenzuju, odvajaju se od nukleusnog ovoja; sestrične hromatide vezane centomerama, a nesestrinske hijazmama



Par homologih hromozoma (*crveni* majčin, *plavi* očev) u **mejozi I** se **razdvaja**, svaka nova ćelija dobija **po jedan hromozom**; u **mejozi II** se hromozomi dele uzdužno na hromatide, svaka nova ćelija dobija po jednu hromatidu

MEJOZA I



MEJOZA II

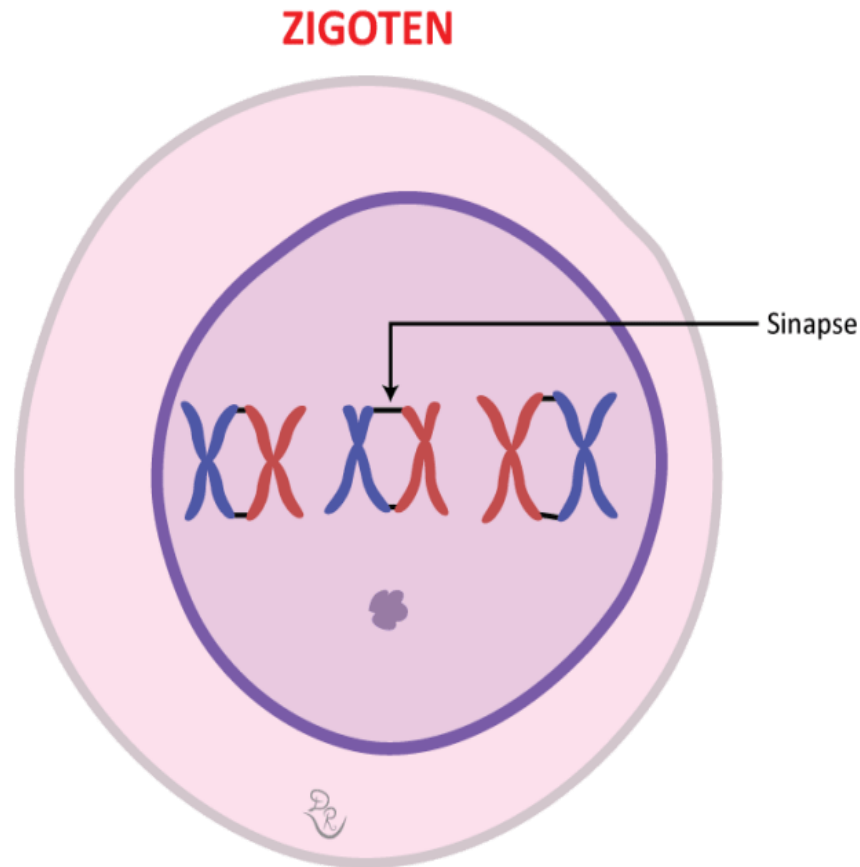
- **Leptoten** – u ovoj fazi započinje kondenzovanje hromozoma, pa se oni uočavaju kao končaste tvorevine koje su svojim krajevima vezane za jedrovu membranu.

