

BUNĚČNÝ CYKLUS A BUNĚČNÉ DĚLENÍ



BUNĚČNÝ CYKLUS

= životní cyklus buňky

- tvoří jej 2 období, která se střídají:

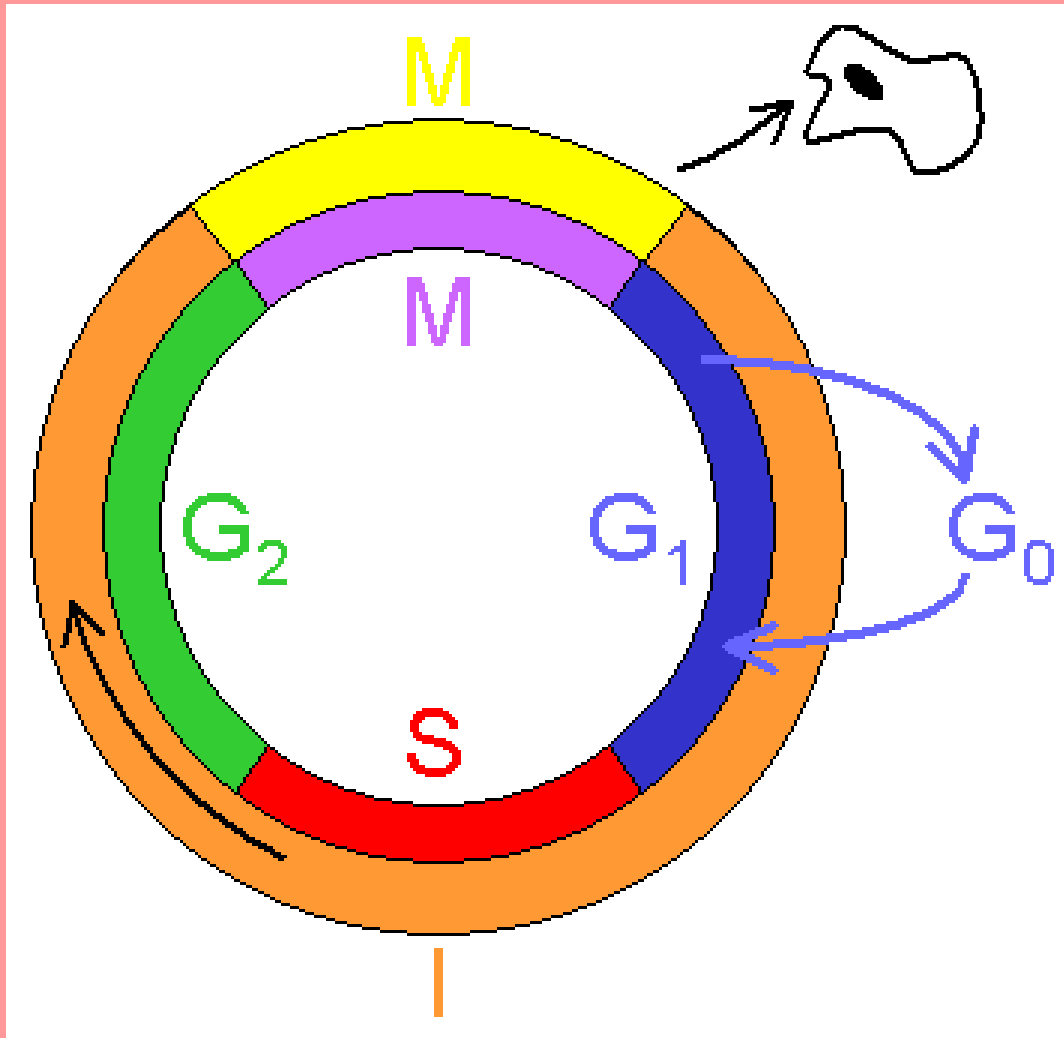
- a) **INTERFÁZE** - období, kdy je buněčné jádro v klidu, vůči cytoplazmě je ohraničeno jadernými membránami, v této fázi nelze v buňce pozorovat chromozomy (= genetickou informaci uvnitř buňky)
- b) **OBDOBÍ DĚLENÍ BUŇKY** – období, kdy se buňka dělí, pokud ji pozorujeme pod mikroskopem, jsou chromozomy viditelné, u buněk existují 3 varianty buněčného dělení:
 - ***amitóza – přímé dělení***
 - ***mitóza – nepřímé dělení***
 - ***meióza – redukční dělení***

BUNĚČNÝ CYKLUS

- = období dělení buňky + interfáze vytvářejí dohromady
- jinak lze buněčný cyklus vymezit jako období od konce jednoho do konce druhého buněčného dělení
- délka buněčného cyklu je různá : kvasinky → 1,5 – 3 hodiny
člověk → 1 den

BUNĚČNÝ CYKLUS - lze ovlivnit některými látkami, ty např. brání tvorbě dělicího vřeténka (př.kolchicin, tj. alkaloid ocúnu jesenního,.....) aj.

