

STRUČNI SKUP ZA UČITELJE BIOLOGIJE
17. LIPNJA 2011.
O.Š. OTOK, SLOBOŠTINA

Stanične diobe – aktualne znanstvene spoznaje

Marijana Krsnik-Rasol, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Biološki odsjek

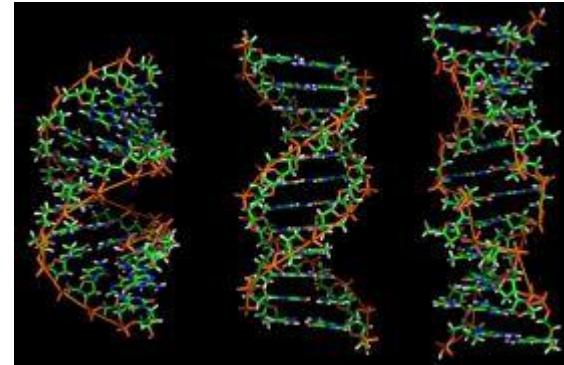
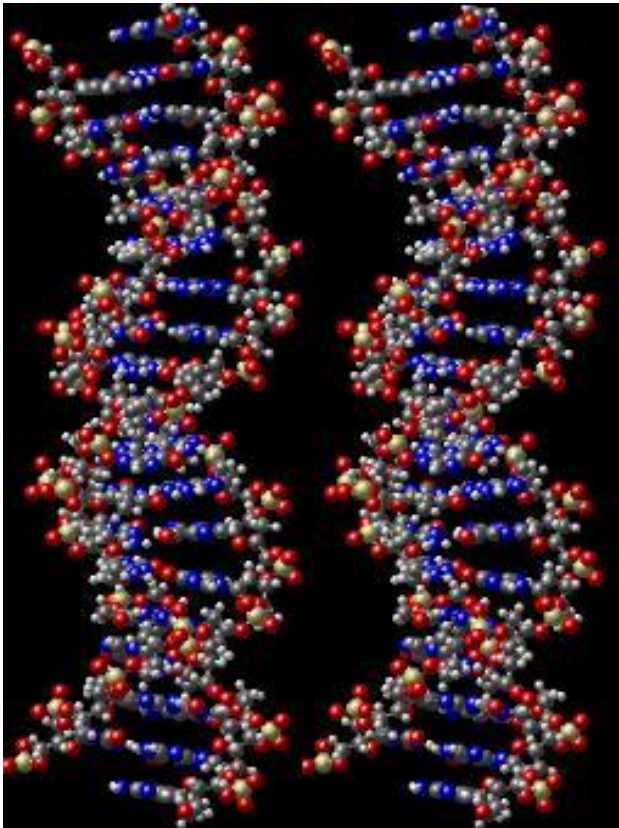
Sadržaj

- **Temeljni pojmovi u opisu živog sustava**
- **“Centralna dogma” u molekularnoj biologiji**
- **Replikacija DNA i njena raspodjela na stanice kćeri**
- **Organizacija i uloga stanične jezgre**
- **Od DNA do kromosoma**
- **Stanični ciklus i princip njegove kontrole (mitoza, interfaza)**
- **Mejoza (genetička rekombinacija i redukcija broja kromosoma)**
- **Zaključak**

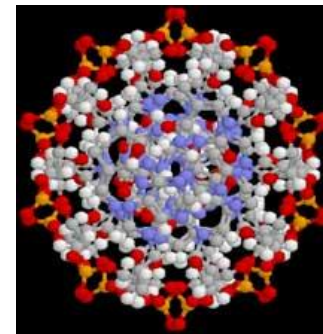
Zajednički principi života na Zemlji (4 ključne riječi u opisu živog sustava)

- Organizacija
- Metabolizam – izmjena tvari i energije
- **Nasljeđivanje i razmnožavanje**
- Evolucija