LEPTOTEN



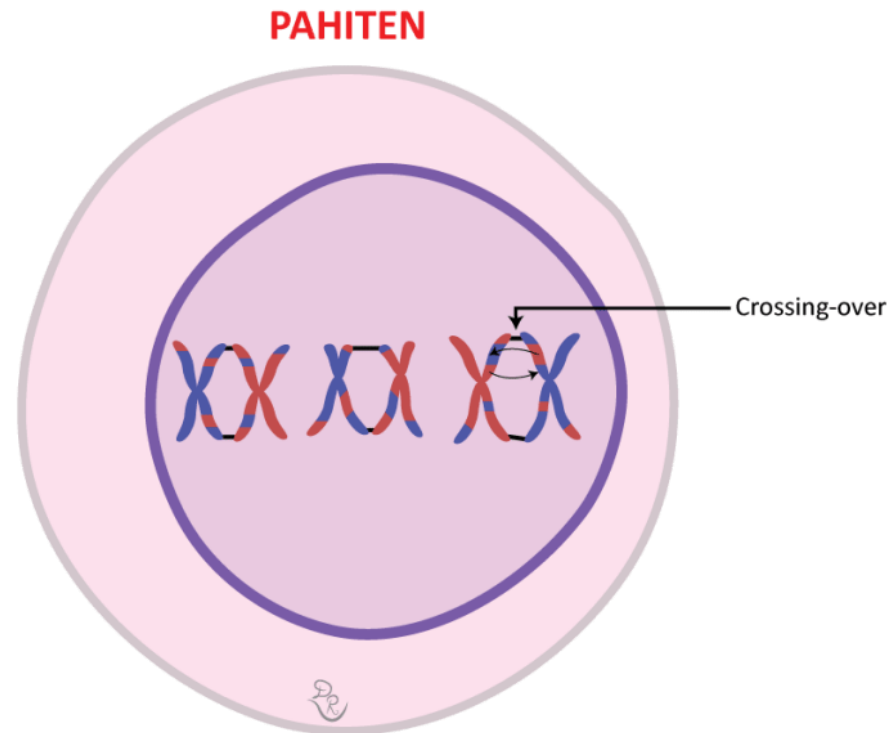
Kondenzovani hromozomi se uočavaju kao vrpce koje su jednim delom privezane za jedrovu membranu.

- **Zigoten** – u ovoj fazi dolazi do povezivanja homologih hromozoma pomoću sinapsi. Par homologih hromozoma se naziva **bivalent** ili **tetrada**



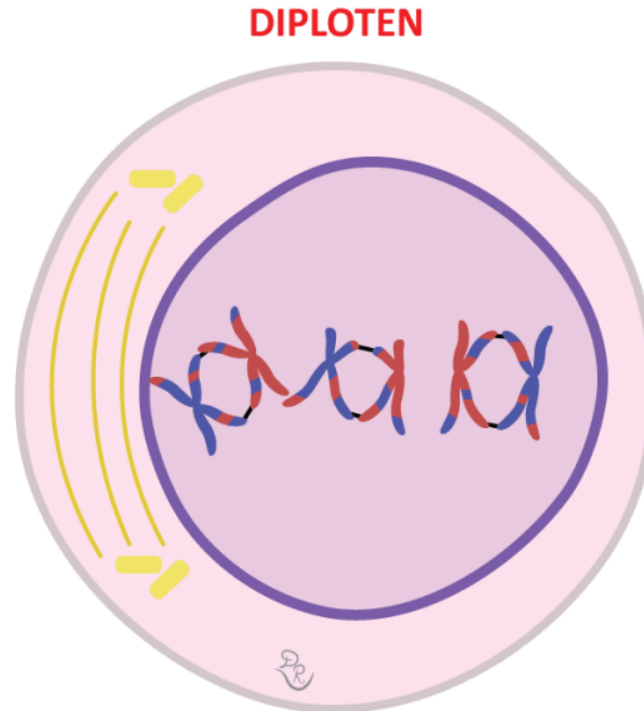
Homologi hromozomi se povezuju pomoću sinapsi. Ove strukture se zovu **bivalenti** tj. **tetrade**.

- **Pahiten** – dolazi do razmene genetskog materijala između neseestrinskih hromatida homologih hromozoma. Ovo se naziva *crossing-over* i posle ovog procesa, sestrinske hromatide nisu više identične. Ovo je izuzetno bitan proces i jedan je od razloga nastanka jedinstvenosti nove jedinke



