

ПРИРОДНЕ НАУКЕ III

ЕМБРИОЛОГИЈА

4. предавање

MMXXV

Проф. др Данијела Петровић

Педагошки факултет – Сомбор
Универзитет у Новом Саду

БИОЛОГИЈА РАЗВИЋА

- Биологија развића проучава индивидуални пут развоја организма од момента зачећа па до формирања зреле јединке, а у ширем смислу и до краја живота.
- Индивидуални пут развића једног организма назива се **онтогенија** (гр. *ontos* – бити; *genesis* – стварање, креација); док се еволуционо развиће живих бића тј. врста од момента појаве на Земљи па до данас назива **филогенија** (гр. *filon* – родбина, врста, племе; *genesis* – стварање, креација).
- Етапе у развоју индивидуе:
 - формирање гамета
 - настанак зигота
 - диференцијација ћелија и настанак ткива и органа
 - рођење
 - раст, матурација, старење

- **Ембриологија** (гр. embrien - нерођен, који расте; logos - наука) проучава низ етапа индивидуалног развића организма (у ширем смислу).
- Ембриологија је наука која проучава развој организма (ембриона) од момента оплођења јајне ћелије па до стадијума фетуса (у ужем смислу).
- Комбиновањем података из области ембриологије, генетике, молекуларне биологије, биохемије и еволуционе биологије објашњавају се веома комплексни процеси индивидуалног развића јединке.
- Индивидуални пут организма се завршава, али континуитет опстанка врсте, односно одређеног облика живота, остаје обезбеђен кроз природну појаву репродукције, чију основу чини деоба ћелије.

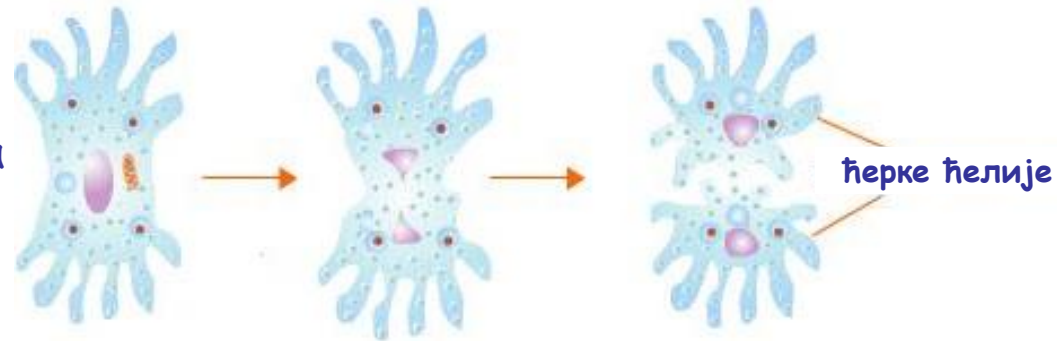
ЋЕЛИЈСКА ДЕОБА

- Свака ћелија, било да је део вишећелијског организма или је пак једноћелијски организам, води порекло само од претходне ћелије.
- лат. "omnis cellula e cellula" свака ћелија од ћелије (Virchow 1865.)

- **АМИТОЗА** (проста тј. директна деоба)

- присутна је код једноћелијских организама, много ређе код вишећелијских

- 1) **Бинарна** - једро се подели на два приближно једнака дела, а потом се око тих делова издвоји цитоплазма
 - разликује се обична, трансферзална и лонгитудинална бинарна амитоза.



<http://www.tutorvista.com/content/biology>

2) **Мултипна фисија** - једро се подели на више мањих делова, а потом се око тог сваког новонасталог нуклеуса издваја цитоплазма.

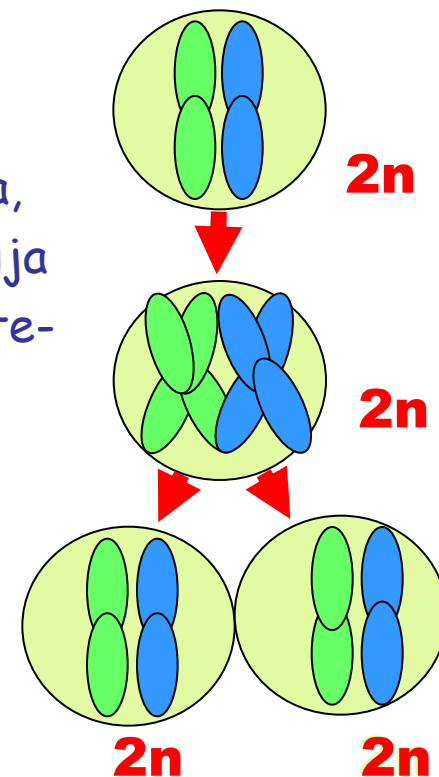
3) **Пупљење** - образују се израштаји на или унутар ћелије, који се потом одвајају од матичне ћелије и настављају свој животно циклус (хидре, сунђери и др.).

4) **Фрагментација** - појава када се организам раздваја на више делова од којих сваки наставља развиће у комплетан организам (морска анемона, пљоснати црви и др.).



<http://www.tutorvista.com/content/biology>

- **МИТОЗА** (индиректна деоба)
 - Најраспрострањенији тип деобе у живом свету, њоме настају **соматске (телесне) ћелије**.
 - Деоба у којој од једне ћелије са **диплоидним бројем хромозома** настају две ћерке ћелије са **истим бројем хромозома** као мајка ћелија ($2n$).
 - Увећање броја ћелија, а да се при томе **не мењају генетичка својства**.
- ❖ **Ћелијски циклус** се састоји од:
 - 1) **интерфазе** – припремна фаза у којој долази до низа молекуларних, биохемијских процеса, (као нпр. активна синтеза протеина, репликација ДНК, удвајање хромозома, синтеза високоенергетских једињења)
 - 2) **митозе**, која се дели на
 - **профазу**
 - **метафазу**
 - **анафазу**
 - **телофазу**



1) ИНТЕРФАЗА (лат. inter – између)

- Ово је део ћелијског циклуса између две деобе и траје најдуже у животу ћелије, јер се управо у овој фази врше обимне припреме за ћелијску деобу.