SCHÉMA BUNĚČNÉHO CYKLU:



I..... interfáze

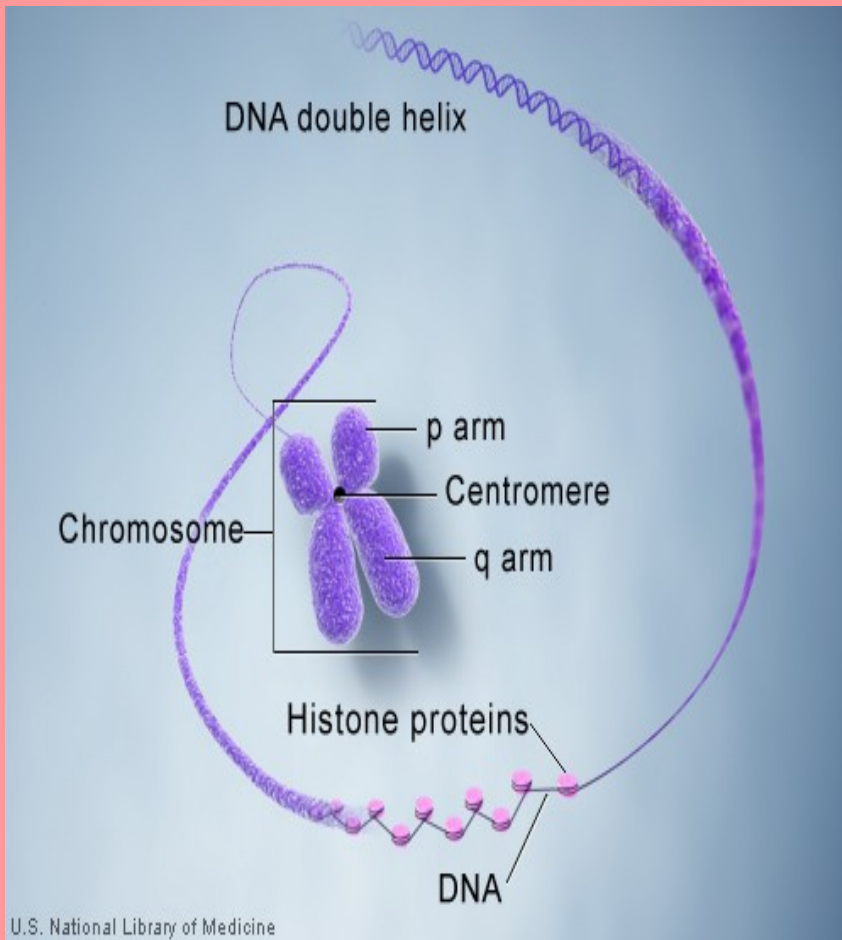
M..... mitóza + cytokineze

G₁..... G₁ - fáze

S S - fáze

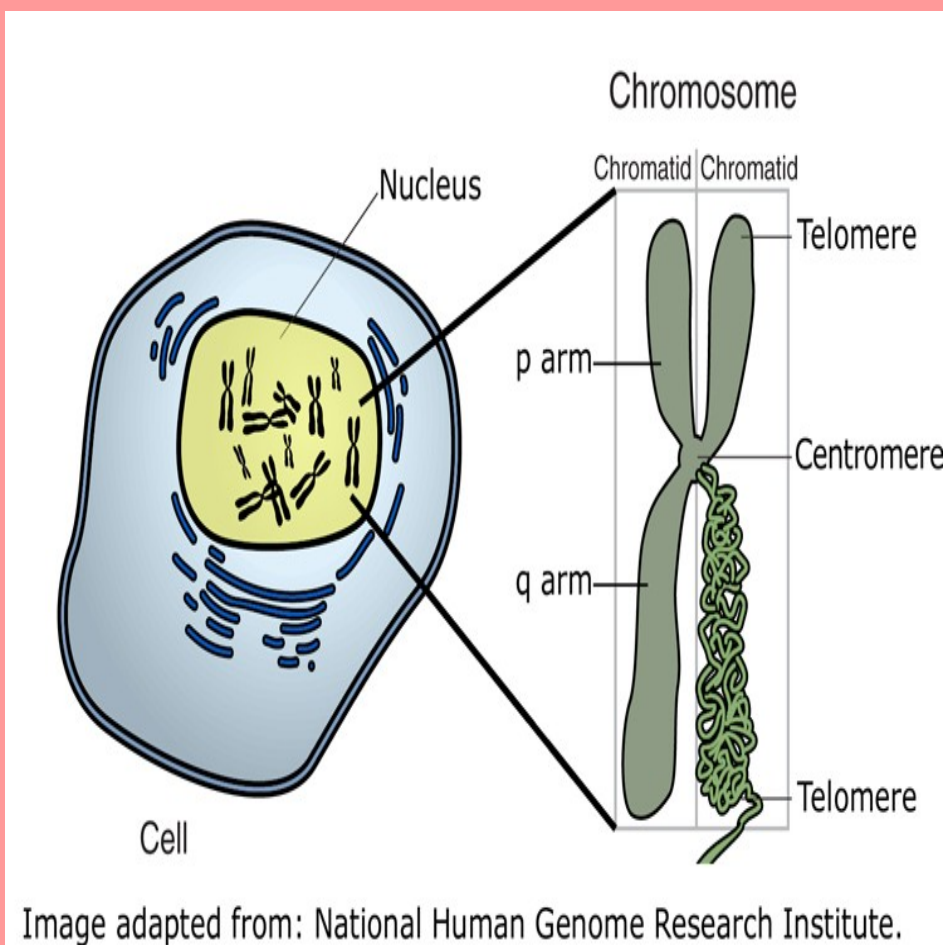
G₂.....G₂ - fáze

Chromozóm



- pentlicovitý útvar v jádře, tvořený bílkovinným obalem uvnitř s DNA
- uprostřed zúžená část - centromera