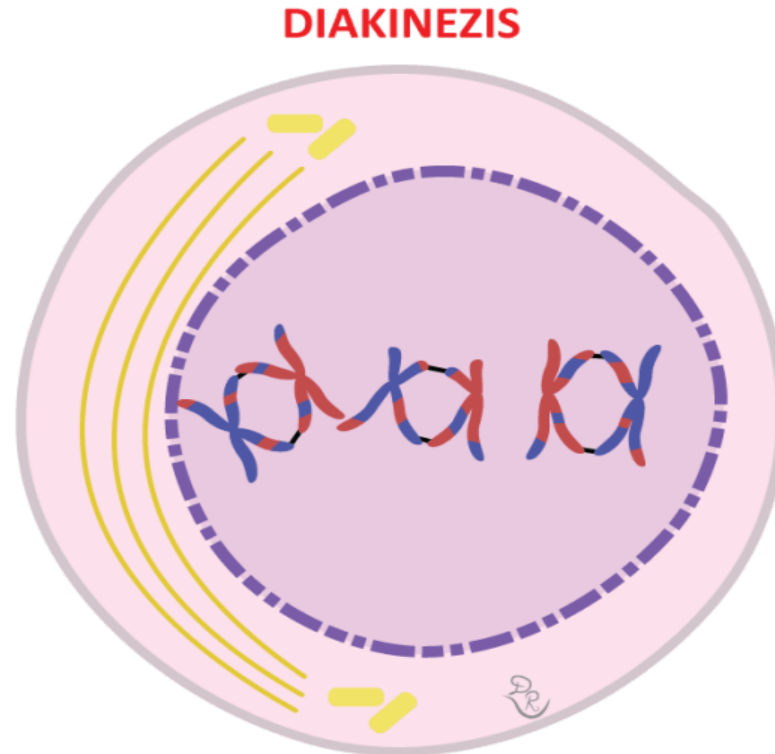
Dolazi do razmene gena između neseestrinskih hromatida homologih hromozoma. Ovaj proces se naziva *crossing-over*

- **Diploten** – hromozomi se polako odvajaju, ali ostaju spojeni na mestima gde je izvršen crossing-over i ta mesta se nazivaju **hijazme**



Hromozomi se odvajaju ali ostaju međusobno povezani preko prethodno formiranih sinapsi

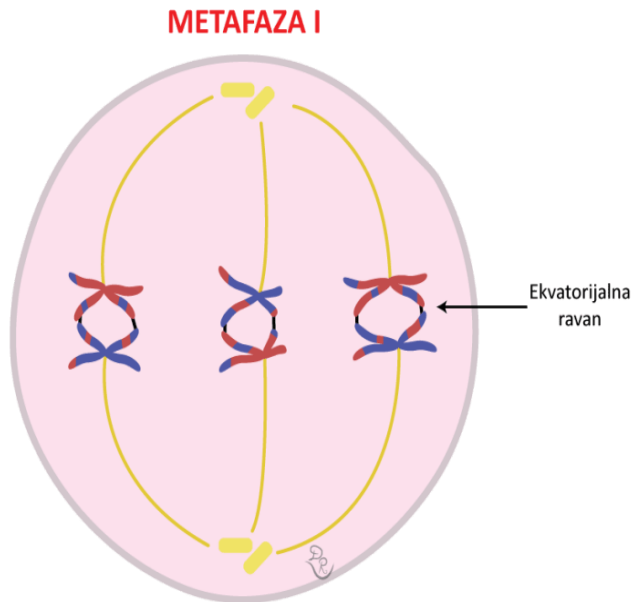
- **Diakinezis** – iščezava jedrova ovojnica i jedarce. Takođe se centrioli postavljaju ka polovima ćelija i formiraju niti deobnog vretena



Dezintegracija jedrove opne i jedarceta sa formiranjem astera i niti deobnog vretena.