DNA – makromolekula od koje su izgrađeni geni – kemijska osnova nasljeđivanja

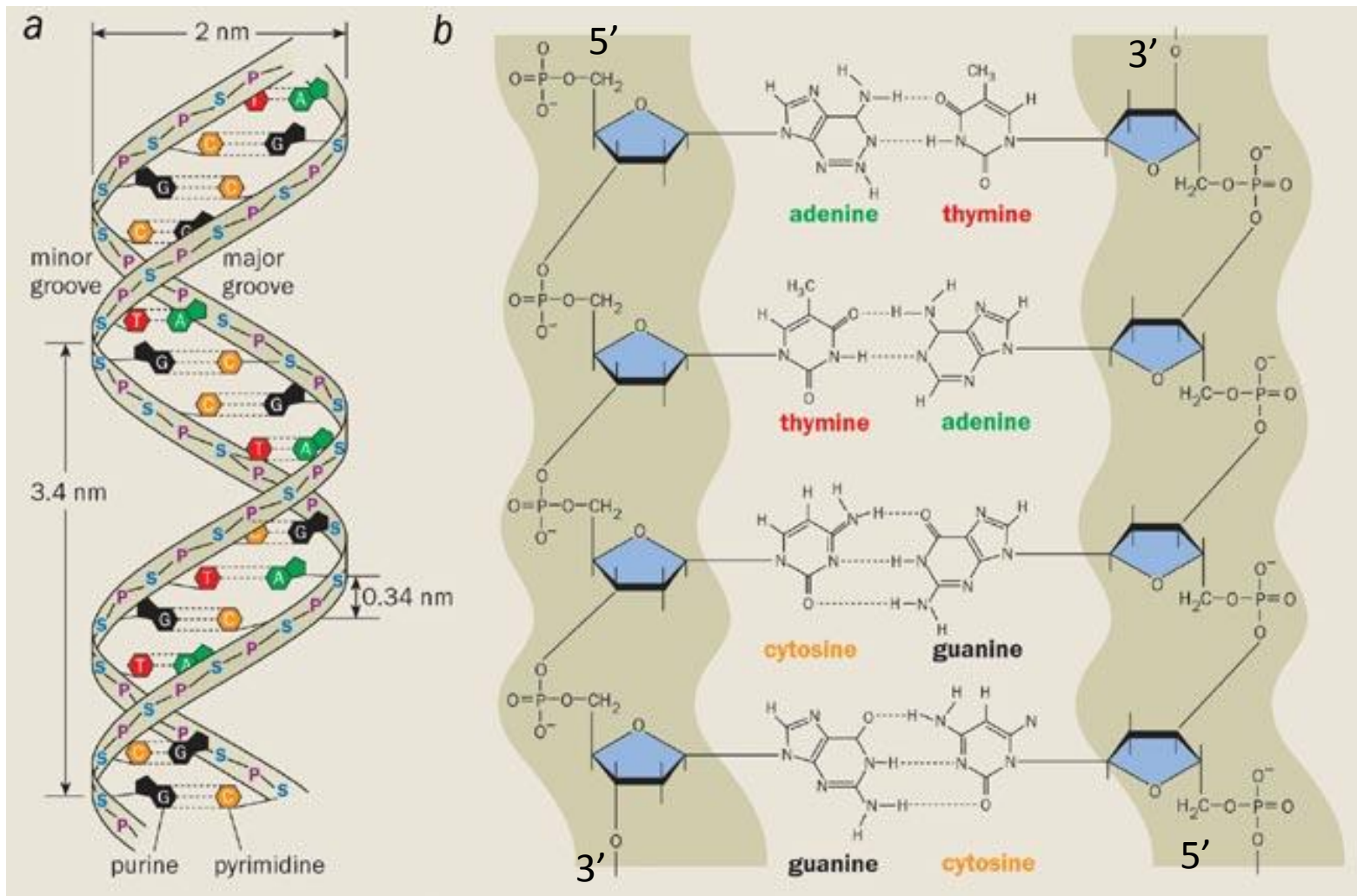


A-, B- i Z-DNA

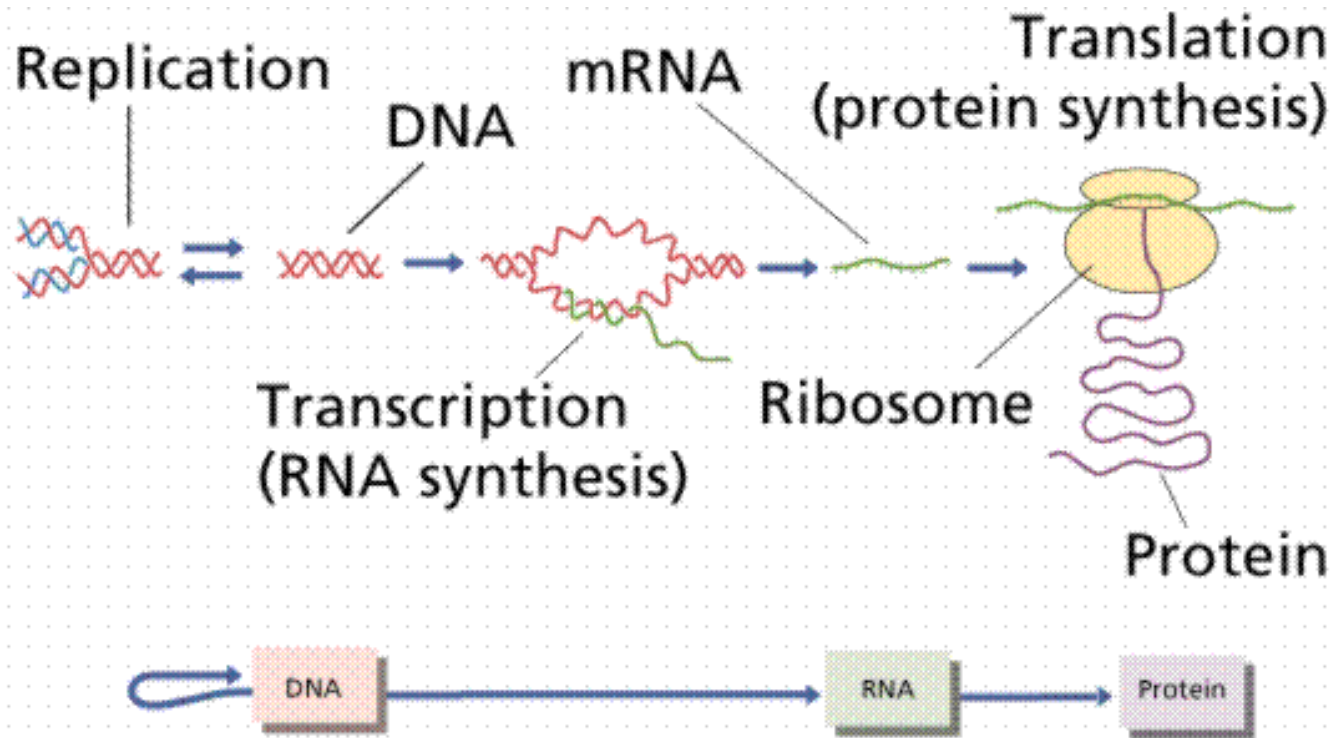


Model, koji prikazuje pogled na DNA od “vrha” molekule

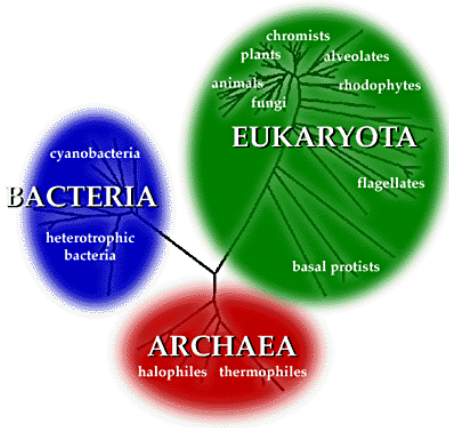
Polinukleotidni lanci u molekuli DNA su antiparalelni



Centralna dogma u molekularnoj biologiji ili temeljni princip života na Zemlji

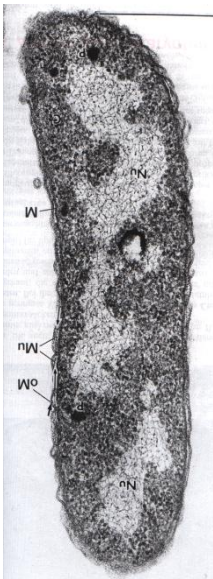


Genetička uputa pohranjena je u DNA, a ostvaruje se prepisivanjem (transkripcijom) na mRNA i prevođenjem (translacijom) s jezika nukleinskih kiselina na jezik proteina. Proteini su temeljne građevne i regulatorne molekule.

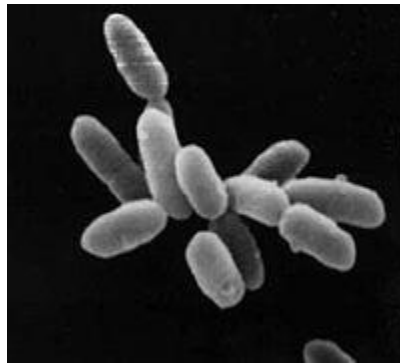


Zajedničko → genski zapis u DNA
Različito → organizacija prokariota i eukariota

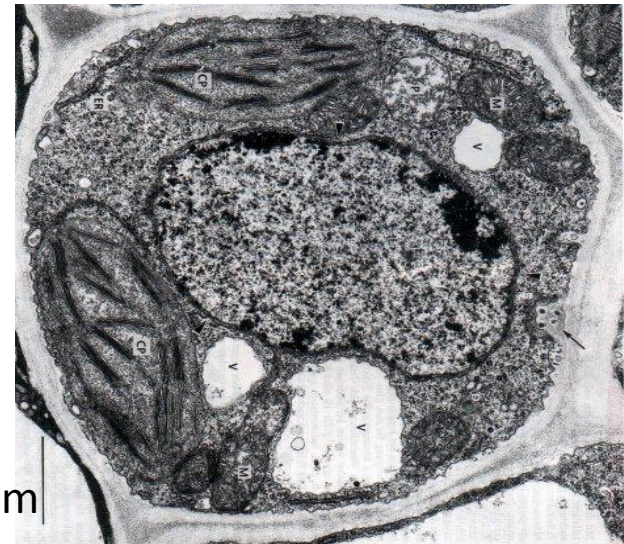
Tri domene u klasifikaciji živih bića (1990.)



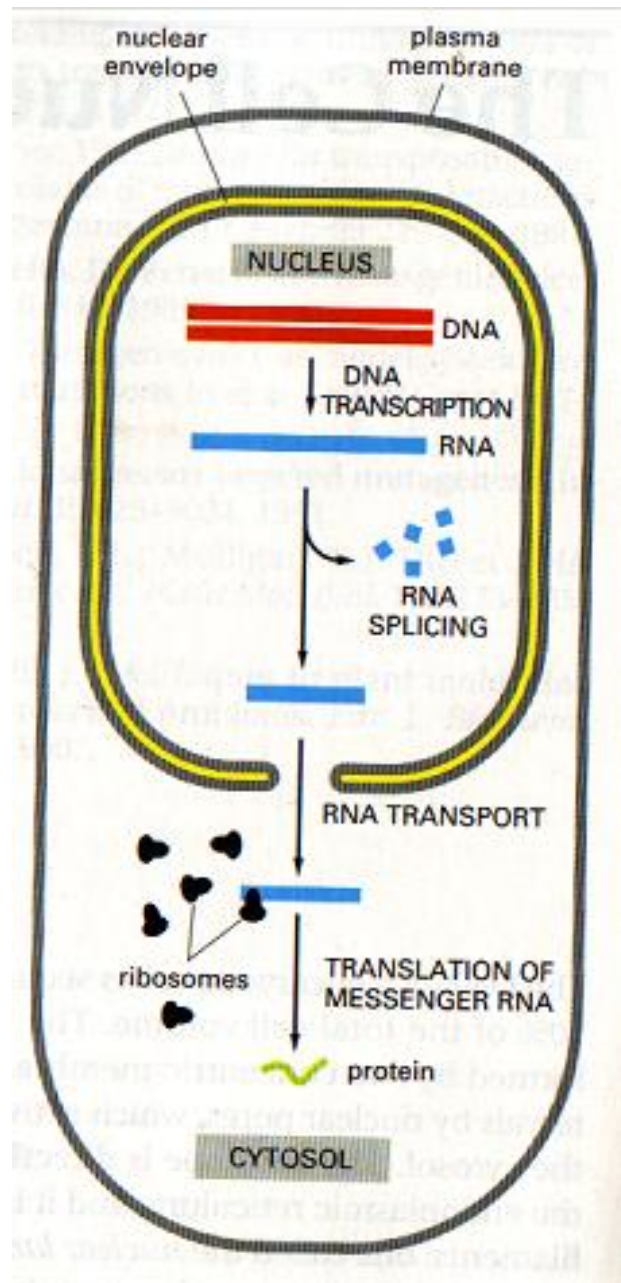
Arheja: *Halobacterium sp.*



Bakterija: *Echerichia coli*



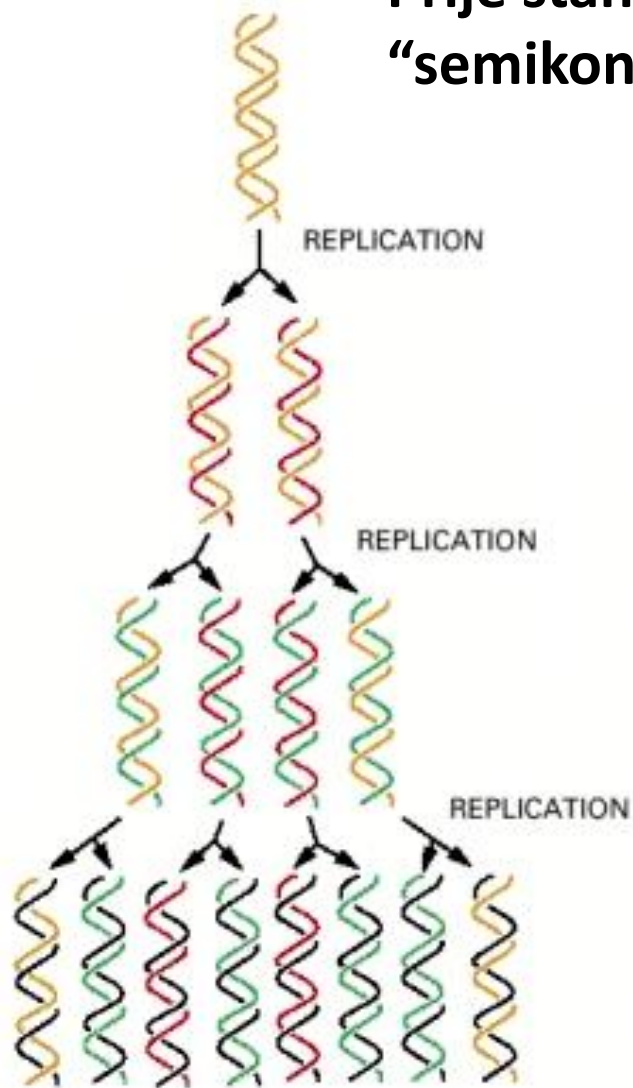
EM-snimka žljezdane stanice graha



Stanična jezgra

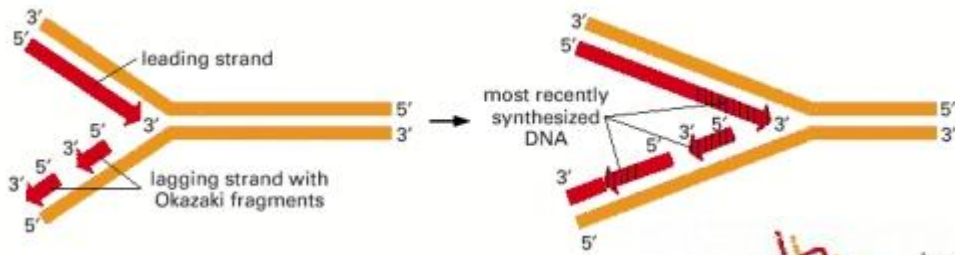
- **Genetička informacija (nasljedna uputa) u DNA**
- **Replikacija (udvostručenje) DNA**
- **Transkripcija (prepisivanje)**
- **RNA-obrađa (“RNA splicing”)**
- **Dioba (mitoza, mejoza)**

Prije stanične diobe udvostručuje se DNA na “semikonzervativan” način.



