

др Гордана Димеска

мр Александар Алексовски

Биљана Илиева

УЏБЕНИК ЗА ОСМИ РАЗРЕД ОСНОВНОГ ОБРАЗОВАЊА

БИОЛОГИЈА 8



др Гордана Димеска

мр Александар Алексовски

Биљана Илиева

БИОЛОГИЈА 8

УЏБЕНИК ЗА ОСМИ РАЗРЕД ОСНОВНОГ ОБРАЗОВАЊА



Скопје, 2026
(прво издање)

БИОЛОГИЈА 8 учебник за осми разред основног образовања

Прво издање, 2026

Ауторска права © 2026, Алби ДОО

Издавач	Алби ДОО, Скопје 2026
Автори	др Гордана Димеска мр Александар Алексовски Биљана Илиева
Уредник	мр Дафина Клековска
Наслов оригинала	Биологија 8 учебник за осмо одделение во основно образование
Превод са македонског на српски	Ирена Божовић
Лектор	Биљана Спасовска
Стручни сарадник	Симона Давидова
Дизајн и графичко уредивање	Младен Јахимовски
Штампа	Бранко Гапо – графичко производство, Скопје 2026
Тираж	40

Сва права су задржана. Ниједан део ове књиге не сме бити прештампаван, ни пренесен у било којем облику или било каквим средствима, електронским или механичким, укључујући и фотокопирање или чување у систему за поновно проналажење, без писмене сагласности издавача.

Овај учебник је одобрен за употребу у основном образовању. Одлуком за одобравању и употребу учебника из наставног предмета Биологија за 8 разред у основном образовању, бр. 26-652/1 од 21.05.2026, издатог од стране Министарства за образовање и науку РС Македоније.

Рецензентска комисија: проф. др Ленка Цветановска, проф. др Мире Спасов, Гордана Насковска

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

373.3.016:57(075.2)=163.41

ДИМЕСКА, Гордана

Биологија 8 : учебник за осми разред основног образовања / [аутори Гордана Димеска, Александар Алексовски, Биљана Илиева ; превод са македонског Ирена Божовић]. - Скопје : Алби, 2026. - 292 стр. : илустр. ; 27 см

Превод на делото: Биологија 8 : учебник за осмо одделение во основно образование. - Терминолошки речник: стр. 284-290. - Библиографија: стр. 291-292

ISBN 978-608-241-075-3

1. Алексовски, Александар [автор] 2. Илиева, Биљана [автор]

COBISS.MK-ID 69112581

Садржај

Тема 1 Животни процеси у биљкама

1.1 Дифузија	8	1.10 Дисање	48
1.2 Значај дифузије код биљака	14	1.11 Однос између фотосинтезе и дисања	52
1.3 Грађа цветних биљака	17	1.12 Грађа корена	56
1.4 Грађа листа	20	1.13 Грађа стабла	61
1.5 Адаптације биљака на фотосинтезу	25	1.14 Транспорт воде и минерала у биљкама	66
1.6 Фотосинтеза	29	1.15 Транспирација	71
1.7 Значај фотосинтезе за жива бића	33	Питања за проверу знања из Теме 1	76
1.8 Услови за одвијање фотосинтезе	38		
1.9 Пренос енергије	43		

Тема 2 Размножавање и развој живих организама

2.1 Размножавање код биљака – бесполоно размножавање	82	2.10 Бесполоно размножавање код животиња	117
2.2 Грађа цвета	87	2.11 Полоно размножавање код животиња	120
2.3 Опрашивање	93	2.12 Спољашна и унутрашња оплодња	122
2.4 Оплодња	96	2.13 Развој младих животиња	127
2.5 Формирање плода	99	2.14 Развој код гмизаваца и птица	133
2.6 Семе	103	2.15 Ембрионални развој код сисара	137
2.7 Расејавање	106	Питања за проверу знања из Теме 2	140
2.8 Услови за клицање семена	110		
2.9 Размножавање код животиња	114		

Тема 3 Размножавање и развој код људи

3.1 Репродуктивни систем код људи	146	3.9 Планирање породице и контрацепција	179
3.2 Полоно сазревање код људи	150	3.10 Сексуална и репродуктивна права и брига о сопственом сексуалном и репродуктивном здрављу	184
3.3 Оплодња код људи	155	3.11 Светска популација	188
3.4 Ембрионални развој	158	3.12 Изазови раста светске популације	192
3.5 Одржавање здравља током трудноће	162	Питања за проверу знања из Теме 3	196
3.6 Рађање	167		
3.7 Развојне фазе људског животног циклуса	170		
3.8 Сексуално и репродуктивно здравље	175		