Mitóza



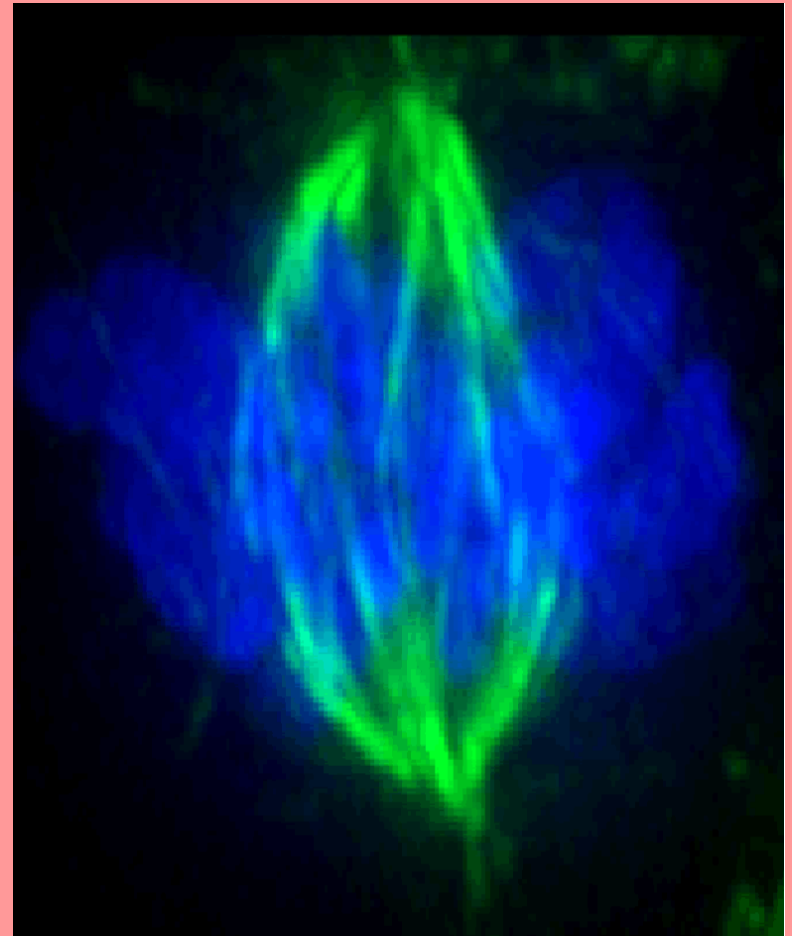
při dělení musí být celá sada chromozómů přesně rozdělená a předaná dceřiným buňkám, protože každý chromozóm nese část genetické informace

Dělicí aparát

- k tomu, aby se chromozómy rozdělily přesně na polovinu slouží **dělicí aparát**, skládá se ze dvou částí
- **centriol** – stálá struktura buňky, nachází se u pólu jádra
- **dělicí vřeténko** – vytváří se v době dělení, nestálá struktura buňky

Dělicí vřeténko

- vzniká z vláken, která se vytvoří mezi rozděleným centriolem
- vážou se na něj chromozómy (modré) v místě centromery



I. INTERFÁZE

- období, kdy se buňka nedělí, má 3 dílčí fáze: G_1 -FÁZI, S-FÁZI a G_2 -FÁZI
 - G_1 -FÁZE = POSTMITOTICKÁ FÁZE
 - začíná po ukončení předchozího dělení
 - nejčastěji nejdelší fáze buněčného cyklu, v této fázi dochází k:
 - růstu celé buňky a tvorbě nových organel (např. GA, ER, mitochondrií aj.)
 - opravě částí molekul DNA, které mohly být poškozeny při předcházejícím dělení pomocí tzv. *reparačních mechanismů*, což je důležitý proces, který zajišťuje, že do dalšího dělení vstupuje buňka s nepoškozenou genetickou informací
- buňka se připravuje na zdvojení DNA
- součástí G_1 -fáze je i tzv. *hlavní kontrolní bod buněčného cyklu*, který zajišťuje, aby měly reparační mechanismy dostatek času na odstranění poruch v DNA (ovlivňuje nástup dalších fází)

• S - FÁZE = SYNTETICKÁ FÁZE

- začíná po ukončení G_1 – fáze, během této fáze probíhá:

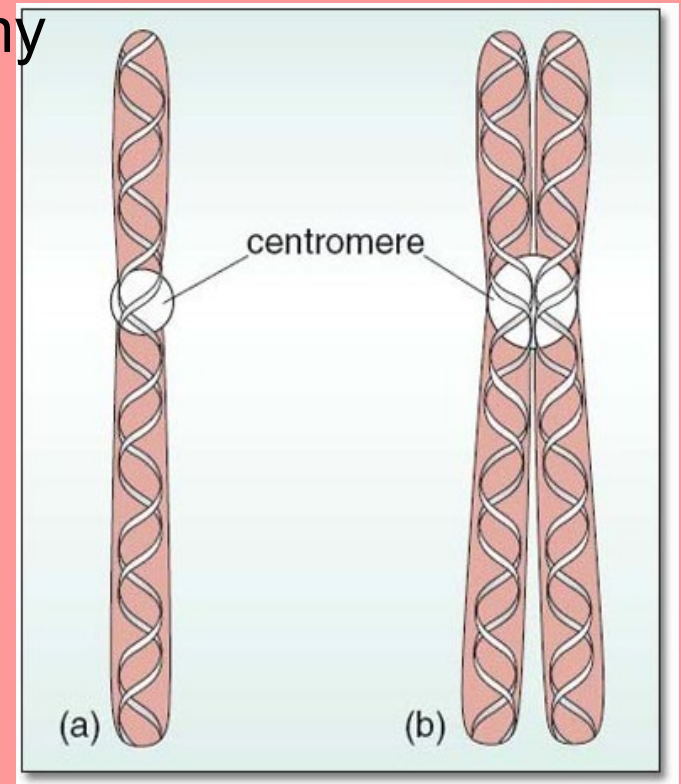
- syntéza = replikace molekuly DNA → z původní 1 molekuly DNA vznikají 2, ty nesou zcela shodnou genetickou informaci → z jednochromatidových

chromozomů tedy vznikají chromozomy dvouchromatidové – duplikace

chromozomů

!!POZOR!! Počet chromozomů je

stále stejný!!!!