- Интерфаза се састоји од три дела:

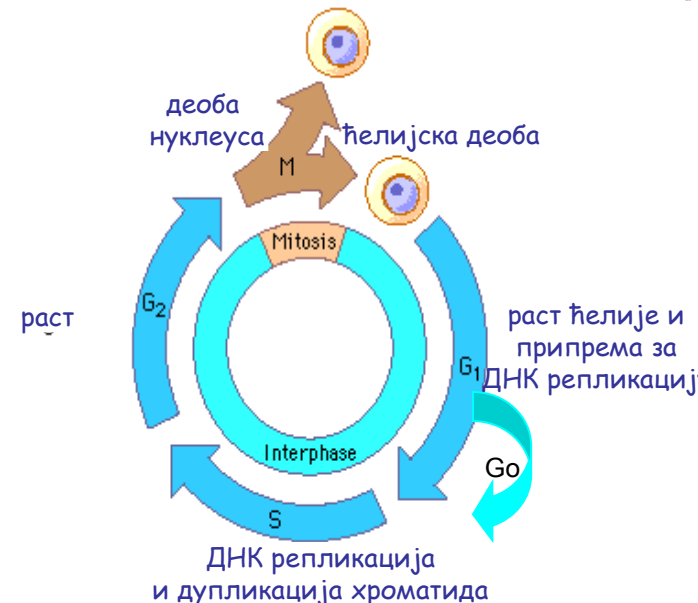
1) **пресинтетичка фаза (G1)** – обухвата раст ћелије до величине која одговара датом типу ћелије (интензивна синтеза протеина у цитоплазми), а такође и припрему једра за наредну фазу.

У овој фази хромозоми се састоје од по једне хроматиде.

2) **синтетичка фаза (S)** – обухвата репликацију ДНК молекула, као и синтезу хистонских протеина (улазе у састав нуклеозома) и дупликацију центриола. У овој фази хромозоми се састоје од по две хроматиде.

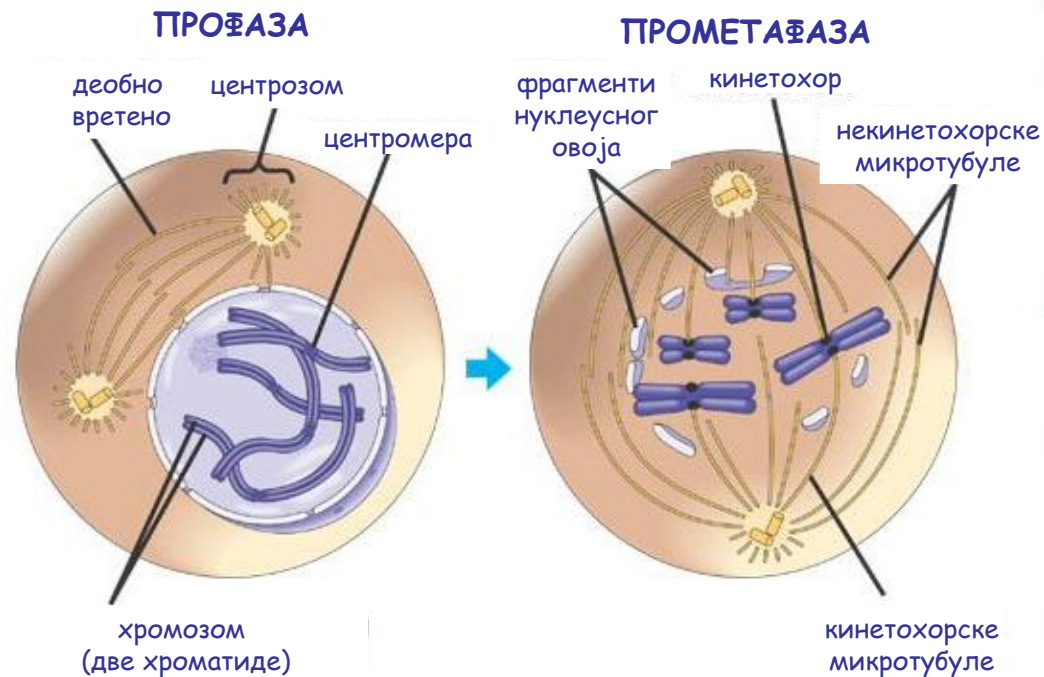
3) **постсинтетичка фаза (G2)** – период у којем се ћелија спрема да уђе у деобу. Одвија се после репликације што значи да је количина ДНК дупло већа него у G1 фази.

- Ћелије које немају способност деобе, уместо у митозу, улазе у G0 фазу у којој остају до краја ћелијског живота.



2) МИТОЗА (у фазама)

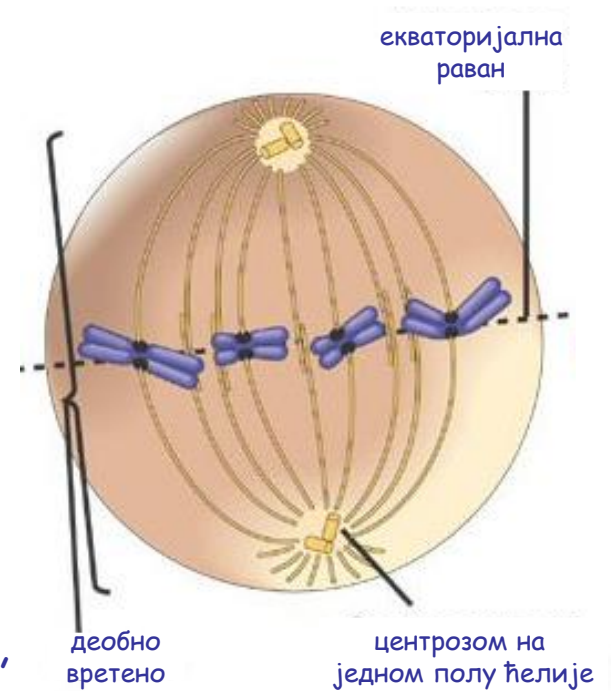
- **Профаза** (гр. pro - пре)
 - хромозоми се кондензују, и као резултат спирализације постају краћи и дебљи,
 - на хромозомима се лепо уочавају хроматиде спојене центромером,
 - ишчезава једарце,
 - нестаје једрова опна,
 - на сваком полу ћелије распоређен је по пар центриола,
 - око центриола зрачно се распоређују микротубуле,
 - полимеризацијом микротубула ка средишту тј. екватору ћелије, формира се деобно вретено.