Тема 4 Адаптације живих организама

4.1 Адаптације живих организама на абиотичке факторе	202	4.4 Адаптације организама различитим стаништима	219
4.2 Адаптације живих организама на биотичке факторе	208	4.5 Утицај климатских промена на живе организме	223
4.3 Врсте адаптација	212	Питања за проверу знања из Теме 4	228

Тема 5 Еволуциони развој живих бића, природна и вештачка селекција

5.1 Стварање планете Земље и настанак живота	232	5.8 Чарлс Дарвин и његови савременици	268
5.2 Еволуција као наука	236	Ламарк и Волис	272
5.3 Геолошка временска скала	240	5.9 Борба за опстанак	272
5.4 Палеонтологија – наука о животу у прошлости	249	5.10 Вештачка селекција и поређење природне и вештачке селекције	277
5.4 Еволутивно порекло човека	253	Питања за проверу знања из Теме 5	280
5.6 Људски преци	258		
5.7 Докази о еволуцији	264		

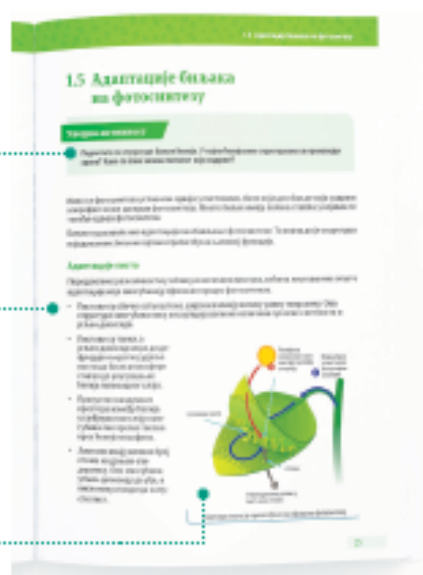
Терминолошки речник	284
Корисна литература	291

Структура уџбеника

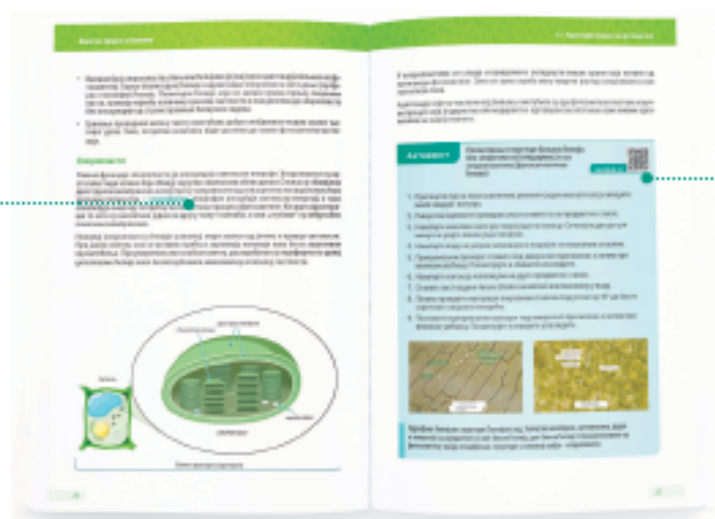
Уводна активност – кроз питања и активности подстиче се дискусија међу ученицима како би се подсетили претходних знања на којима ће се градити нова.

Наставне јединице имају структуриран аналитички приступ предвиђеном садржају, са јасним, прецизним и разумљивим текстом, који трансформише сложене биолошке принципе у применљива знања.

Јасни **визуелни прикази** који допуњују текст.



Видео експерименти – којима се приступа скенирањем QR кодова, представљају виртуелну лабораторију у којој се детаљно објашњава поступак извођења, добијени резултати и изведени закључци.



Предвиђена стручна терминологија се уводи постепено, уз јасно обележавање **појмова**.



Активност – идеје за индивидуални рад, рад у паровима или групама ради продубљивања предвиђеног садржаја, уз истовремено развијање вештина критичког мишљења, презентације и дискусије.

Проверите шта сте научили – једноставна питања која сумирају главне аспекте сваке наставне јединице.

Занимљива биологија – занимљиве и фасцинантне информације везане за предвиђене теме.

Истражите ... – намењено самосталном истраживању ако желите да научите нешто више везано за предвиђени садржај.