- G₂-FÁZE

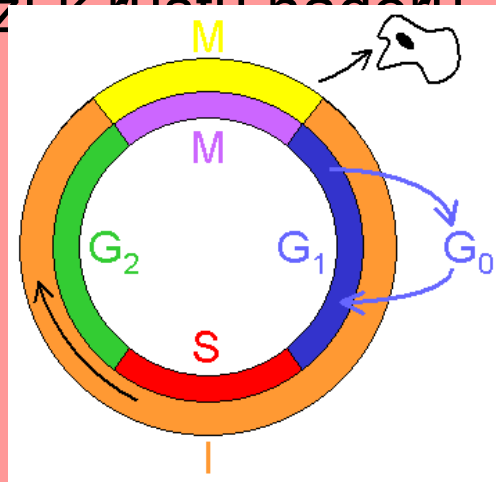
- začíná po ukončení S – fáze, je přípravou na dělení buňky, dochází k:

- růstu buňky a tvorbě bílkovin potřebných k dělení
- reparaci molekul DNA (ta je však méně významná než v G₁-fázi), nachází se zde další kontrolní bod buněčného cyklu

→ po ukončení G₂-fáze nastupuje vlastní dělení buňky

G₀-FÁZE - může se někdy v buněčném cyklu objevit

- je to fáze, do které může vstoupit buňka hned po dělení
- nastává nejčastěji za nepříznivých podmínek
- neurony, svalové buňky v G₀
- v této buňce již neprobíhá replikace DNA, chromozomy nejsou pozorovatelné
- u nádorových buněk může přejít buňka zpět z G₀ – fáze do G₁ – fáze, tak dochází k růstu nádoru



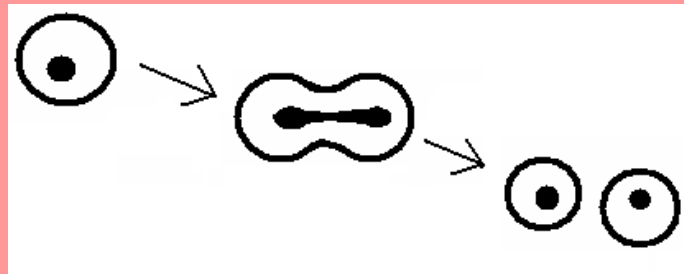
II. BUNĚČNÉ DĚLENÍ

- existují 3 možnosti, jak se může buňka dělit: *amitóza, mitóza nebo meióza*

a) AMITÓZA

= přímé dělení buňky, začíná po ukončení INTERFÁZE

- genetická informace je do dceřiných buněk rozdělena nerovnoměrně
- buňka se tedy jednoduše protáhne a zaškrtní
- takto vzniklé buňky nejsou většinou schopné normálního života – nádorové buňky, výrazně diferencované buňky
- amitóza probíhá většinou u degenerujících nebo nemocných buněk
- během tohoto dělení se netvoří chromozomy, nezaniká buněčný obal, ani se netvoří dělicí vřeténko



b) MITÓZA

- = nepřímé dělení buňky, tzv. M – fáze
- - začíná po ukončení INTERFÁZE, trvá 1 – 2 hodiny
- - tvoří ji 2 po sobě následující děje:
- 1) **KARYOKINEZE** = dělení jádra
- 2) **CYTOKINEZE** = dělení celé buňky

1) KARYOKINEZE = jaderné dělení

- má 4 základní části:

a) PROFÁZE

- počátek mitózy, zánik jaderné membrány, dochází ke spiralizaci (= kondenzaci) chromozomů

- vzniká *dělicí vřeténko*, jeho vlákna se na konci profáze připojí k centromerám chromozomů

b) METAFÁZE

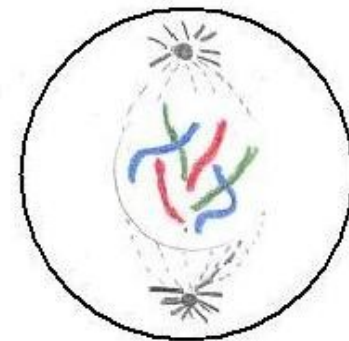
- chromozomy se seřadí v ekvatoriální (= rovníkové) rovině buňky → tím vzniká tzv. *metafázní destička*, chromozomy jsou maximálně spiralizované, tedy i nejlépe viditelné

- vlákna dělicího vřeténka se naváží na centromery, chromozomy se podélně rozdělí na 2 chromatidy (ty zůstávají spojené pouze centromerou)

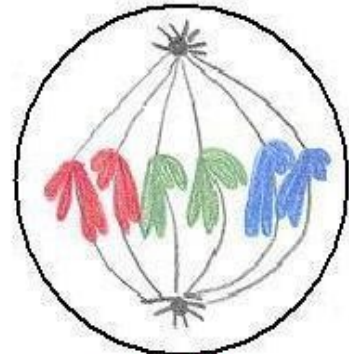
c) ANAFÁZE

- vlákna dělicího vřeténka se postupně zkracují → dojde k rozdělení centromery a rozdělení dvouchromatidového chromozomu na dva jednochromatidové, z nichž každý putuje k odlišnému pólu buňky