- **Метафаза** (гр. мета - после)

- у овој фази хромозоми се најбоље уочавају јер су максимално кондензовани,
- завршава се образовање деобног вретена чије се нити пружају од центриола на половима ћелије, па до хромозома који су распоређени на екватору ћелије где формирају екваторијалну раван,
- хромозоми су преко **кинетохора** повезани са влакнима деобног вретена, а пошто је кинетохор паран, (са обе стране центромере по један), сваки је хромозом са једне стране везан за један пол а са друге за супротан пол ћелије,
- центромере се налазе строго у нивоу екваторијалне равни, на једнакој удаљености од оба пола ћелије и нормално у односу на нити деобног вретена.

МЕТАФАЗА



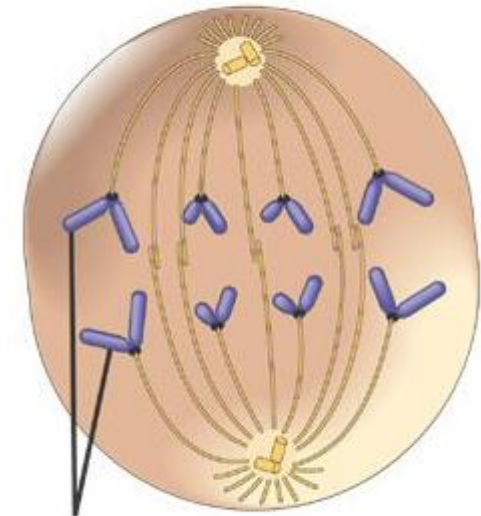
www.royaleb.wordpress.com

- **Анафаза** (гр. ана - горе)

- ова фаза почиње уздужном поделом центромере, чиме се сестринске хроматиде раздвајају (тј. хромозом се дели на два нова хромозома),

- хроматиде, које су сад нови хромозоми, се крећу ка супротним половима ћелије и то скраћивањем влакана деобног вретена (што се дешава уз утрошак молекула АТП-а),
- центромере имају круцијелну улогу у кретању хромозома током анафазе, и ако су на било који начин оне нарушене, долази до дезоријентације хромозома и неправилног раздвајања,

АНАФАЗА



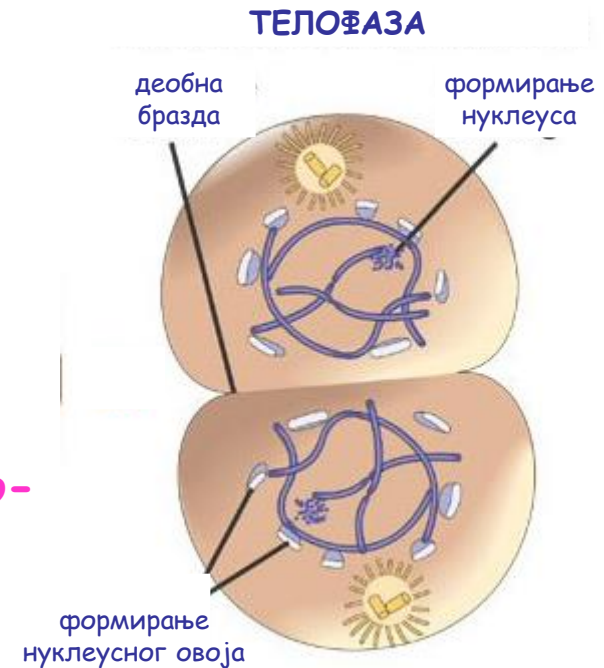
подељени
хромозоми

www.royaleb.wordpress.com

- крајем анафазе на сваком полу ћелије налази се онолико хроматида (односно хромозома) колико их је и било на почетку ћелијске деобе (хумана ћелија има 46 хромозома кад отпочне деобу и крајем анафазе на сваком полу ћелије има по 46 хромозома).

- **Телофаза** (гр. telos - крај)

- ово је завршна фаза митотске деобе,
- хромозоми се деспирализују и враћају се у стање карактеристично за интерфазу,
- око хромозома на половима ћелије формира се нуклеусни овој,
- формира се једарце,
- истовремено се разлажу нити деобног вретена, и формира деобна бразда (анимална ћелија) односно плоча (биљна ћелија), којом се равномерно подели цитоплазма - **ЦИТОКИНЕЗА**,
- нове ћерке ћелије имају **идентичан број хромозома** као мајка ћелија, али је количина цитоплазме упола мања, а током периода раста у интерфази ћерке ћелије достижу величину ћелије од које су потекле.



- **МЕЈОЗА** (редукциона деоба; лат. *reductio* - смањење)

- Деоба у којој се број хромозома у новонасталим ћелијама редукује на пола у односу на мајку ћелију.