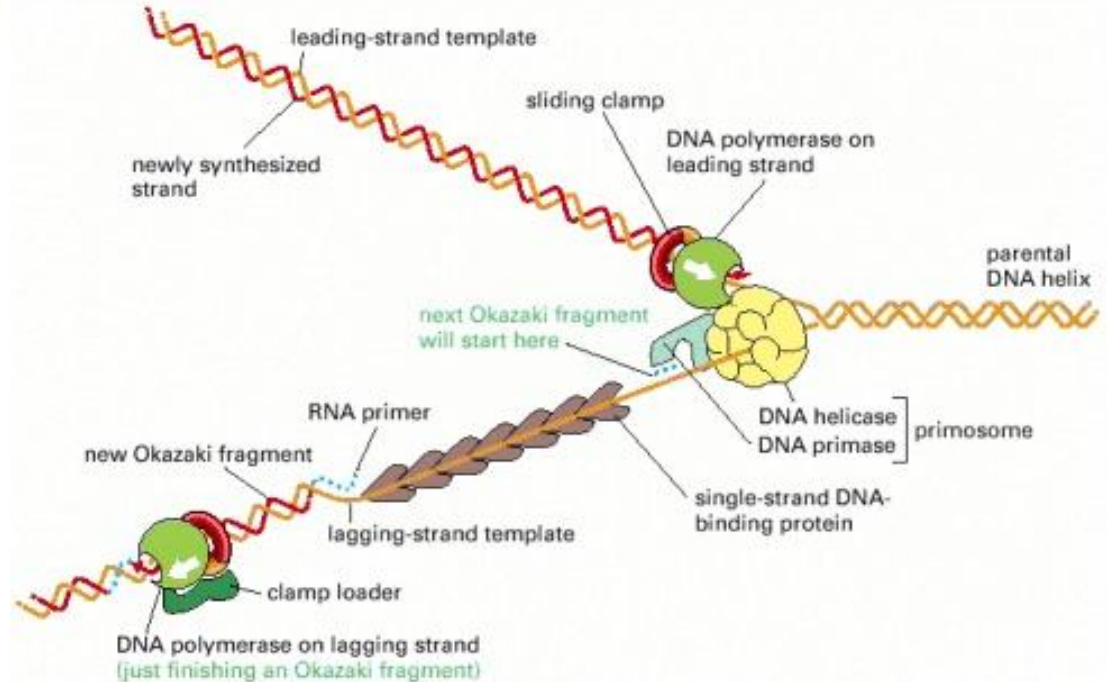
This diagram shows the molecular details of DNA replication. It depicts a replication fork where the double-stranded DNA is being unwound. The leading strand is synthesized continuously towards the fork, while the lagging strand is synthesized discontinuously away from the fork as Okazaki fragments. The diagram labels the 3' and 5' ends of the DNA strands. A legend identifies the components: "sugar" (yellow circle), "OH 3'" (red rectangle), "base" (green rectangle), and "5' triphosphate" (yellow circle).

Oprez! Kriva predodžba o replikaciji DNA



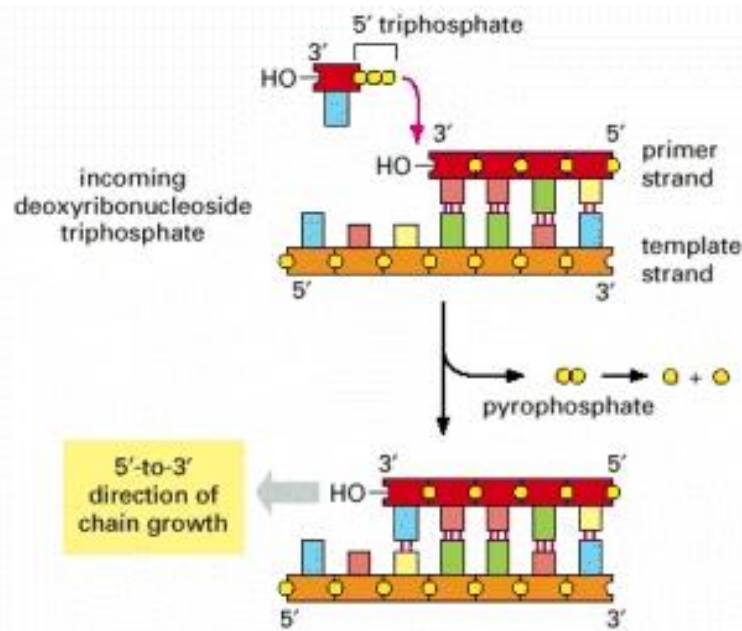
Struktura replikacijskih rašlji.

Budući da polimerizacija uvijek ide u smjeru 5'-3', na jednom lancu je sinteza kontinuirana, a na drugom se sintetiziraju komadići - Okazakijevi fragmenti

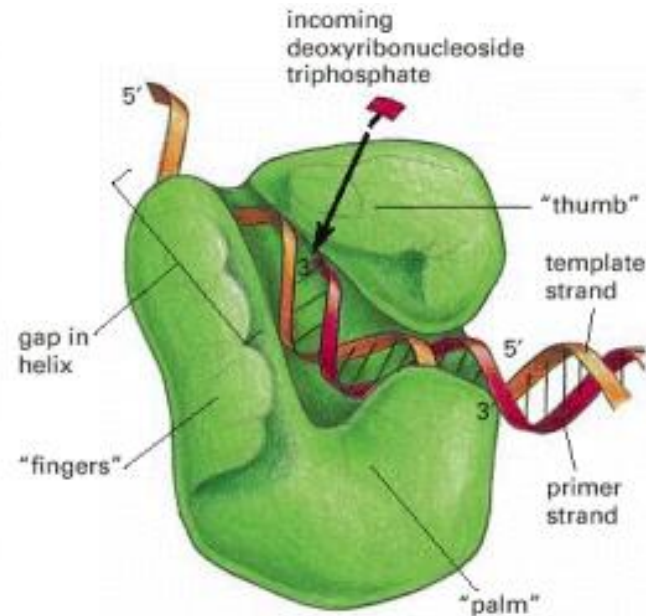


Proteini na replikacijskim račvama bakterijske DNA (The proteins at a bacterial DNA replication fork)

The major types of [proteins](#) that act at a DNA [replication fork](#) are illustrated, showing their approximate positions on the DNA.



(A)

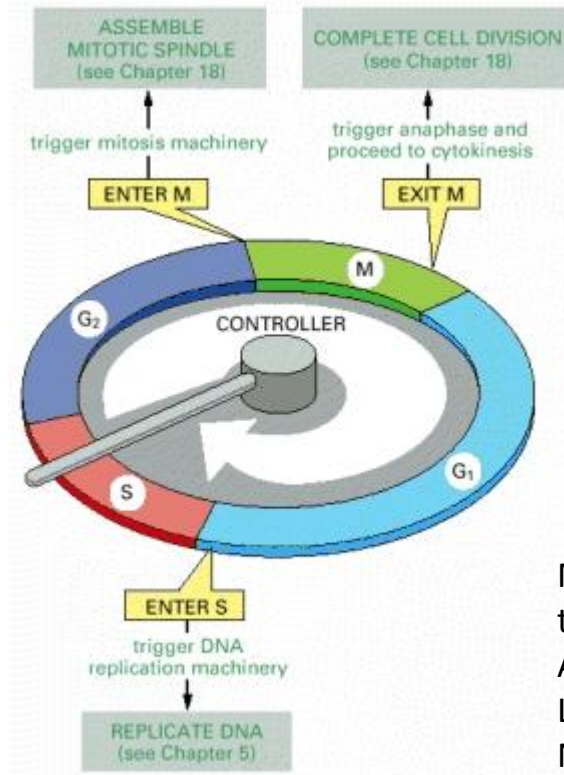


(B)

DNA polimeraza katalizira sintezu DNA. Ona dodaje nove nukelotide na 3' kraju polinukleotidnog lanca, pa sinteza ide samo u smjeru 5' → 3'.

**Kako se udvostručena
nasljedna tvar
raspoređuje na stanice-
kćeri?**

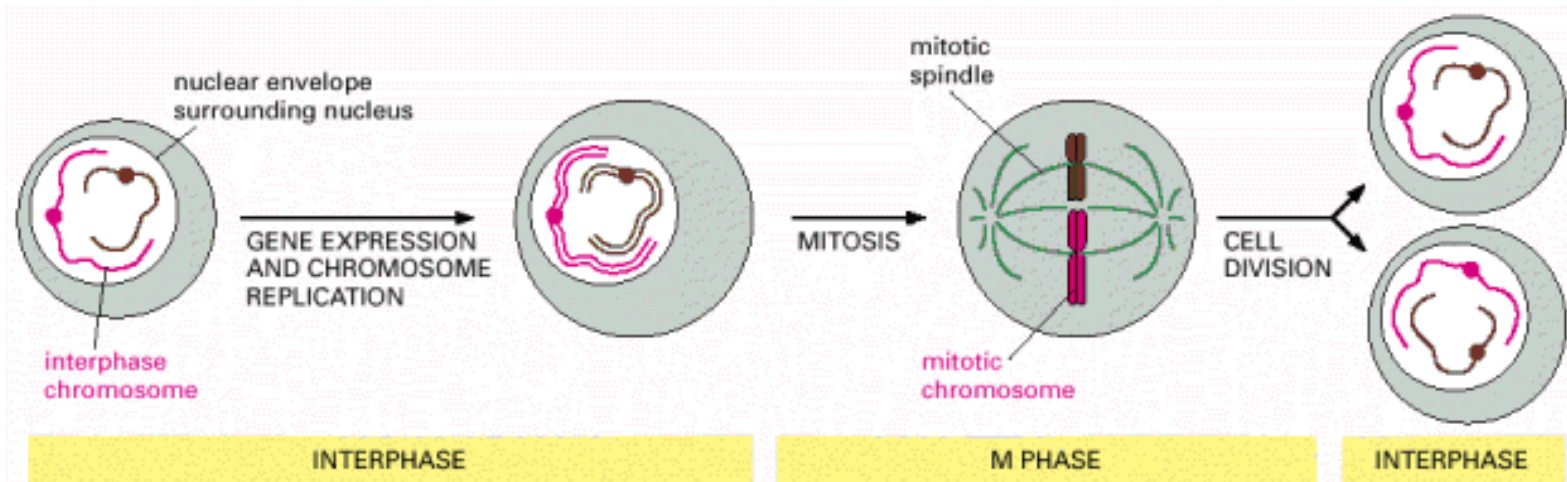
**Mitoza – dioba jezgre
Citokineza – dioba
stanice**



Molecular Biology of the Cell. 4th edition. Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al. New York: [Garland Science](http://www.garlandscience.com); 2002.