➤ Metafaza I

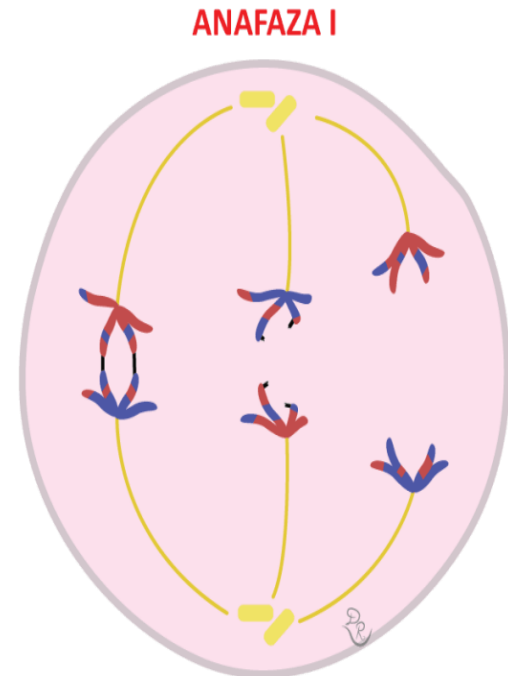
U metafazi I, formiraju se deobno vreteno i mikrotubuli deobnog vretena se vezuju za centromere hromozoma. **Za razliku od mitoze, u kojoj su na ekvatoru pojedinačni hromozomi, u mejozi ekvatorijalnu ravan formiraju parovi hromozoma.**
(međusobno povezani preko hijazmi)



Tetrade su na sredini, formirajući ekvatorijalnu ravan

➤ Anafaza I

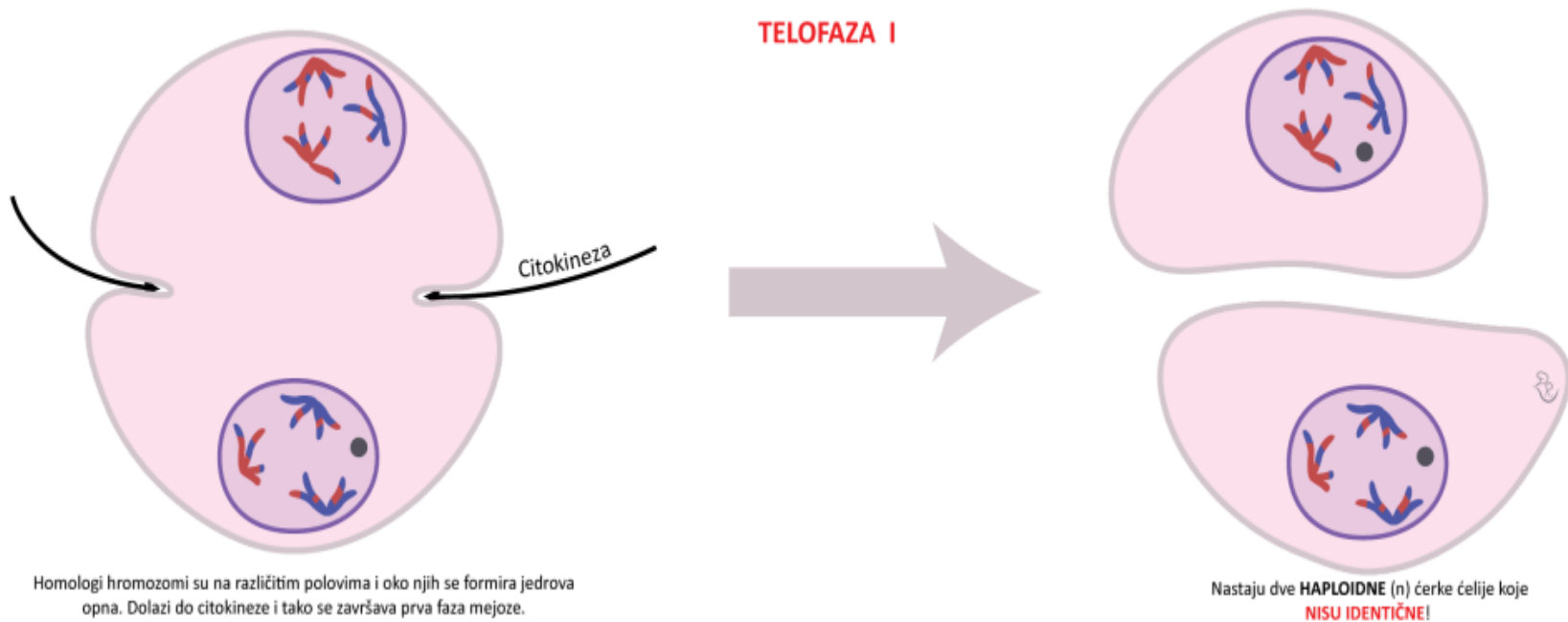
U anafazi I, dolazi do skraćivanja niti deobnog vretena i to indukuje povlačenje hromozoma ka suprotnim polovima ćelije; **Hijazme pucaju** te dolazi do potpunog razdvajanja homologih hromozoma.