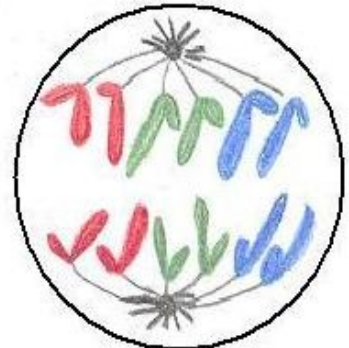
- obě dceřiné buňky dostanou tedy zcela shodnou genetickou informaci



profáza



metafáza



anafáza

d) TELOFÁZE

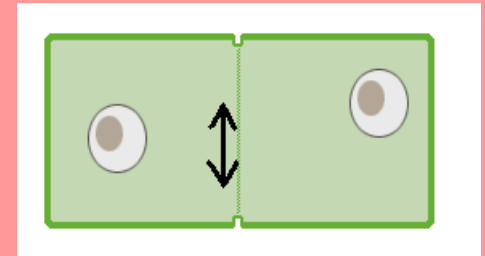
- závěr jaderného dělení, dochází k despiralizaci chromozomů, zaniká dělicí vřeténko
- vznikají dvě jádra s jadernou membránou na povrchu



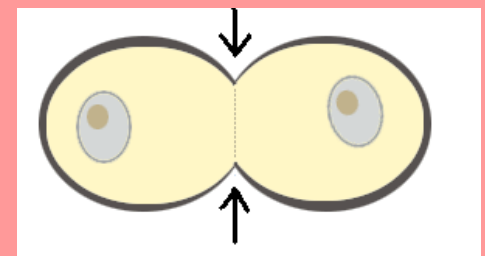
2) CYTOKINEZE = dělení celé buňky

- začíná už v telofázi, kdy dochází k rozdělení všech organel na přibližně 2 shodné poloviny díky proudění cytoplazmy
- dochází k tvorbě přepážky v rovníkové rovině buňky, ta vzniká u rostlinných a živočišných buněk odlišně:

- **u rostlinné buňky** vzniká přepážka od středu buňky, poté dorůstá k okrajům, tj. *odstředivé = centrifugální = přehrádečné dělení*



- **u živočišné buňky** vzniká přepážka stahováním cytoplazmatické membrány z obvodu do středu buňky, tj. *dostředivé dělení = centripetální = zaškrcování*



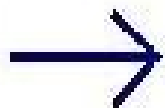
VÝSLEDEK MITÓZY:

- z jedné mateřské buňky ($2n$, diploidní) vzniknou 2 dceřiné buňky ($2n$, diploidní) se shodnou genetickou informací tzv. klony
- mitotické dělení je typické pro: tělní buňky, dělení zygoty, regeneraci (hojení ran)

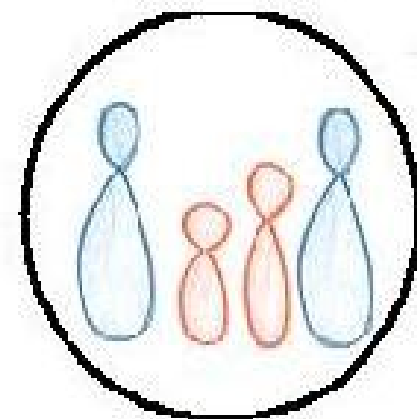
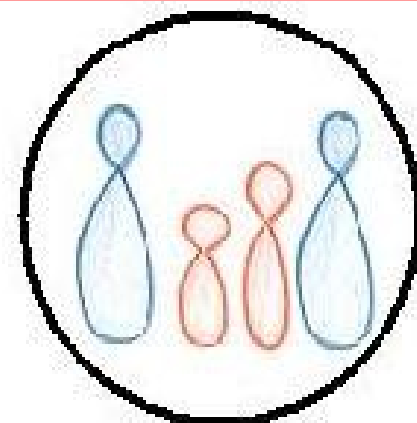
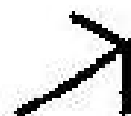
MITÓZA



materská bunka



replikácia



dcérské bunky

c) MEIÓZA

= tzv. redukční dělení, začíná po ukončení INTERFÁZE

- jde o typ dělení, při němž dochází k redukci počtu chromozomů v dceřiných buňkách na poloviční počet

→ dojde k redukci diploidního počtu chromozomů ($2n$) na haploidní (n)

- např. u člověka diploidní buňky = 46 chromozomů, meioticky vznikají buňky haploidní s 23 chromozomy

- meióza se uplatňuje při procesu *gametogeneze*, tj. při vzniku pohlavních buněk - při tomto procesu vznikají z 1 tělní buňky ($2n$) 4 pohlavní buňky = gamety (n)

- nový jedinec potom vzniká splynutím pohlavních buněk např. u člověka:

spermie (n , 23 chromozomů) + **vajíčko** (n , 23 chromozomů) → splynou
→ vzniká zygota

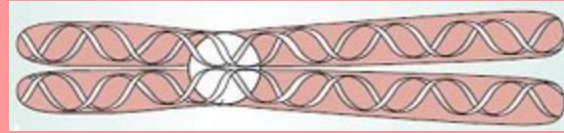
($2n$, 46 chromozomů), ta už se dále dělí mitoticky na embryo

Meióza

- meiózu tvoří vlastně dvě po sobě jdoucí jaderná dělení:
 - *redukční*
 - *ekvační*
- před meiózou pouze jednou během interfáze dojde k replikaci DNA → pouze 1x se tedy zdvojí chromozomy v buňce

I. REDUKČNÍ DĚLENÍ = HETEROTYPICKÉ (první zrací dělení)

- do něj vstupuje buňka po interfázi, DNA je replikovaná (zdvojená), buňka je $2n$, všechny chromozomy jsou dvouchromatidové



- má několik fází:

a) **PROFÁZE I**

- je složitější než u mitózy, má 5 dílčích částí:

• **LEPTOTENE**

- dochází ke spiralizaci (= kondenzaci) chromozomů, ty se stávají viditelné

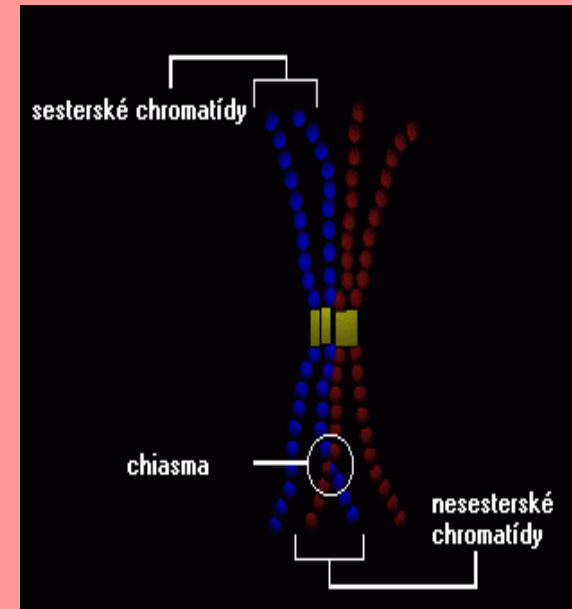
• **ZYGOTENE**

- chromozomy jsou v buňkách vždy v párech, párové chromozomy se označují jako homologní (jeden chromozom je vždy od otce, druhý od matky)

- během zygotene dochází podélným přikládáním homologních chromozomů k sobě ke vzniku tzv. bivalentů

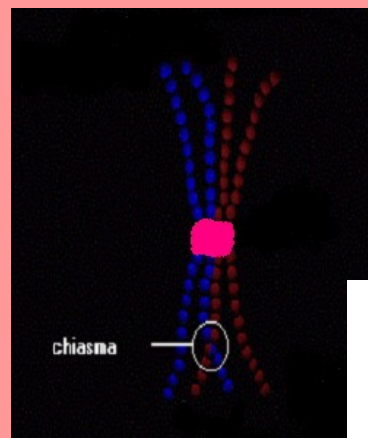
BIVALENT

- bivalenty jsou tedy tvořeny 2 dvouchromatidovými chromozomy, které jsou navzájem spojeny bílkovinou

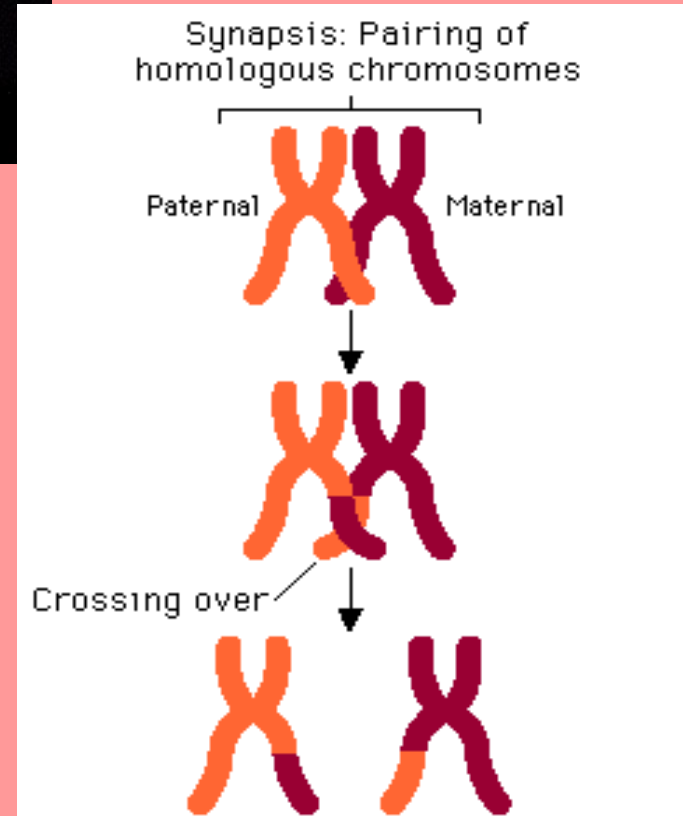


• **PACHYTENE**

- bivalenty se štěpí na 4 chromatidy a následně z nich vznikají tetrády (dojde ke spojení 4 chromatid jednou centromerou)



- během pachytene dochází též k rekombinaci chromozomů prostřednictvím **crossing overu = překřížení**
- během tohoto procesu dochází k výměně částí chromatid mezi homologními chromozomy (z nichž je 1 otcovský a 1 mateřský), dochází tak k pozměnění **genetické informace**, což zabezpečuje větší různorodost potomstva
- crossing over má tedy **evoluční (= vývojový) význam**
- místo překřížení chromatid při crossing overu = *chiasma*



• **DIPLLOTENE**

- dochází k oddělení homologních chromozomů v centromere, ale zůstávají dále spojeny v chiasmatech

• **DIKINEZE**

- chiasmata se posouvají na konec ramének (tetráda má tvar O), rozpouští se jaderná membrána a tvoří se dělicí vřeténko

b) METAFÁZE I

- dochází ke shromáždění párů homologních chromozomů v ekvatoriální rovině buňky a jejich navázání na vlákna dělicího vřeténka
- často zde chromozomy přicházejí v podobě tetrad, tady se tetrády rozvolňují

c) ANAFÁZE I

- probíhá jinak než u mitózy
- vlákna dělicího vřeténka se postupně zkracují → dojde k rozestupu celých chromozomů z homologního páru (tzn. bivalentu)
- nová dceřiná jádra tak dostanou vždy 1 dvouchromatidový chromozom z každého homologního páru

d) TELOFÁZE I

- dochází k despiralizaci chromozomů, zaniká dělicí vřeténko, vzniká jaderná membrána
- vznikají dvě dceřinná jádra, z nichž každé má pouze haploidní počet (n) dvouchromatidových chromozomů

VÝSLEDEK REDUKČNÍHO DĚLENÍ:

- z jedné mateřské buňky ($2n$) vzniknou 2 dceřinné buňky s polovičním počtem chromozomů (n)
- chromozomy v jádrech jsou však vždy dvouchromatidové!!!!