Kontrola staničnog ciklusa

Sustav za kontrolu staničnog ciklusa potiče replikaciju DNA, mitozu i citokinezu. Na slici je taj kontrolni sustav prikazan kao kontrolni programator perilice rublja, koji rotira u smjeru kazaljke na satu i započinje određenu radnju kad dosegne odgovarajući položaj na brojčaniku.



Pojednostavljeni prikaz staničnog ciklusa koji se sastoji od interfaze i mitoze

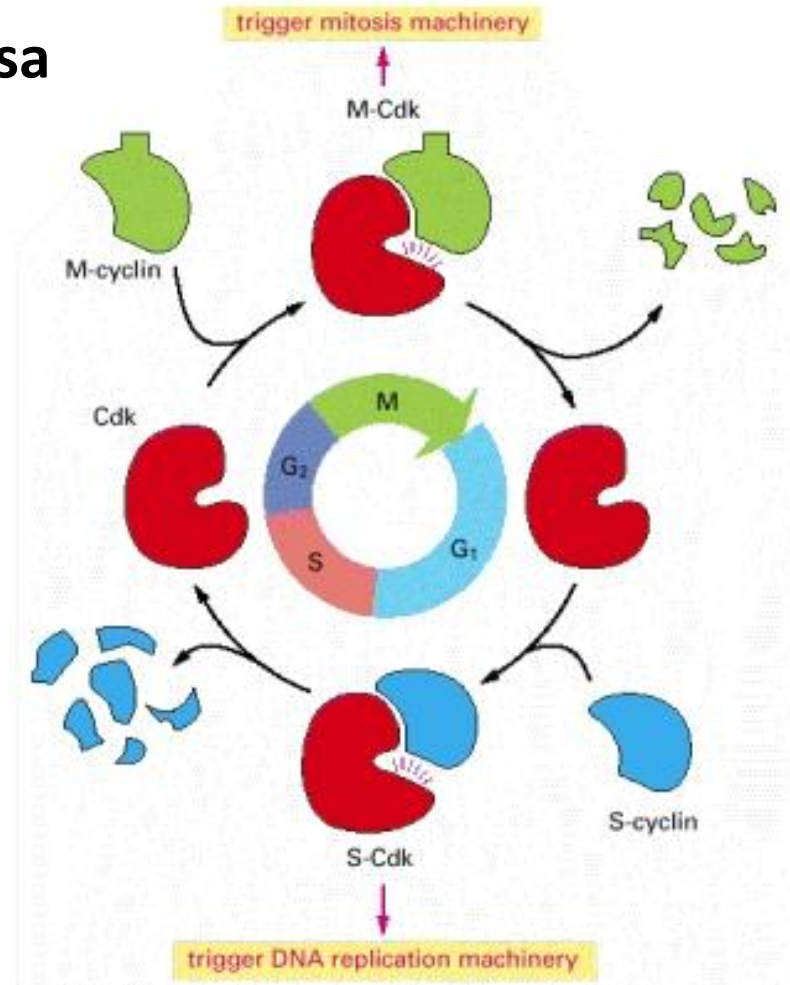
Figure 4-20. © 2002 by Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter.

Princip kontrole staničnog ciklusa



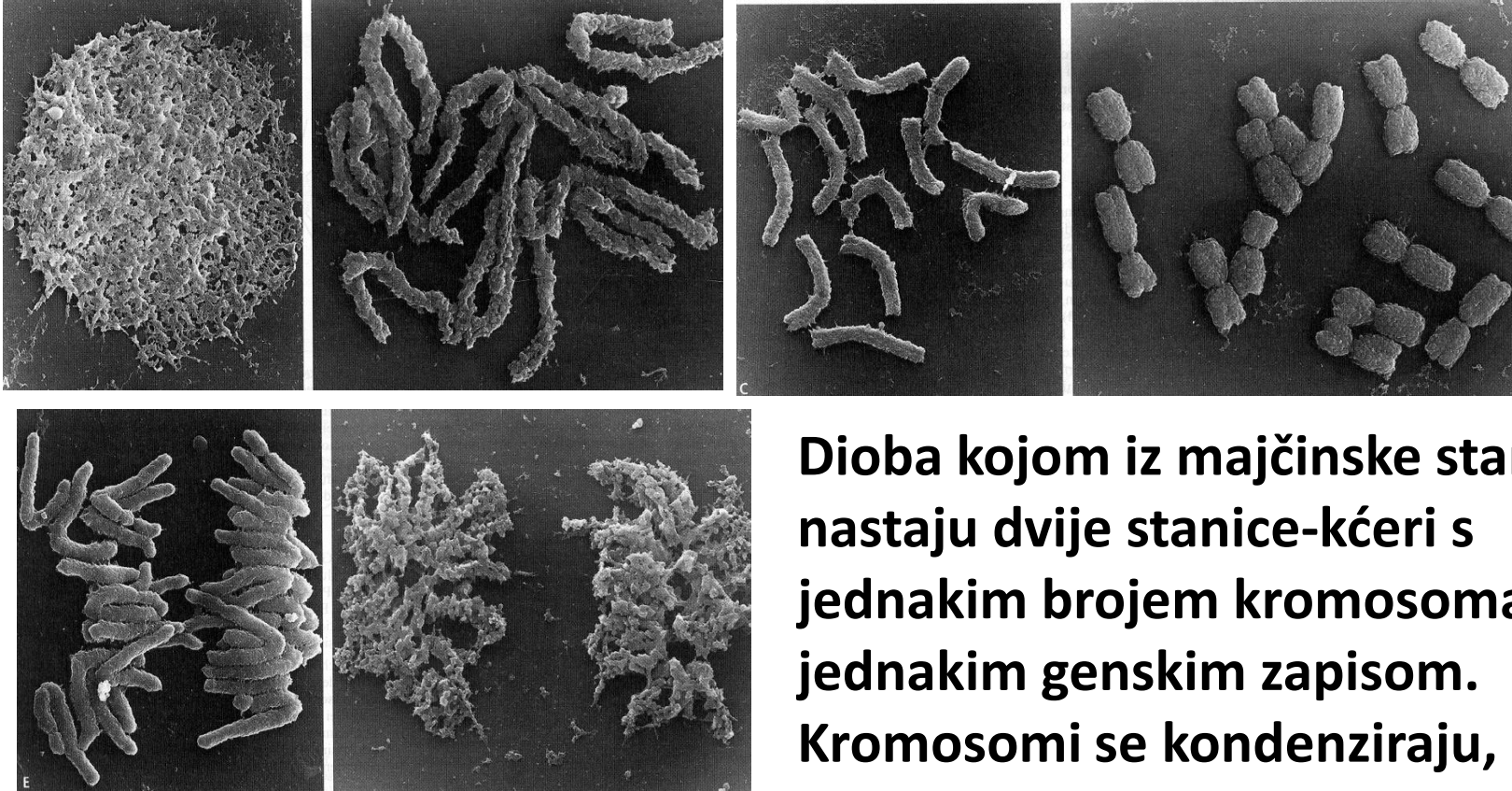
Dvije ključne sastavnice sustava za kontrolu staničnog ciklusa. (ciklin i proteinska kinaza ovisna o ciklinu)

Molecular Biology of the Cell. 4th edition.
Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al.
New York: [Garland Science](http://www.garlandscience.com); 2002.