Skraćivanjem niti deobnog vretena, hromozomi se odvajaju i to dovodi do pucanja sinapsi. Po jedan homologi hromozom, sa 2 molekula DNK (2 hromatide) odlazi ka suprotnim polovima.

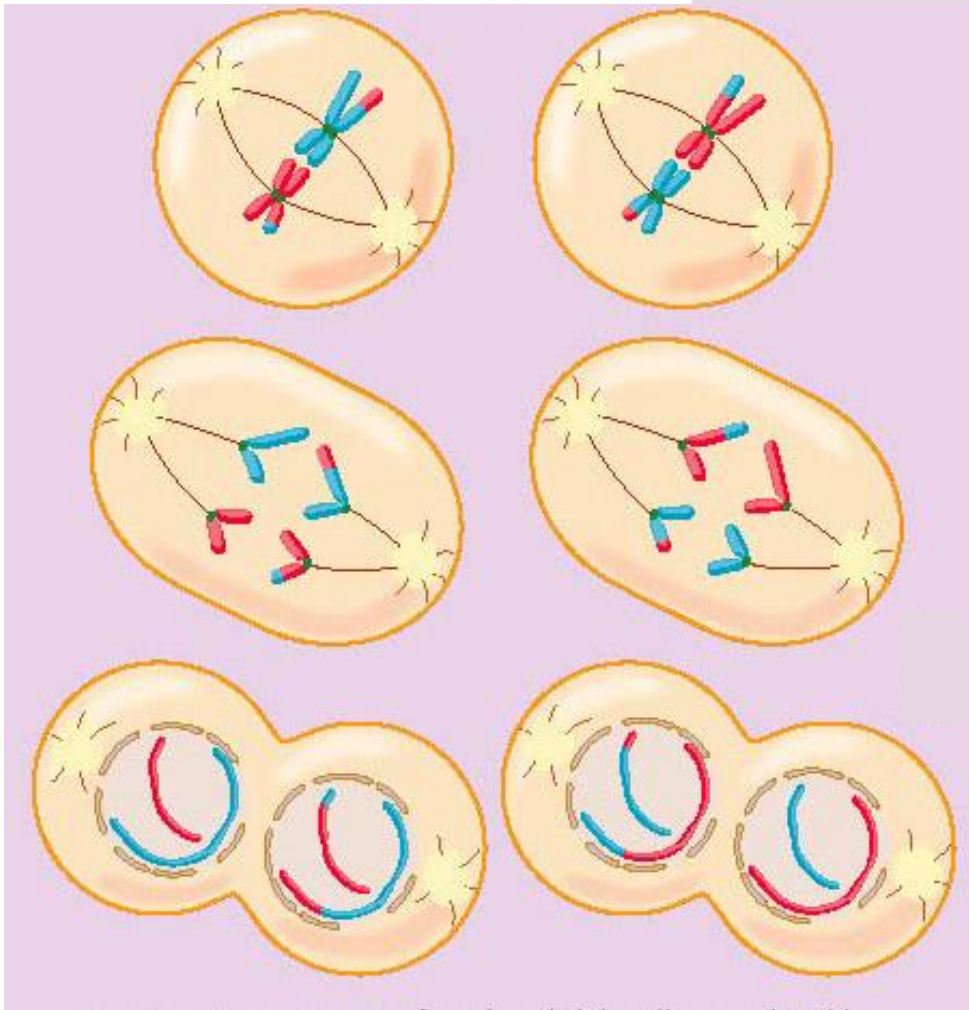
➤ Telofaza I

Telofaza I je završna faza u kojoj dolazi do potpune deobe ćelija, dekondezencija hromozoma i formiranja jedrove ovojnice.