Питања за обнављање теме могу се користити за процену разумевања свега што је обрађено и што је било намењено свакој од тема.



Речник појмова – кратак, јасан и прецизан опис научних појмова који се користе.



Подршка наставницима

Скенирањем QR кода можете приступити расподели стандарда за оцењивање из наставног плана и програма по одговарајућим лекцијама.

скенирај ме



Животни процеси у биљкама

Зелене машине: Невидљиви рад биљака

Биљке су једни од најмоћнијих система природе. Функционишу као савршено дизајниране машине. Њихова способност да црпе воду из дубине земљишта и транспортују је до највиших врхова, последица је специјализоване структуре корена и сложених процеса као што су дифузија и транспирација, који стварају снажну силу вуче.

Кључ њихове моћи лежи у њиховим листовима – природним соларним панелима где се одвија фотосинтеза. Кроз овај „магични“ процес, оне претварају сунчеву светлост у храну, стварајући основу за сав живот на планети. Проучавање ових организама открива нам да они нису само део пејзажа, већ су софистициране „лабораторије“ које, стварајући храну и кисеоник, одржавају свет живим.

Након проучавања ове теме, никада више нећете гледати биљке на исти начин!

- Дифузија
- Структура цветница
- Структура листа
- Фотосинтеза и пренос енергије

- Дисање и пренос енергије
- Структура корена и стабла
- Транспирација

У овој теми ћете научити:

1. да опишете дифузију и разумете њен значај у процесима фотосинтезе, дисања и транспирације код биљака;
2. да опишете структуру биљке и да повежете функцију биљних органа са процесима фотосинтезе, дисања и транспирације;
3. да објасните хемију фотосинтезе и начин трансформације/преноса енергије у природи, дисање као процес добијања енергије из хране и транспирацију као процес који биљци обезбеђује воду и минерале;
4. да направите разлику између фотосинтезе, дисања и транспирације као важних процеса за одржавање равнотеже хране, кисеоника и воде у природи.

1.1 Дифузија

Уводна активност

Размислите поново о три агрегатна стања материје. Како су честице биле распоређене у сваком од њих? Како мирис свеже печеног хлеба долази из рерне до вашег чула мириса?

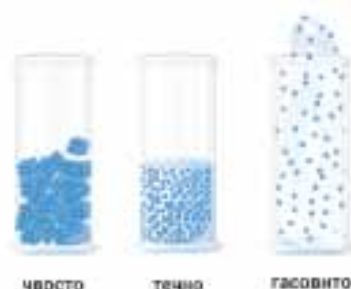
Све око нас је састављено од веома малих честица. Сто, свеска, дрвеће, па чак и човек су састављени од честица. Оне су веома мале и могу се видети само посебним електронским микроскопом. У природи се супстанце јављају у три агрегатна стања: чврстом, течном и гасовитом.

Честице у чврстом стању су распоређене веома близу једна другој, као резултат јаких привлачних сила које постоје између њих. Честице се могу кретати само вибрирањем у једном положају. Простор између честица је мали, тако да се супстанце у чврстом стању не могу збити и имати константан облик и запремнину.

У течностима, честице су распоређене насумичним редоследом. Простор између честица је мали, тако да се течности не могу збити (компримирати). Честице течности имају довољно енергије која им омогућава да се крећу једна поред друге, омогућавајући тако течности да тече. Течности имају константну запремнину (волумен), али попримају облик посуде у којој се налазе.

Честице у гасовима имају велики простор између себе и распоређене су насумично. Стога се гасови могу збити. Честице у гасовима се могу слободно кретати кроз простор у било ком правцу. Честице гасова се крећу праволинијски, а током свог кретања сударају се са другим честицама или са зидовима посуде у којој се налазе. Гасови немају константан и дефинитиван облик и запремнину.

Одатле можемо закључити да честице течности и гасова имају способност кретања.



Шема честица у чврстом, течном и гасовитом стању

Кретање честица у течностима и гасовима

Ако ставимо кесицу чаја од хибискуса или бруснице у чашу вреле воде, после неког времена ћемо приметити да ће сва вода равномерно постати обојена. Како је течност постала црвена без мешања кашиком?



Прављење чаја у врућој води

Боја чаја и вода се састоје од честица. Честице боје чаја напуштају чврсте делове чаја и мешају се са честицама воде, тако да ће боја бити равномерно распоређена кроз течност. Честице боје у кесици чаја су у почетку имале високу концентрацију. У води су почеле да се крећу и на крају су се равномерно распоредиле кроз течност.