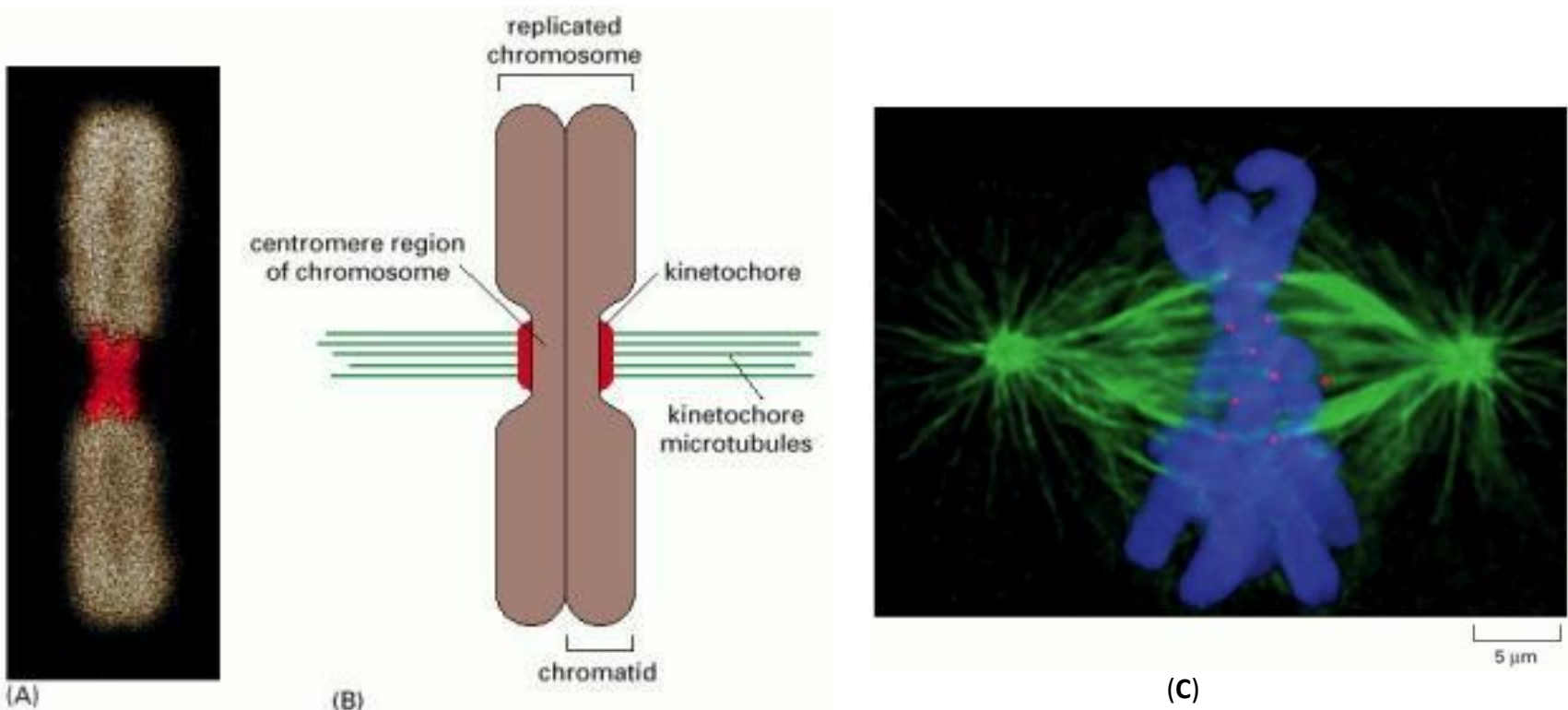
Pojednostavljeni prikaz srži sustava za kontrolu staničnog ciklusa. (A simplified view of the core of the cell-cycle control system)

MITOZA



Dioba kojom iz majčinske stanice nastaju dvije stanice-kćeri s jednakim brojem kromosoma i jednakim genskim zapisom. Kromosomi se kondenziraju, postavljaju u ekvatorijalnu ravninu, a zatim se njihove sestrinske kromatide razdvajaju.

Kromosom u metafazi



(A) – Slika metafaznog kromosoma dobivena fluorescencijskim mikroskopom. Crvena fluorescencija – protutijela na proteine kinetohora obilježena fluorokromom. (B) Model metafaznog kromosoma, (C) – kromosomi u ekvatorijalnoj ravnini diobenog vretena (plavo fluoresciraju kromosomi, crveno kinetohori, zeleno mikrotubuli diobenog vretena.

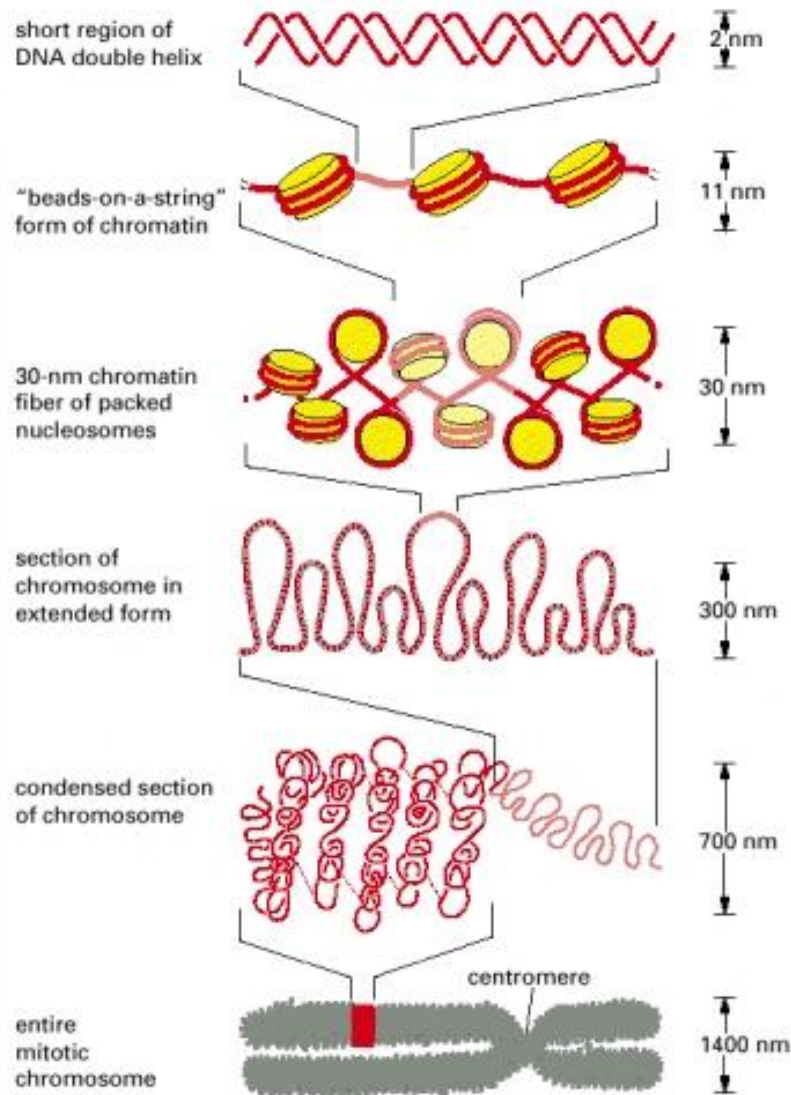
Molecular Biology of the Cell. 4th edition.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al.

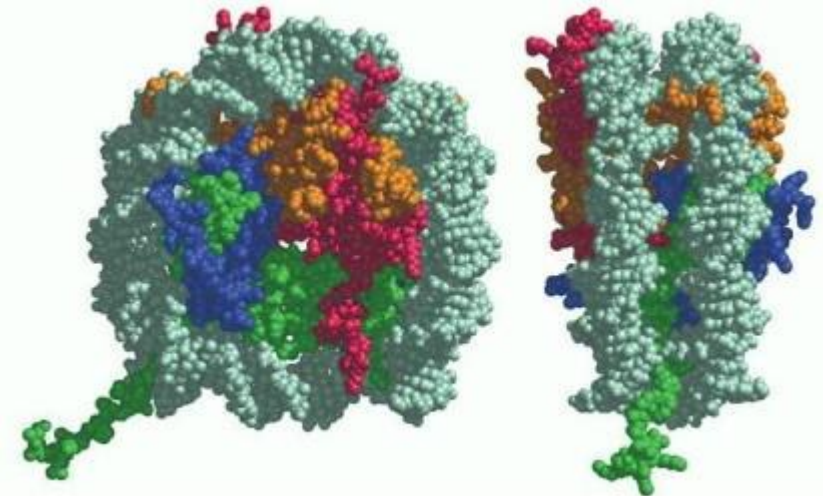
New York: [Garland Science](http://www.garlandscience.com); 2002.

M. Krsnik-Rasol, Stanične diobe

Stupnjevi spiralizacije kromatina – od DNA do metafaznog kromosoma



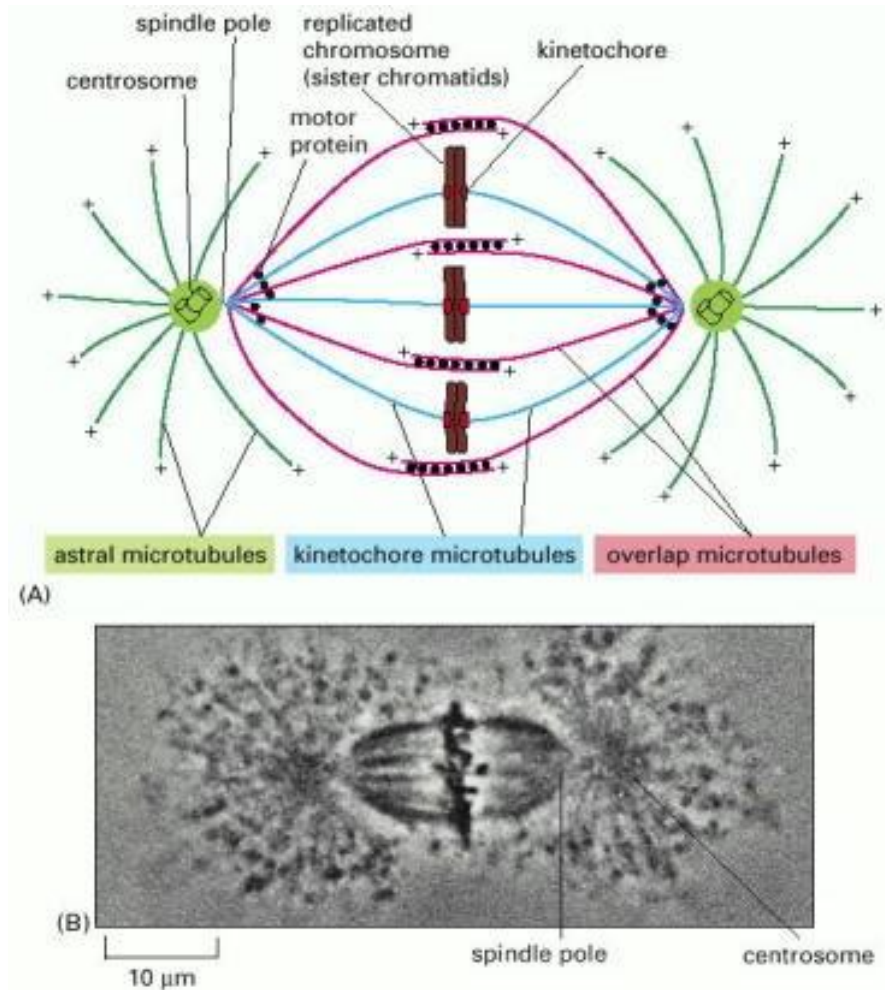
NET RESULT: EACH DNA MOLECULE HAS BEEN PACKAGED INTO A MITOTIC CHROMOSOME THAT IS 10,000-FOLD SHORTER THAN ITS EXTENDED LENGTH



Nukleosom → 2 namotaja DNA oko histonskog oktamera + DNA spona (linker DNA)

Molecular Biology of the Cell. 4th edition.
 Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al.
 New York: [Garland Science](http://www.garlandscience.com); 2002.