II. EKVAČNÍ DĚLENÍ = HOMEOTYPICKÉ (druhé zrací dělení)

- vstupují do něj chromozomy po redukčním dělení, ty jsou dvouchromatidové
- před touto fází nedochází k další replikaci DNA, dojde tedy k štěpení dvouchromatidových chromozomů na jednochromatidové (jako u mitózy)
- má několik fází:

a) PROFÁZE II

- zaniká jaderná membrána, chromozomy se spiralizují, vzniká *dělicí vřeténko*

b) METAFÁZE II

- chromozomy se seřadí v ekvatoriální rovině → vzniká *metafázní destička*, chromozomy se podélně rozdělí na 2 chromatidy, ty zůstávají spojené v místě centromery
- centromery se naváží na vlákna dělicího vřeténka

c) ANAFÁZE II

- zkracování vláken dělicího vřeténka, rozdělení dvouchromatidových chromozomů na jednochromatidové
- rozestup chromozomů k pólům buňky

d) TELOFÁZE II

- despiralizace chromozomů, zánik dělicího vřeténka
- vznikají dvě jádra s jadernou membránou na povrchu

- po ukončení ekvačního dělení následuje **CYTOKINEZE** = *dělení celé buňky*

VÝSLEDEK EKVAČNÍHO DĚLENÍ:

- z každé ze dvou haploidních buněk (n s dvouchromatidovými chromozomy) vzniknou 2 nové haploidní buňky (n s jednochromatidovými chromozomy)

CELKOVÝ VÝSLEDEK MEIÓZY:

- z jedné mateřské buňky ($2n$) vzniknou 4 dceřinné buňky (n)
- genetická informace dceřiných buněk = gamet není shodná díky:
 - *segregaci* = rozchodu homologních chromozomů do gamet, ta je náhodná, do gamet tedy může přejít se stejnou pravděpodobností kterýkoliv z obou chromozomů z homologního páru (otcovský i mateřský)
 - *kombinaci* chromozomů v gametách – v každé gametě je jiná „směs“ = kombinace mateřských a otcovských chromozomů
 - *rekombinaci* – ta je důsledkem crossing overu, kdy dochází k výměně částí chromatid

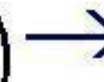
MEIÓZA



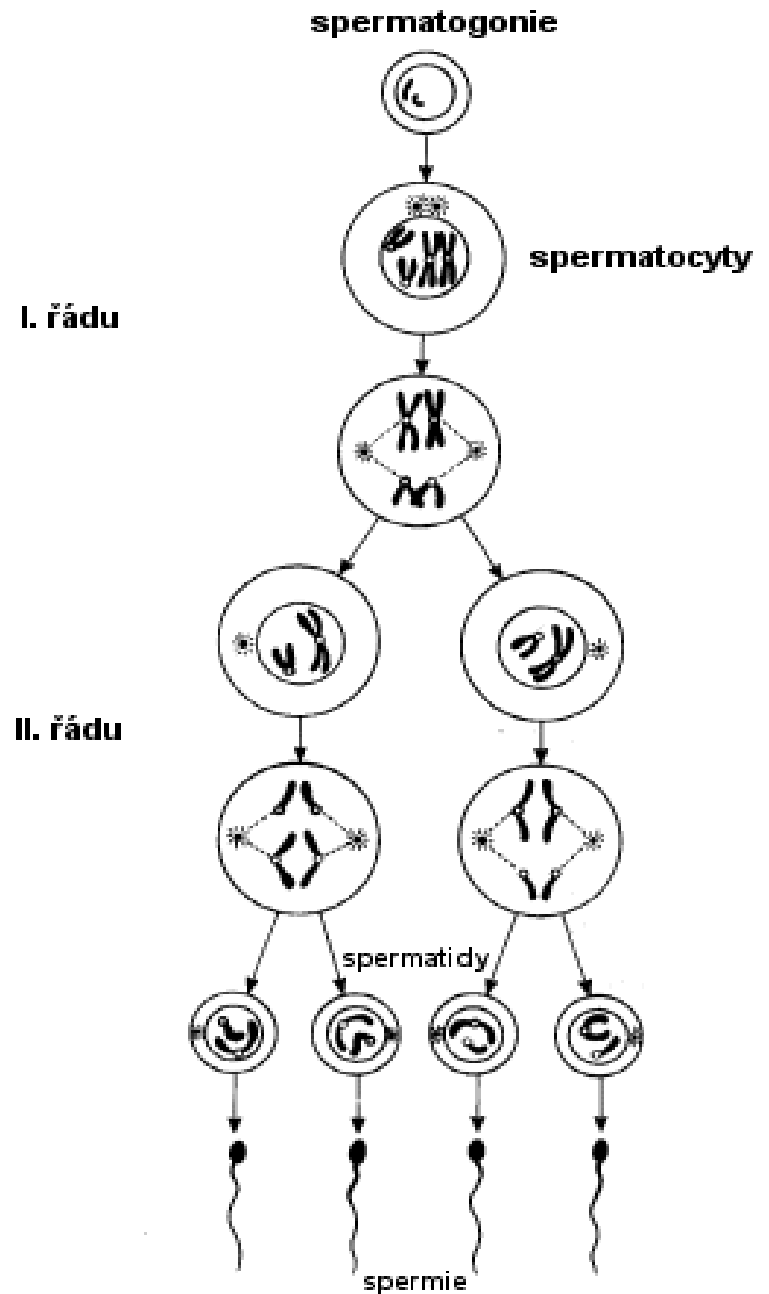
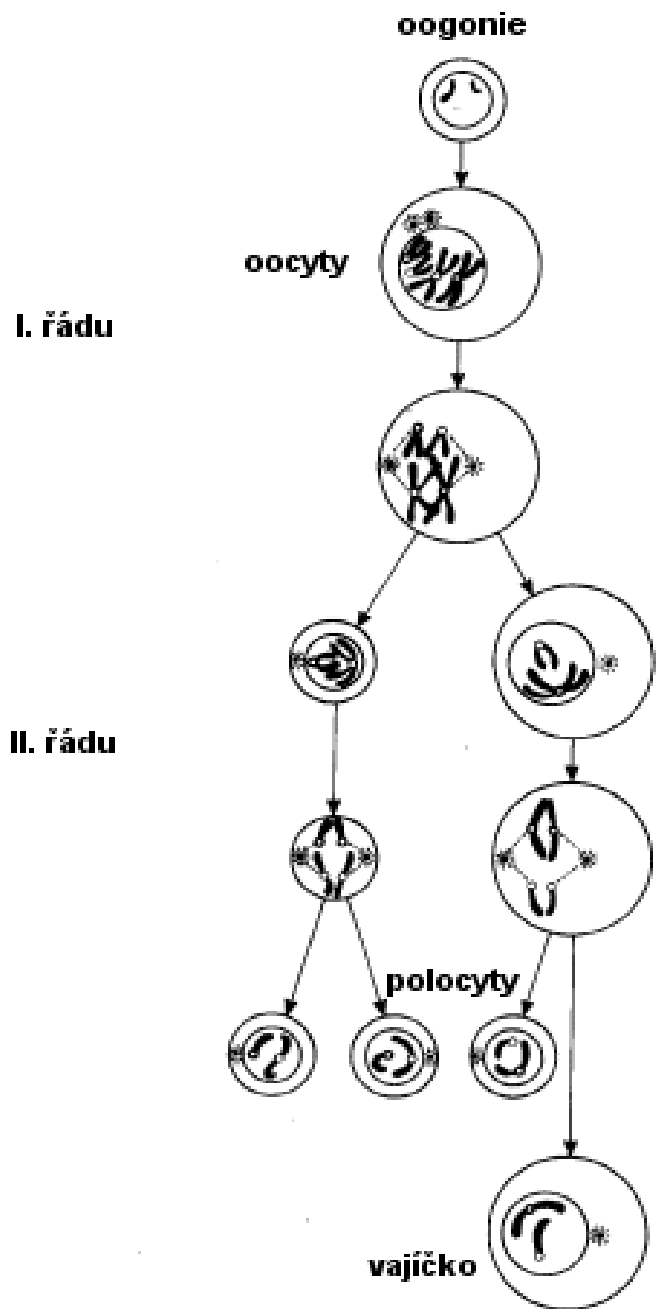
materská bunka