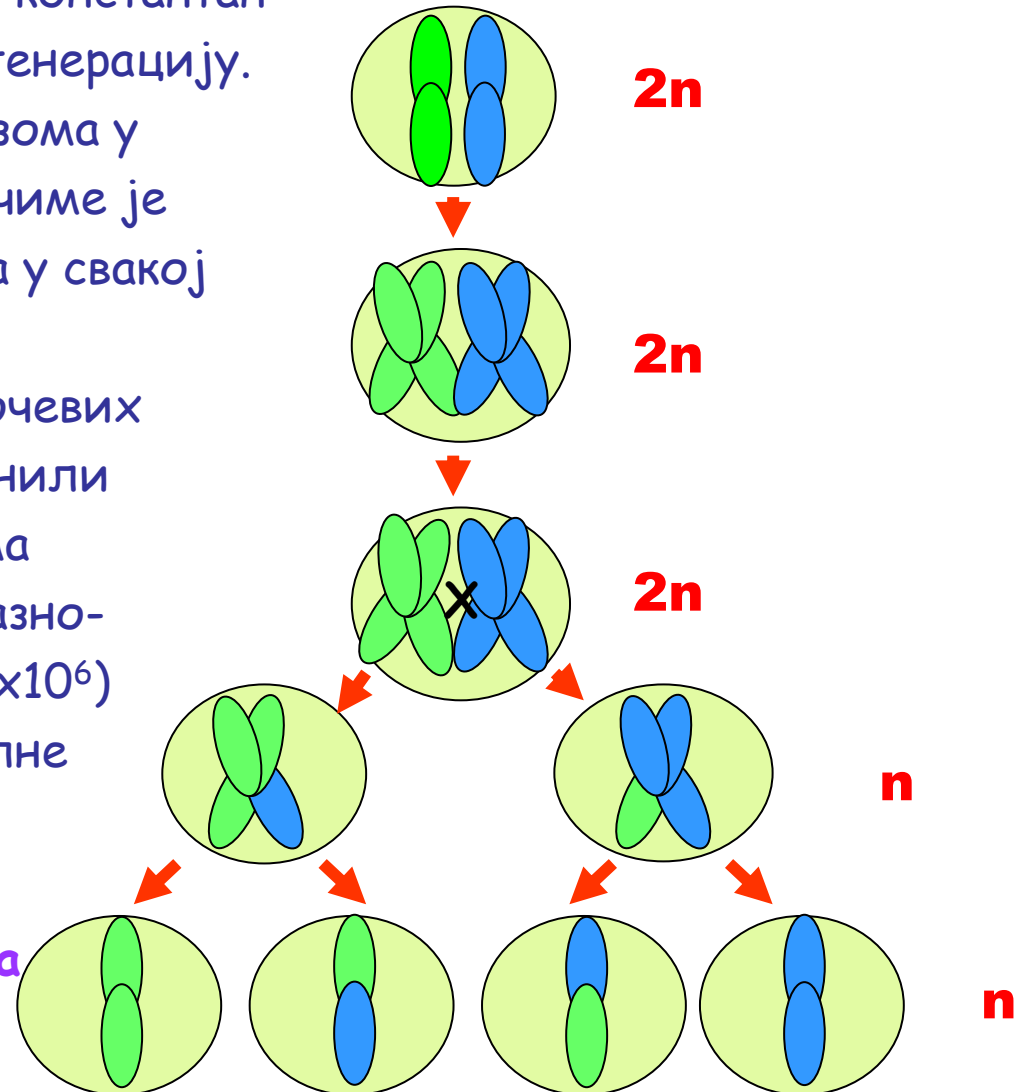
- Број хромозома је у свакој врсти константан и он се одржава из генерације у генерацију.

Мејозом се редукује број хромозома у **полним ћелијама (гаметима)**, чиме је избегнуто дуплирање хромозома у свакој наредној генерацији.

- Случајни распоред мајчиних и очевих хромозома, који су још и разменили генетички материјал, у гаметима доводи до огромне генетичке разноврсности код потомства ($2^{23} \approx 8 \times 10^6$)
- Мејоза се састоји од две узастопне деобе:

1) **мејоза I - редукциона деоба**

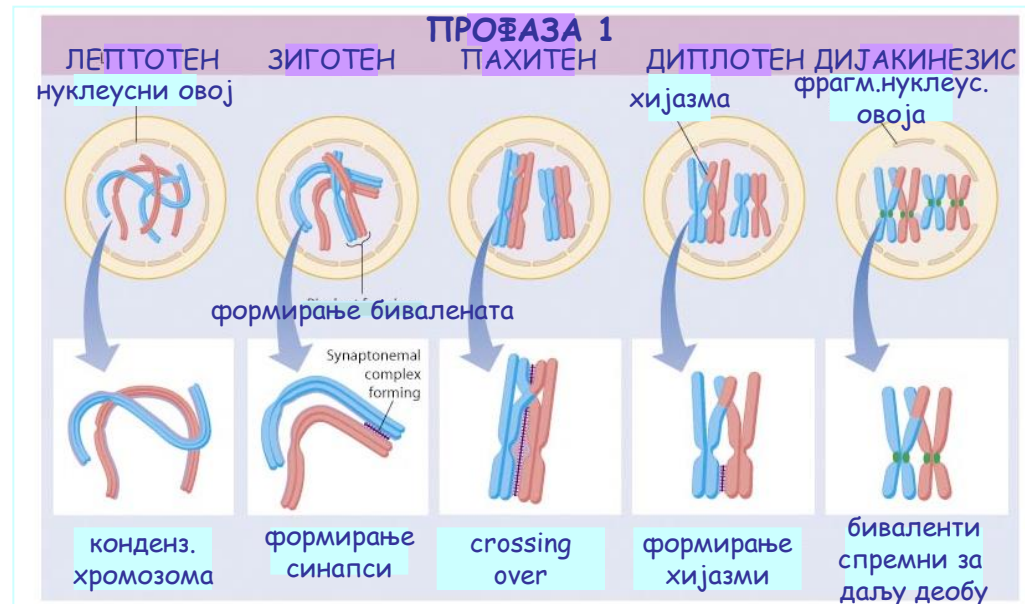
2) **мејоза II - еквациона митоза**



МЕЈОЗА I

Профаза I

- 1) **Лептотен** – почиње кондензовање хроматина, хромозоми се уочавају као кончасте творевине које су својим крајевима везане за нуклеусни овој.
- 2) **Зиготен** – спаривање хомологих хромозома и формирање синапси; упарени хромозоми се називају **биваленти** или **тетраде** (по 4 хроматиде).
- 3) **Пахитен** – кондензација бивалената; размена генетичког материјала између несестринских хроматида хомологих хромозома – **crossing over**.
- 4) **Диплотен** – даља кондензација хроматида и удаљавање хромозома који остају спојени само на местима crossing over-а тзв. **хијазмама**.
- 5) **Дијакинезис** – потпуна кондензација хромозома и ишчеђавање нуклеусног овоја и нуклеолуса.