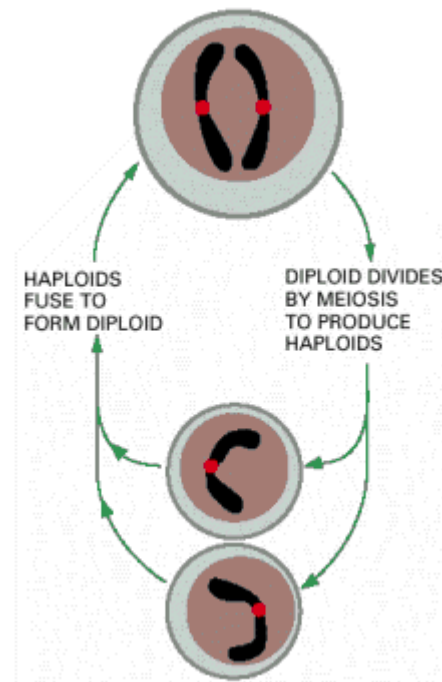
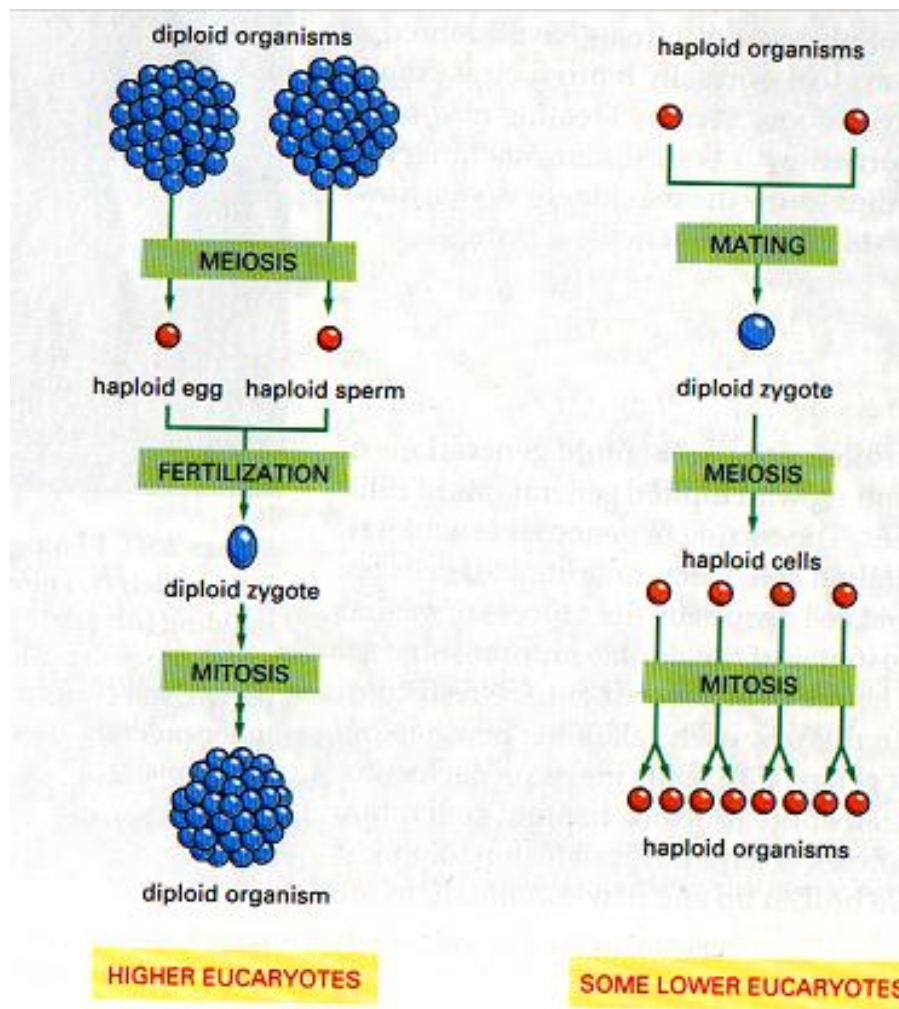
Diobeno vreteno



Molecular Biology of the Cell. 4th edition. Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al. New York: [Garland Science](#); 2002.

Diobeno vreteno sastoji se od dva poluvretena, svako izgrađeno od: polarnih, kinetohornih i zrakastih (astralnih) mikrotubula (cjevčica submikroskopske veličine).

Mejoza – dioba kojom nastaju spolne stanice



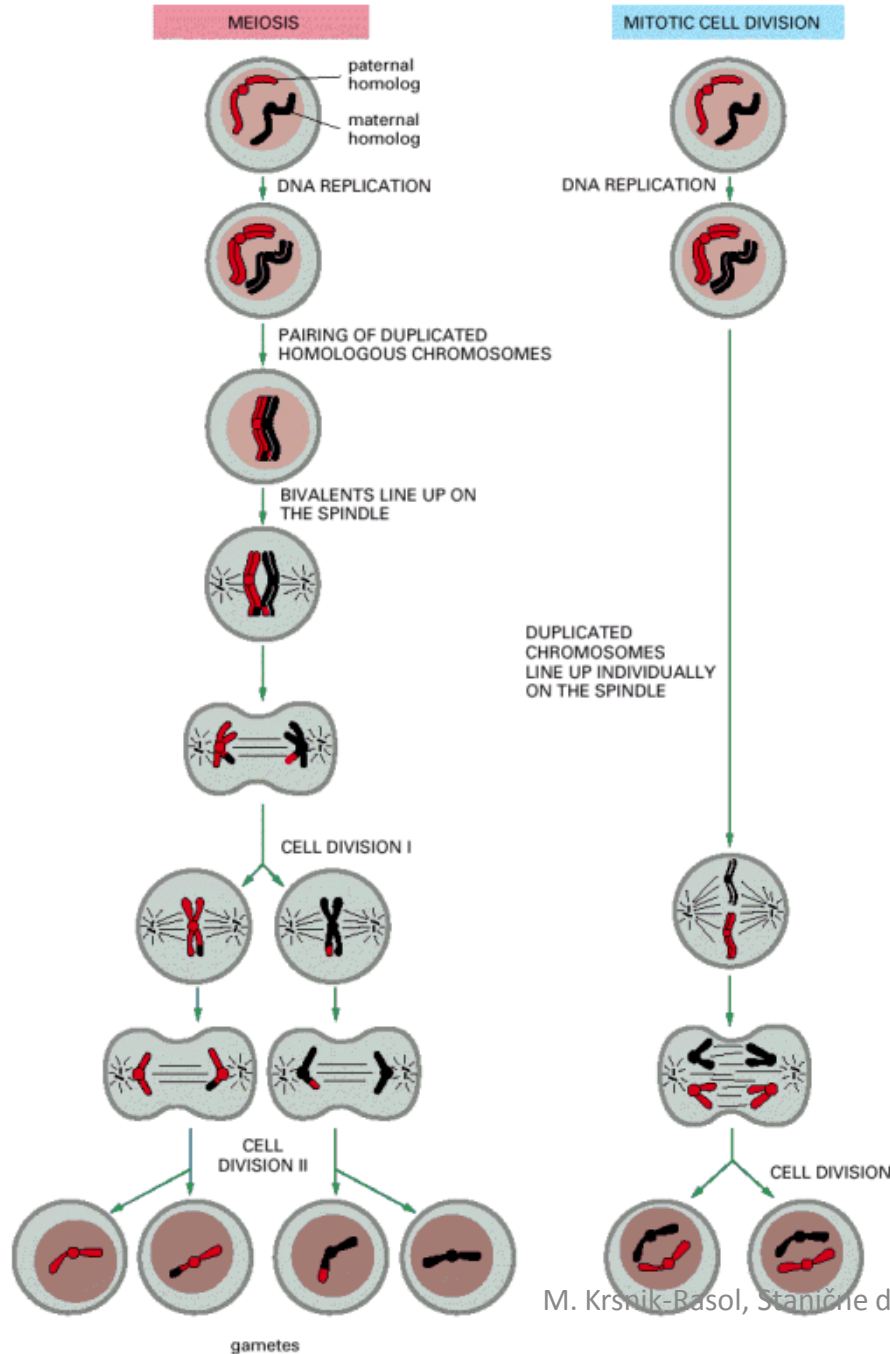
Haploidna i diploidna faza u životnom ciklusu organizma

Molecular Biology of the Cell. 4th edition.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al.