replikácia



pohlavné bunky



Zdroje obrázků:

<http://images.google.com/imgres?imgurl=http://data.babyonline.guonia.cz/Image/vyvoj-miminka/4-embryo2b.JPG&imgrefurl=http://www.babyonline.cz/vyvoj-miminka/prvni-tyden.html&usq= SJMcxA644L8QZQyxsZJMymR2-dg=&h=300&w=400&sz=22&hl=cs&start=9&itbs=1&tbnid=i8diYSCwPSn1PM:&tbnh=93&tbnw=124&prev=/images%3Fq%3Dbun%25C4%259B%25C4%258Dn%25C3%25A9%2Bd%25C4%259Blen%25C3%25AD%26qbv%3D2%26hl%3Dcs>

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c4/Cell_cycle.png/180px-Cell_cycle.png

<http://images.google.com/imgres?imgurl=http://www.iam.fmph.uniba.sk/web/genetika/stranky/andrea/images/telofaza.jpg&imgrefurl=http://www.iam.fmph.uniba.sk/web/genetika/stranky/andrea/vedelisteze3.html&usq= BsM6x9cgPgkRQG Rro9NTdvFFPY=&h=237&w=210&sz=10&hl=cs&start=5&itbs=1&tbnid=Mli0Hb2dtk6MIM:&tbnh=109&tbnw=97&prev=/images%3Fq%3Dtelof%25C3%25A1za%26qbv%3D2%26hl%3Dcs>

<http://www.iam.fmph.uniba.sk/web/genetika/stranky/andrea/images/mitoza.jpg>

http://www.infovek.sk/predmety/biologia/diplomky/biologia_bunky/Obrazky%20diplomovky/Tetrada.gif

http://nd01.blog.cz/877/378/4e38978fb8_31959946_o2.jpg

http://www.phschool.com/science/biology_place/labbench/lab3/images/crossovr.gif

http://www.infovek.sk/predmety/biologia/diplomky/biologia_bunky/Obrazky%20diplomovky/Tetrada.gif

http://nd01.blog.cz/394/644/52b66519cf_31960012_o2.jpg

http://nd01.blog.cz/394/644/52b66519cf_31960012_o2.jpg

<http://www.iam.fmph.uniba.sk/web/genetika/stranky/andrea/images/mitoza.jpg>

http://images.google.cz/imgres?imgurl=http://sci.muni.cz/ptacek/REPRODUKCE2_soubory/image011.gif&imgrefurl=http://sci.muni.cz/ptacek/REPRODUKCE2.htm&usq= cBlwiJmU8zoJlByFbvFllQhMLA8=&h=492&w=290&sz=13&hl=cs&start=1&um=1&itbs=1&tbnid=WwTlrvnzHYH02M:&tbnh=130&tbnw=77&prev=/images%3Fq%3Dgametogeneze%26hl%3Dcs%26lr%3D%26sa%3DN%26um%3D1