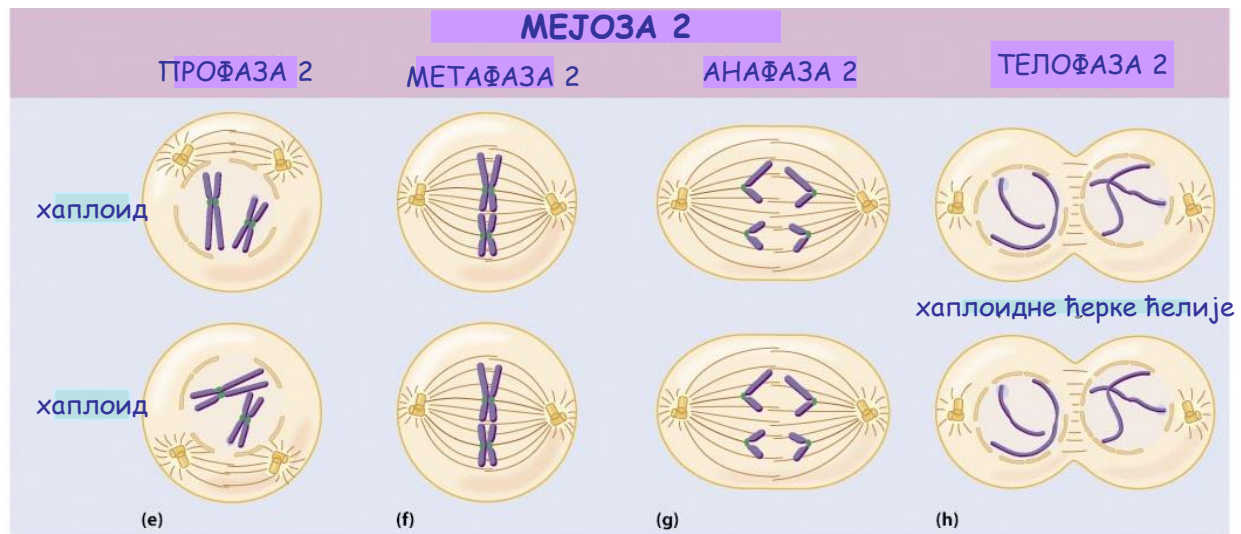


- **Метафаза I** – формира се деобно вретено; биваленти хомологих хромозома се смештају у екваторијалну раван; центромера једног хромозома из пара је везана нитима деобног вретена за један пол ћелије, а центромера другог за супротни пол ћелије.
- **Анафаза I** – биваленти се одвајају, кидају се хијазме и читави хромозоми одлазе на супротне полове ћелије. **Ово је кључна фаза у мејози, јер долази до редукције броја хромозома (од $2n$ -диплоидан на n -хаплоидан).** У хуманој ћелији од сваког од 23 пара по један хромозом одлази на супротне полове ћелије; ствар је случајности који ће тачно хромозом из датог пара завршити на којем крају.
- **Телофаза I** – образовање нуклеусног овоја око хромозома на половима ћелије, формирање нуклеолуса и подела цитоплазме. Завршетком ове фазе настале су две нове ћелије са дупло мањим бројем хромозома.