New York: [Garland Science](http://www.garlandscience.com); 2002.

crveno – haploidno, plavo - diploidno



M. Krsnik-Basol, Stanične diobe

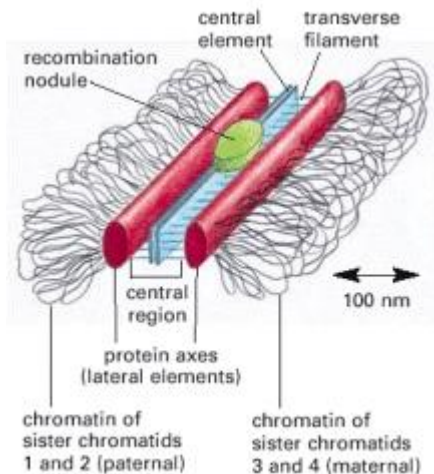
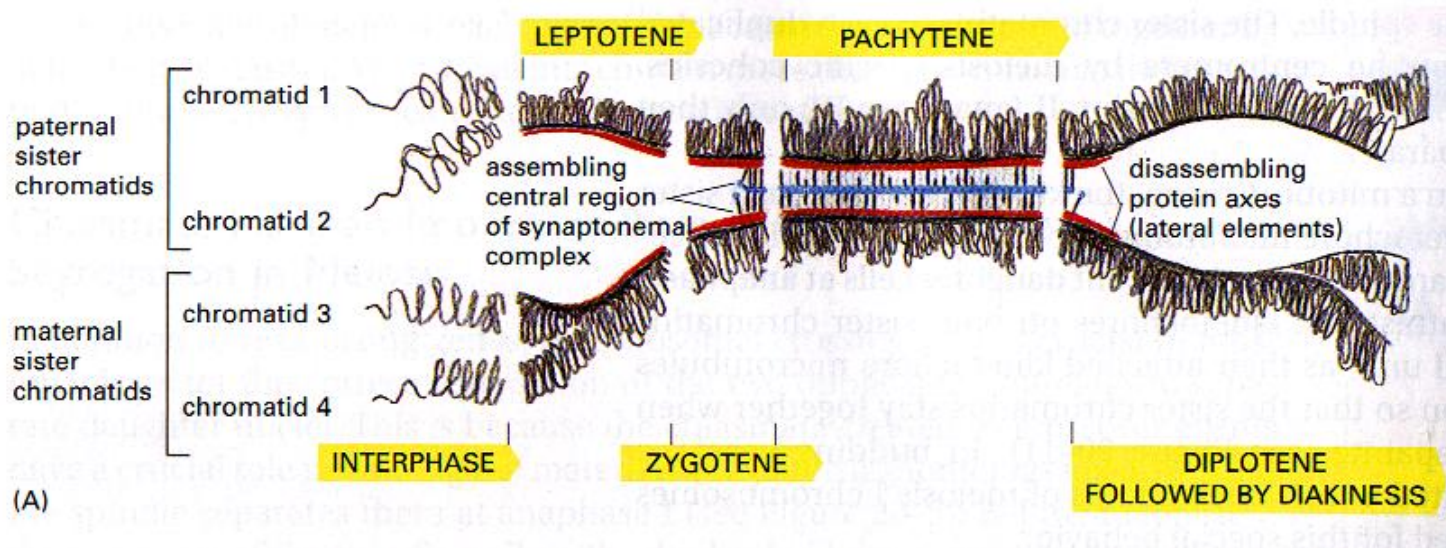
Usporedba mitoze i mejoze

Mitozom nastaju dvije stanice kćeri koje su genetički jednake stanici majci.

Mejozom nastaju četiri haploidne stanice (gamete) koje su genetički različite, a razlikuje se i od stanice majke.

Molecular Biology of the Cell.
 4th edition.
 Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al.
 New York: [Garland Science](http://www.garlandscience.com); 2002.

Kako se sparuju homologni kromosomi?

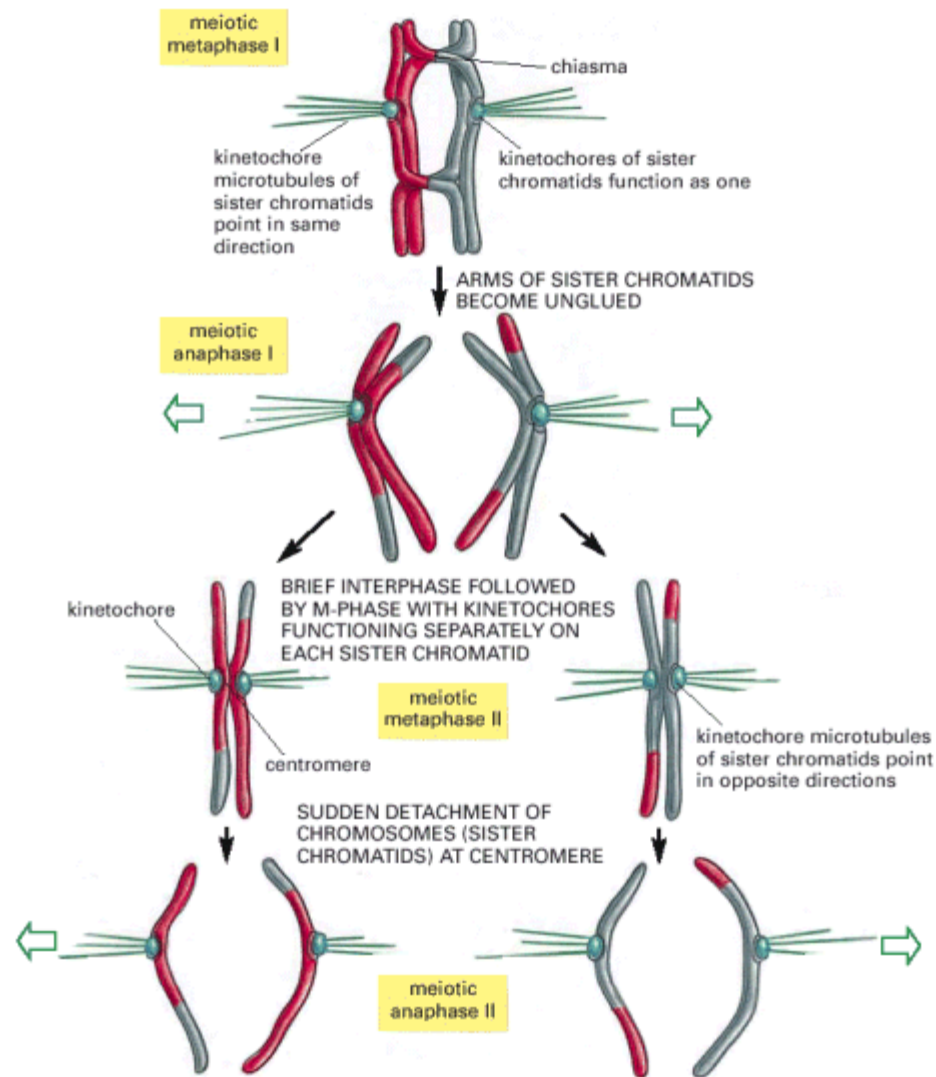


Sinaptonemski kompleks

Molecular Biology of the Cell. 4th edition.

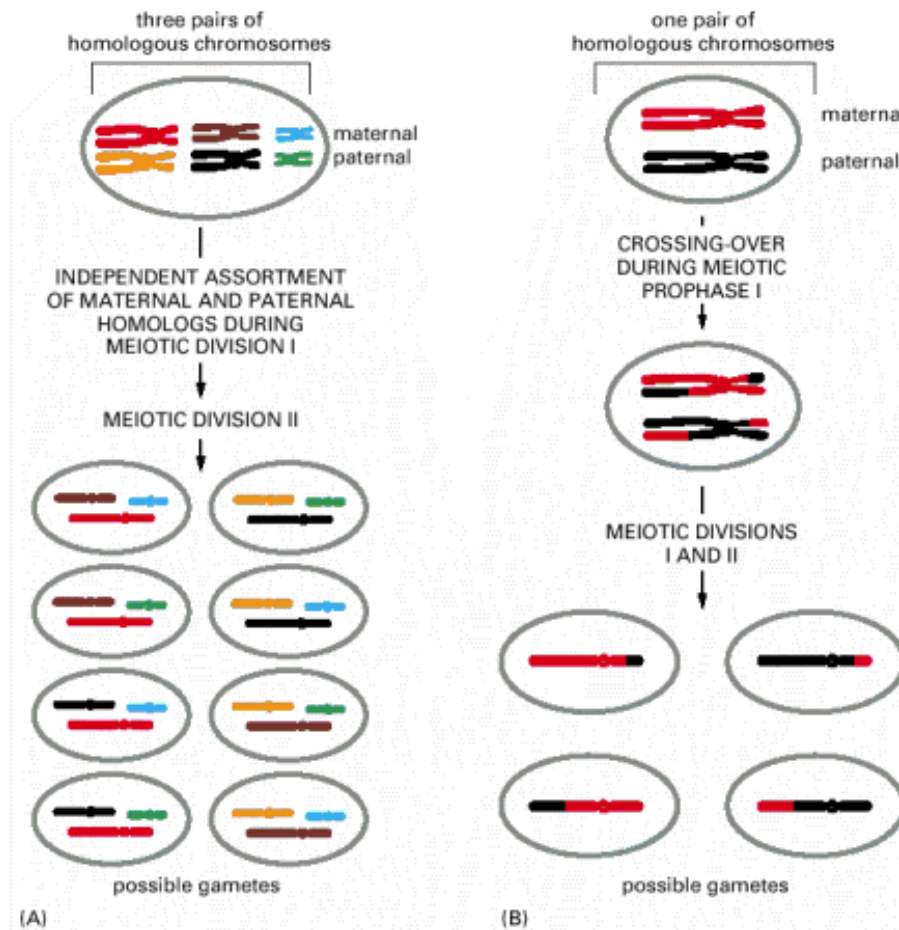
Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al.

New York: [Garland Science](http://www.garlandscience.com); 2002.