MEJOZA II

Haploidne
ćelije ($n=2$)



Rezultat: 4 haploidne ćelije ($n=2$)

Profaza II:

Nestaju jedarce i nukleusni ovoj; obrazovanje diobnog vretena. Hromatide nisu tijesno povezane već labavo što je posledica krosing overa u profazi mejoze I

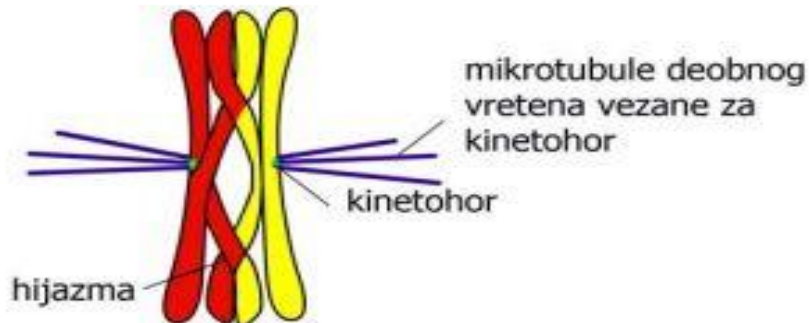
Metafaza II: hromozomi u ekvatorijalnoj ravni

Anafaza II: kretanje **hromatida** ka suprotnim polovima

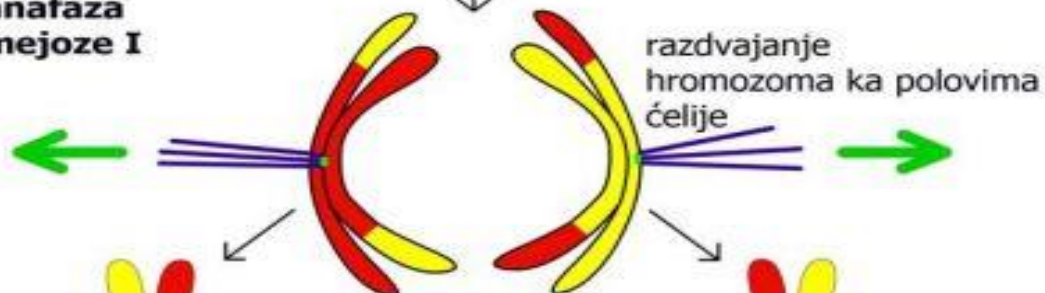
Telofaza II: obrazovanje jedrove membrane, podjela citoplazme

KLJUČNE FAZE MEJOZE I i II

metafaza mejoze I



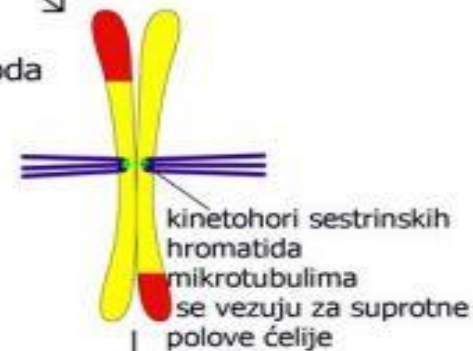
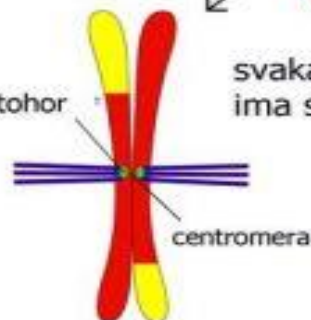
anafaza mejoze I