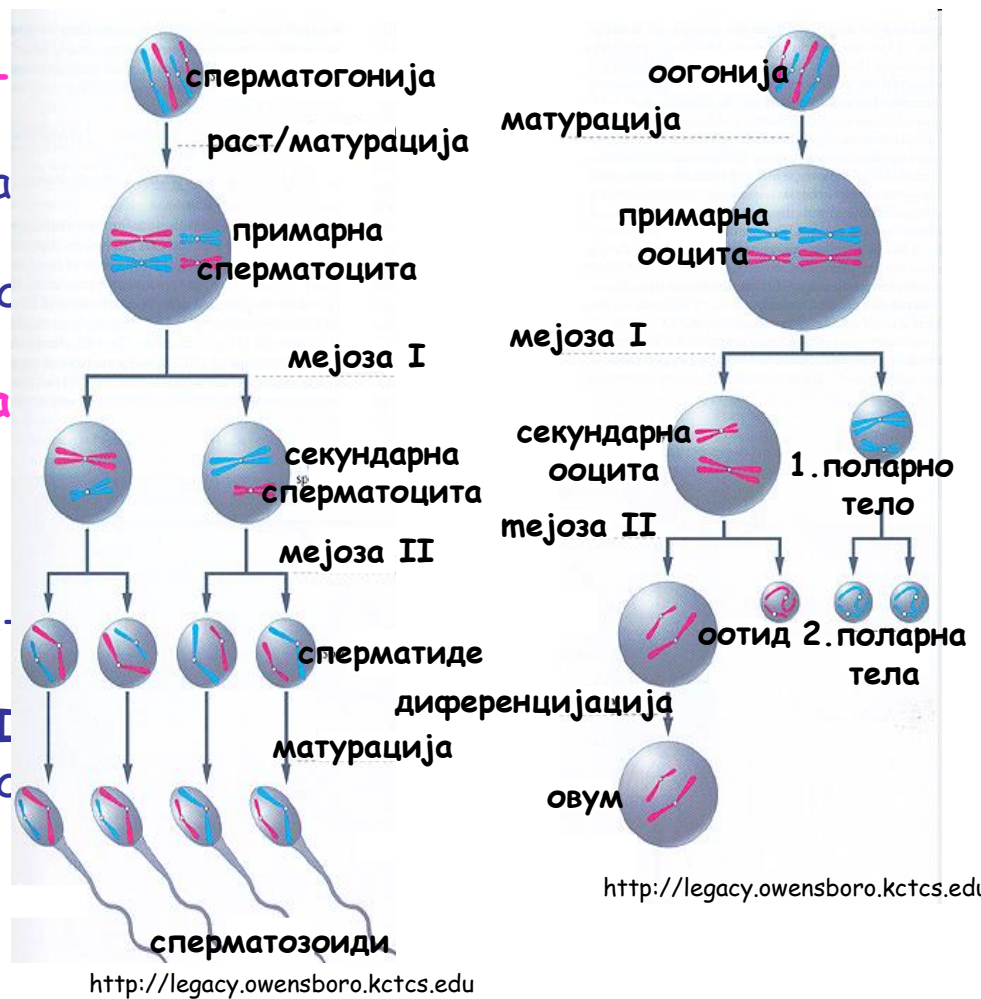
• МЕЈОЗА II

- Обе ћелије настале током мејозе I улазе у мејозу II.
- Ова деоба је слична митози, осим што хроматиде нису идентичне због обављеног crossing over-а у профазу прве деобе.
- На крају ове деобе настају четири ћелије које имају исти, хаплоидан број хромозома као и две ћелије од којих су настале.
- Мејотичком деобом се обезбеђује редукција броја хромозома у гаметима као и случајна прерасподела очевих и мајчиних гена и самим тим разноврсност потомства.



ГАМЕТОГЕНЕЗА

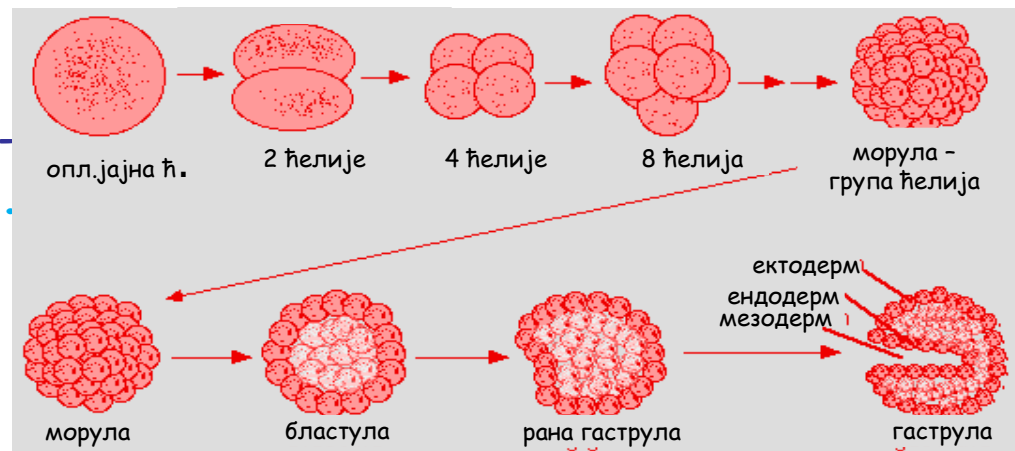
- Процес у коме се формирају полне ћелије - **гамети**.
- Сперматогенеза** - формирање мушких полних ћелија - **сперматозоида**.
- Оогенеза** - формирање женских полних ћелија - **јајних ћелија, овума**.
- Примарне герминативне ћелије су сперматогоније односно оогоније ($2n$ број хромозома). Њиховим растом и диференцијацијом настају **примарне сперматоците** односно **примарне ооците**, које после фазе раста улазе у фазу сазревања, које се обавља кроз мејозу. У мејози I настају ћелије са хаплоидним бројем хромозома, и то **две секундарне сперматоците** (мушки пол) и једна крупна **секундарна ооцита** и мала **полоцита I** (женски пол). У мејози II од две сперматоците настају **четири сперматиде** које матурацијом дају **сперматозоиде**; док од ооците настају **јајна ћелија** и **полоцита II**. Од полоците I такође настају **полоците II**. Од једне примарне ооците настаје само једна функционална јајна ћелија и три поларна телашца која пропадају.



• ОПЛОЂЕЊЕ И ЕТАПЕ ЕМБРИОГЕНЕЗЕ

- Спајање мушких и женских гамета назива се оплођење, односно **фертилизација**.
- Резултат овог спајања је оплођена јајна ћелија коју називамо **ЗИГОТ**.
- Према месту фертилизације разликујемо:
 - 1) **Спољашње оплођење** – присутно код већине водених организама; гамети се избацују у спољашњу средину где долази до њиховог спајања.
 - 2) **Унутрашње оплођење** – присутно код већине копнених организама, нарочито птица и сисара; спајање гамета се одвија у полном апарату женки.
- Појава развића организма из неоплођене јајне ћелије назива се **партеногенеза**. Ово ембрионално развиће јајне ћелије која није оплођена присутно је код неких инсеката и ракова.

- У ембрионалном развићу разликујемо неколико стадијума:
- Деобом зигота настају **бластомере**, и то 2 па 4 па 8 па 16 па 32 па 64 итд.
- Резултат ових интензивних деоба је **морула** (лат. *morus* -дуд), која броји мноштво ћелија.
- Даљом деобом ћелија моруле и њиховом прерасподелом настаје **бластула**, која има форму једнослојне лопте са унутрашњом шупљином **бластоцелом**. Овај стадијум у развићу означен је као - **бластоциста**. Површински слој ћелија означен је као примарни клицин лист или **ектодерм**.
- Даљим развојем бластуле настаје **гаструла**, на тај начин што ектодерм почиње формирање инвагинација чиме настају два нова клицина листа **мезодерм** и **ендодерм**.
- Клицини листови представљају основ за даљи развој одређених ткива и органа у процесу органогенезе.