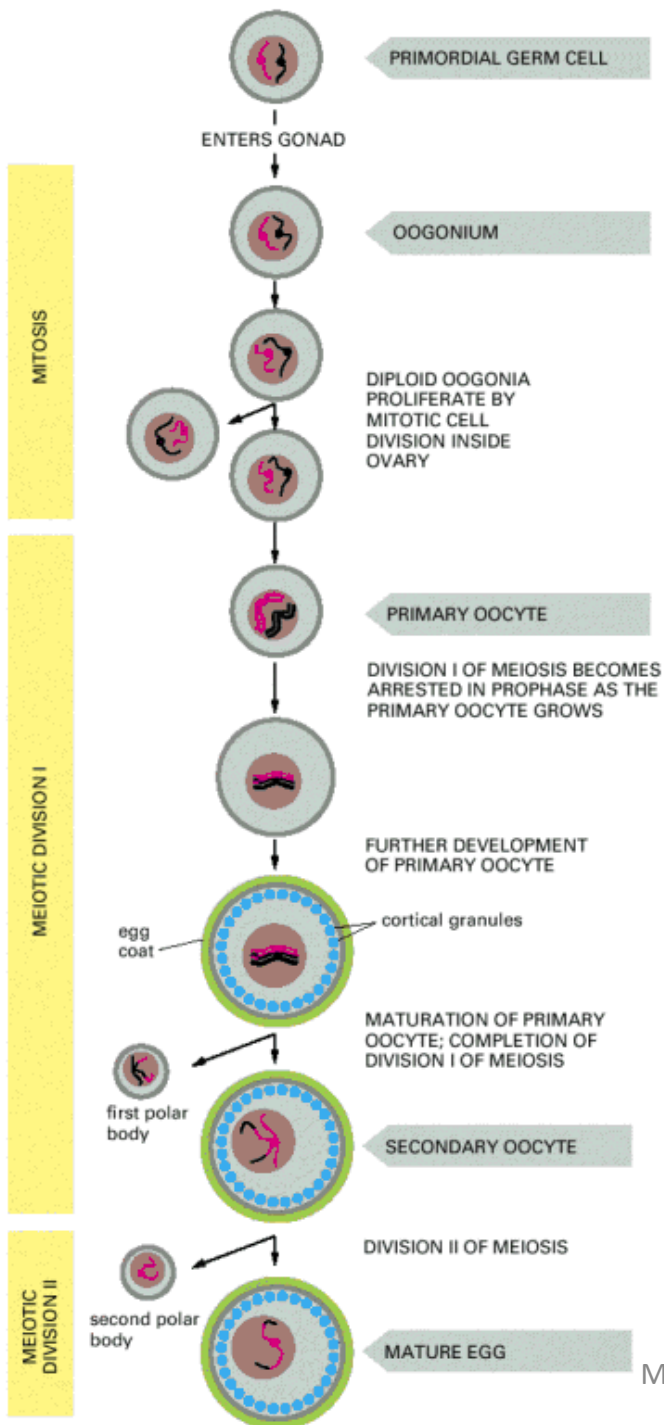


Usporedba razdvajanja kromosoma u anafazi I i razdvajanja kromatida u anafazi II

Genetička rekombinacija



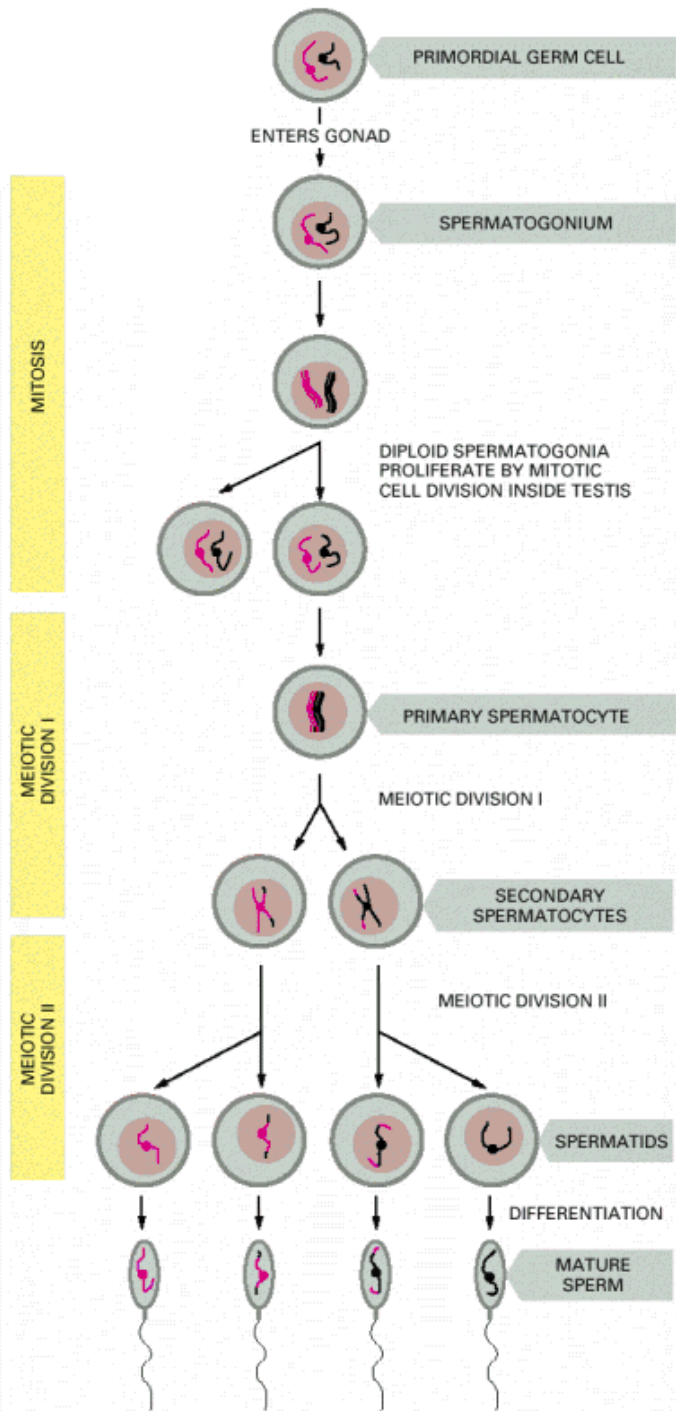
(A) slučajna orijentacija bivalenata u metafazi (2^n različitih gameta) i (B) Crossing-over u pahitenu



Oogeneza

Oogonije se razvijaju iz primordijalnih zametnih stanica. Nakon niza mitozâ slijedi **mejoza I** koja se zaustavlja u profazi i nastavlja se nakon spolne zrelosti organizma. Pod djelovanjem hormona oocite periodički sazrijevaju i postaju **sekundarne oocite**. Tu se opet mejoza zaustavlja u **metafazi II**, a završava tek nakon oplodnje. (Stadij u kojem se oocita ispušta iz ovarija i u kojem bude oplodjena varira ovisno o vrsti.)

© 2002 by Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter.



Spermatogeneza

Spermatogonije se razvijaju iz primordijalnih stanica koje migriraju u testise rano u embriogenezi. Nakon spolne zrelosti spermatogonije se dijele mitozom, neke trajno zadrže sposobnost diobe, a druge ulaze u mejozu. **Mejozom I** nastaju **primarne spermatocite**, a **mejozom II sekundarne spermatocite**, koje se razvijaju u zrele spermije.

© 2002 by Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter.

ZAKLJUČAK

Mitoza je dioba kojom nastaju dvije stanice kćeri s istim brojem kromosoma i s identičnom genskom uputom kao što je imala i stanica-majka.

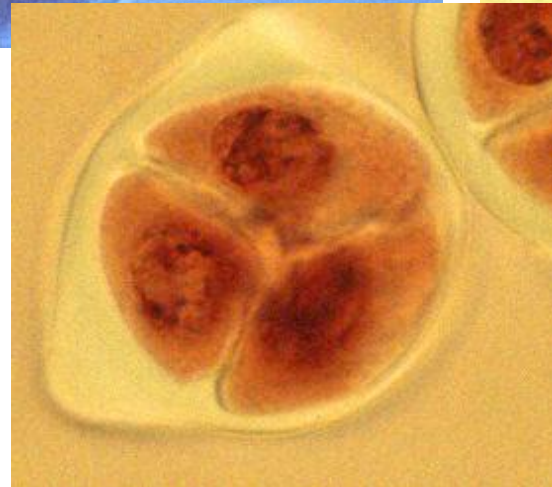
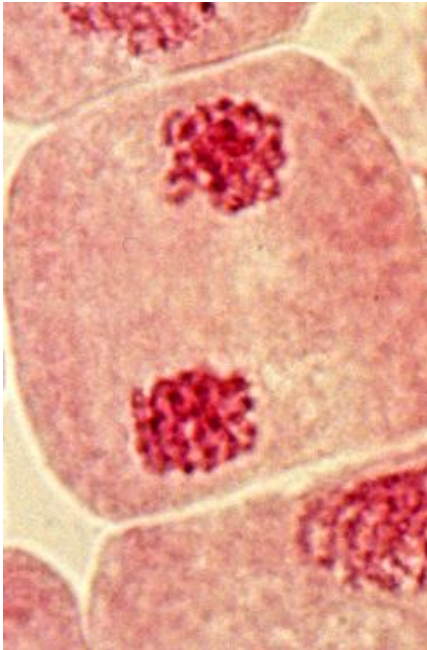
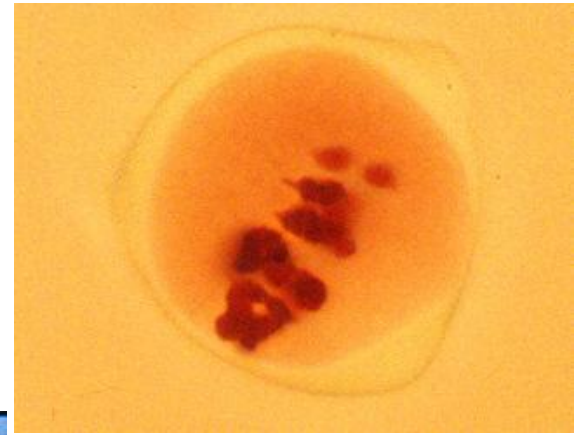
Biološko značenje mitoze je u tome što se genski zapis ne mijenja. Produkti mitoze su klonovi.

Mejoza je dioba kojom iz stanice nastaju 4 gamete ili 4 spore s polovičnim brojem kromosoma i novim kombinacijama gena, sve se razlikuju međusobno kao i od stanice-majke.

Biološko značenje mejoze je u tome što daje genetički različite potomke, među kojima će prirodnom selekcijom biti eliminirani oni koji nisu prilagođeni uvjetima okoliša. Mejoza ima važnu ulogu u evoluciji živoga svijeta.

Napomena

Tijek događaja u mitozu i mejozi na mikroskopskoj razini razumijemo, otkrivaju se detalji na submikroskopskoj i biokemijskoj razini, ali teško je razumjeti kako mnoštvo molekula skladno djeluje i kako zaista teče regulacija svih tih procesa. Otvorena pitanja, samo su poticaj za daljnja istraživanja.



M. Krsnik-Rasol, Stanične diobe