kinetohor

svaka sestrinska hromatoda
ima svoj kinetohor

metafaza mejoze II



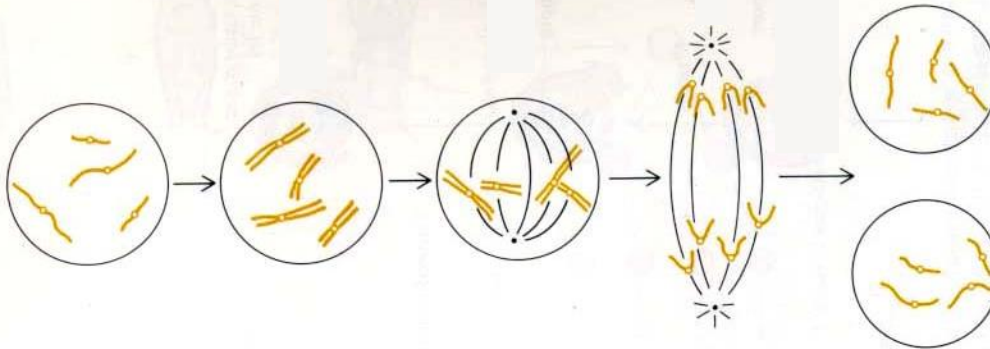
podela hromozoma na hromatide
i razdvajanje hromatida ka suprotnim
polovima ćelije

anafaza mejoze II

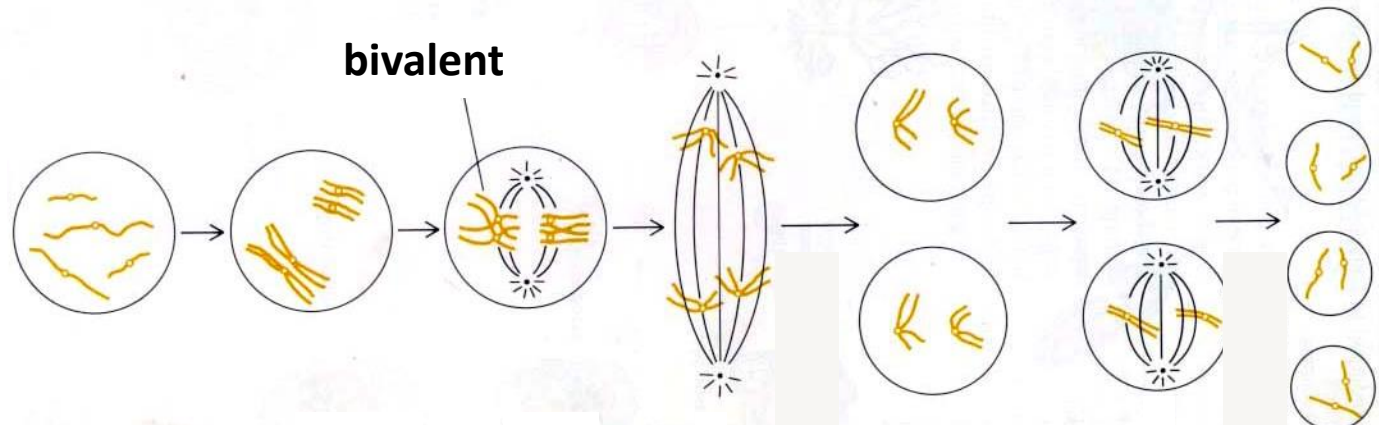


Uporedni prikaz mitotičke i mejotičke diobe

MITOZA



MEJOZA



mejoza I

mejoza II

STARENJE I SMRT (Nekroza) ČELIJE

Patološka smrt

Uzroci:

Hipoksija; izazvana fizičkim i hemijskim agensima; biološkim agensima; genetska oštećenja...

Promjene: na membrani; bubrenje ćelije; zaustavljaju se procesi sinteze; ćelije svoj sadržaj izlučuju u ekstraćelijski prostor izazivajući inflamaciju okolnih tkiva

Fiziološka smrt (apoptoza)

Normalan fiziološki proces koji ima za cilj da eliminiše oštećene ćelije i održi stalan broj ćelija, a predstavlja i odbrambeni sistem organizma