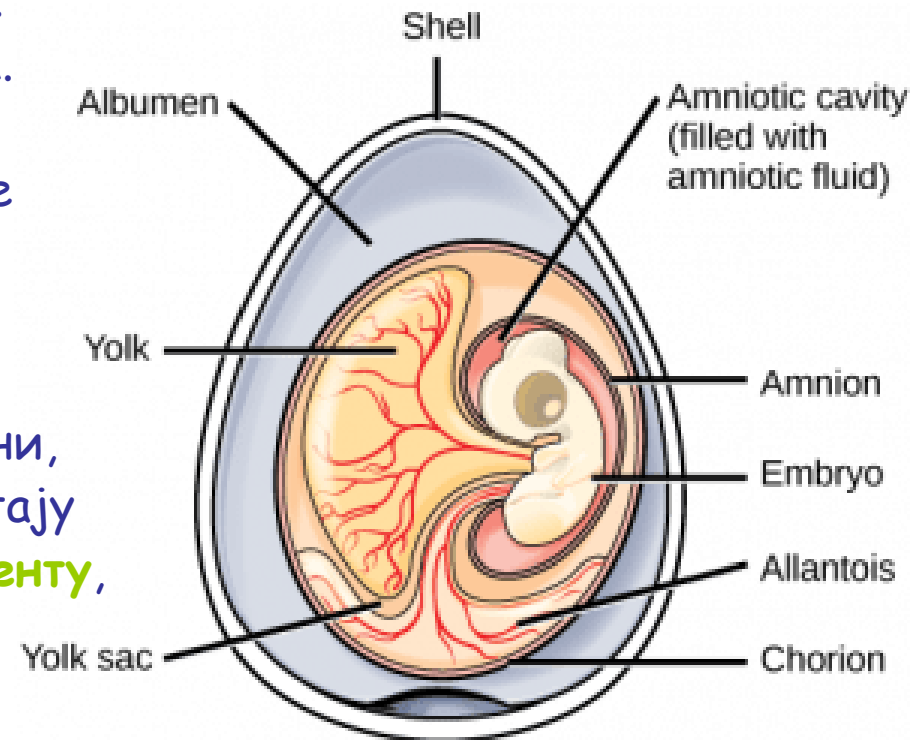
www.forumsains.com

Диференцијација три клицина листића у ембриогенези човека:

- ектодерм** - формира кожу, нокте, зубе, нервни систем, део ока и уха, косу...
- мезодерм** - формира кости, хрскавице, мишиће, везивно ткиво, крвне судове, срце, слезину
- ендодерм** - формира многе органе дигестивног, респираторног и уринарног тракта, као и јетру и панкреас

• Ембрионални омотачи

- Имају их гмизавци, птице и сисари.
- **Амнион** - омотач око ембриона који има заштитну улогу, оивичава амнионску шупљину која је испуњена амнионском течношћу.
- **Алантоис** - омотач са респираторном и екскреторном функцијом.
- **Хорион** - спољашњи заштитни омотач.
- **Вителус** - храна за ембрион до рођења.
- Код сисара су јајне ћелије веома мале те немају вителус, па се читав процес ембриогенезе одвија у телу мајке (у материци). Амнион, алантоис и хорион су присутни, али модификовани, тако да део алантоиса и хориона срастају са зидом материце формирајући **плаценту**, преко које је ембрион повезан са крвотоком мајке и на тај начин снабдевен храном и кисеоником.



The key features of an amniotic egg are shown, including the four extra embryonic membranes.
Image credit: OpenStax Biology
<https://organismalbio.biosci.gatech.edu/growth-and-reproduction/animal-development-ii/>

- **Постембрионално развиће**

- **Директно** – код комплекснијих врста, чије јединке већ рођењем анатомски и морфолошки личе на своје претке и остале јединке исте врсте.
- **Индијектно** – код једноставнијих организама (неки инсекти, глисте, водоземци и рибе) који на рођењу имају низ анатомских, морфолошких и физиолошких разлика са својим прецима, и да би преживели и обезбедили континуитет врсте, морају проћи кроз процес преображења који се назива метаморфоза.

- 1) **потпуна метаморфоза**

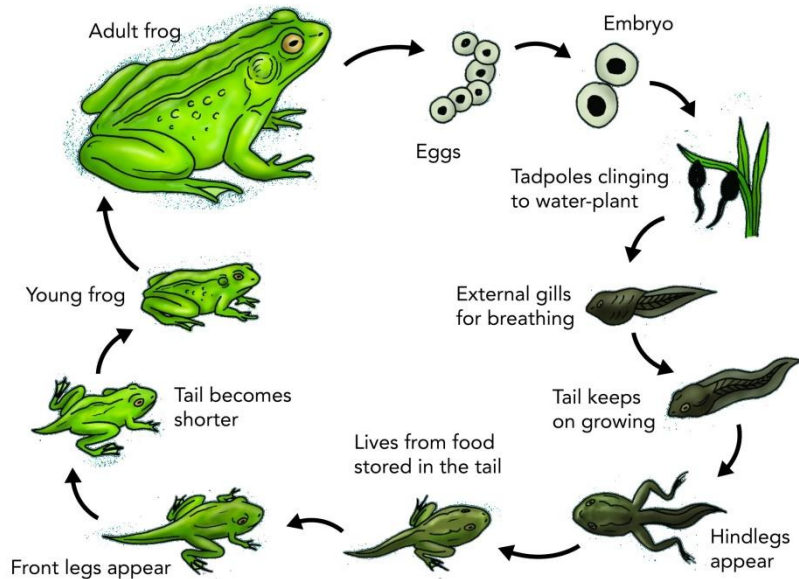
- оплођена јајна ћелија → ларва → лутка → имаго (одрасла јединка)

- 2) **непотпуна метаморфоза**

- оплођена јајна ћелија → ларва → имаго



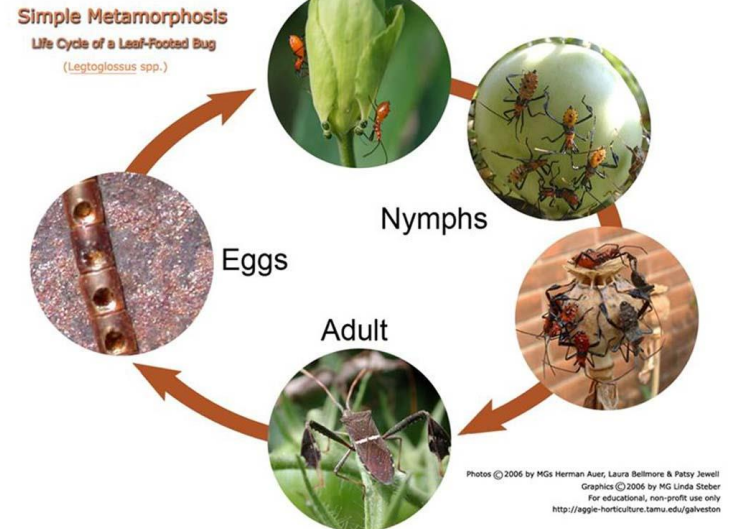
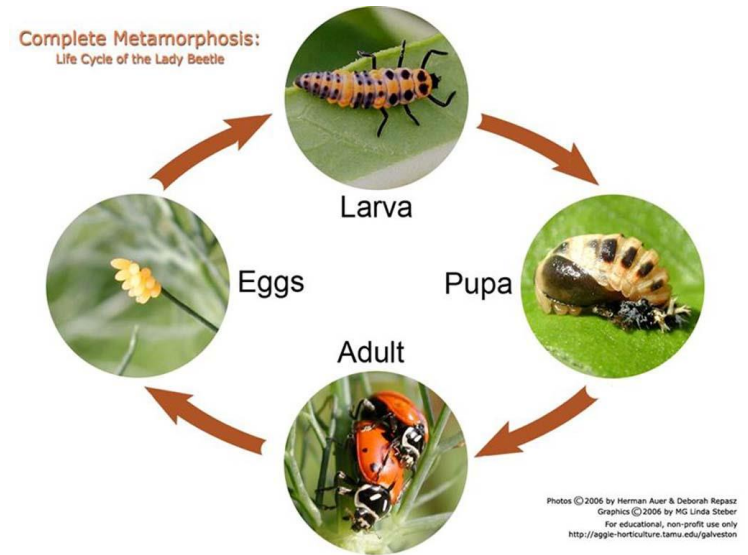
Метаморфоза жаба



<https://socratic.org/questions/what-does-the-metamorphosis-of-a-frog-involve>



Метаморфоза инсеката



https://aggie-hort.tamu.edu/galveston/beneficials_intros/beneficials-D_type_metamorphosis.htm

- **Раст, развој и старење**

- Разликујемо два типа раста: **ограничен** и **неограничен**.
- Код животиња и човека раст је ограничен, хормонски је регулисан и обично престаје са сазревањем и стицањем полне зрелости.
- Код биљака раст је неограничен и регулишу га творна ткива (меристеми) и фитохормони.
- Брзина и трајање раста је индивидуално за сваку врсту, а осцилације између јединки исте врсте могу бити условљене климатским факторима као и исхраном.
- Такође постоје велике осцилације међу врстама и у дужини животног века, тако да нпр. неке животињске врсте живе пар сати а неке и по неколико стотина година.
- Старење је феномен који се манифестује низом физиолошких и анатомских промена у организму, које су настале као последице генетских и биохемијских промена у ћелијама.
- **Геронтологија** је посебна научна дисциплина која проучава процес старења код људи, док се **биологија старења** генерално бави овим феноменом.

НАЈДУГОВЕЧНИЈИ ОРГАНИЗМИ У ЦАРСТВУ БИЉАКА



Баобаб

https://sr.wikipedia.org/sr-ec/%D0%91%D0%B0%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%B1#/media/%D0%94%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0:Baobab-Victoria_Lakes.jpg



Секвоја



Велвичија

<https://www.theguardian.com/theobserver/2010/may/02/rachel-sussman-oldest-plants>

НАЈДУГОВЕЧНИЈИ ОРГАНИЗМИ У ЦАРСТВУ БИЉАКА



<https://preparednessmama.com/magnificent-3000-year-old-olive-tree-still-produces-delicious-olives-to-this-day/>

Маслина



<https://www.nps.gov/grba/planyourvisit/identifying-bristlecone-pines.htm>

Чекињасти бор



Чемпрес

https://en.wikipedia.org/wiki/Cupressus_sempervirens#/media/File:Cypress_of_Abarqu.JPG

НАЈДУГОВЕЧНИЈИ ОРГАНИЗМИ У ЦАРСТВУ ЖИВОТИЊА



https://animals.fandom.com/wiki/Aldabra_Giant_Tortoise?file=Tortoise-Aldabra3.jpg

Алдабра џиновске корњаче



Гренландска ајкула

<https://www.dw.com/en/greenland-shark-extinction-iucn-red-list-global-ideas/a-19468528>

© picture-alliance/dpa/Oceans Image

НАЈДУГОВЕЧНИЈИ ОРГАНИЗМИ У ЦАРСТВУ ЖИВОТИЊА



Океанска квахог шкољка

<https://www.csmonitor.com/Science/2013/1115/Scientists-discover-world-s-oldest-clam-killing-it-in-the-process>



Вулкански сунђер

<https://www.atlasobscura.com/places/volcano-sponge-mcmurdo-sound>

НАЈДУГОВЕЧНИЈИ ОРГАНИЗМИ У ЦАРСТВУ ЖИВОТИЊА



<https://dolphinbay.co.za/the-immortal-jellyfish/>

Бесмртна медуза

<https://thebiologist.rsb.org.uk/biologist-features/everlasting-life-the-immortal-jellyfish>

'Ontogeny reversal' in *Turritopsis dohrnii*