Ова расподела честица по расположивом простору као резултат њиховог сталног кретања, од места веће концентрације до места ниже концентрације, назива се **дифузија**.

Дифузија је пасивни процес јер честицама није потребна енергија за кретање.



Процес дифузије

Слично течностима, процес дифузије се одвија и у гасовима. Дифузија у гасовима је много бржа од дифузије у течностима, јер се честице у гасовима крећу много брже од честица у течностима.

Илустративан пример дифузије гаса је експеримент са паром брома.

АКТИВНОСТ

Дифузија брома

скенирај ме



Експеримент се изводи у дигестору, паре брома су отровне!

1. Причврстите дифузиони суд на метални сталак и поставите га у дигестор.
2. Пипетом узмите раствор брома и ставите га у дифузиони суд.
3. Посматрајте промене током 90 минута.

Кретање молекула гасовитог брома, од дна до врха суда, може се пратити променом боје.



Сprovedени експеримент демонстрира дифузију гасовитих супстанци. Гасови се мешају јер се честице ваздуха и брома стално крећу насумично и испуњавају сав расположиви простор.

Када се честице у течности или гасу равномерно распореде, оне се не заустављају, већ настављају да се крећу.

Брзина којом ће се дифузија одвијати зависи од:

- Разлике у концентрацији – што је већа разлика у концентрацији, то је бржа дифузија.
- Температуре – што је виша температура, то је већа кинетичка енергија честица и брже се крећу, па самим тим брже ће дифундовати.
- Величине и масе честица – што је мања величина и маса честица, то ће дифузија бити бржа.

Утицај концентрације на брзину дифузије

Што је већи број честица (**концентрација**) у раствору, то је већа брзина дифузије. Такође, већа разлика у концентрацији супстанце између две локације у расположивом простору резултира бржом дифузијом.

Ово се може илустровати експериментом.

Активност**Дифузија калијум перманганата**

скенирај ме



1. Сипајте воду собне температуре у чашу.
2. Ставите неколико кристала калијум перманганата у чашу.
3. Посматрајте до краја часа промене које се дешавају.

Како се чврста супстанца (кристали калијум перманганата) раствара, љубичаста боја се шири кроз воду.



Честице калијум перманганата ће почети да се крећу кроз честице воде јер постоји велика разлика у концентрацији честица калијум перманганата на дну чаше и у околној води.

Утицај температуре на брзину дифузије

На вишим температурама, дифузија се одвија брже јер честице имају више енергије, што чини њихово кретање интензивнијим.

Ово се може илустровати једноставним експериментом.

Активност**Тестирање утицаја температуре на дифузију**

скенирај ме



1. Напуните три лабораторијске чаше приближно једнаким запреминама воде.
2. Ставите прву чашу у велику лабораторијску чашу са водом и ледом.
3. У другу чашу сипајте воду собне температуре.
4. У трећу чашу сипајте воду која је претходно загрејана до кључања.
5. Измерите температуру воде у три чаше термометром и забележите резултат мерења у одговарајућој табели.
6. У три чаше са водом капните пет до шест капи метилен плавог или неке прехранбене боје и покрените тајмер.

7. Измерите време док се вода у свакој од чаша потпуно не обоји. Забележите измерено време на одговарајућем месту у табели.



На вишој температури, честице у посуди имају више енергије и брже се крећу. Стога се брже распоређују по посуди. Кажемо да је дифузија бржа.

На нижој температури, честице се крећу спорије, па је потребно дуже време да се равномерно распореде по посуди, тј. честице спорије дифундују.

Утицај величине и масе честица

Мање, лакше честице дифундују брже од већих, тежих честица.

Ово се може демонстрирати експериментом са концентрованом хлороводоничном киселином и концентрованим раствором амонијака. Честице амонијака имају мању масу и крећу се брзином од 550 m/s, док честице хлороводоничне киселине имају већу масу и крећу се брзином од 350 m/s.

Активност

Дифузија амонијака и хлороводоника
у стакленој епрувети

скенирај ме



1. Ставите вату у лабораторијску чашу.
2. Навлажите је са мало раствора хлороводоничне киселине и покријте чашу сатним стаклом.
3. Ставите другу вату у другу чашу.
4. Навлажите је са мало раствора амонијака.
5. Пинцетом истовремено уметните обе вате у оба краја стаклене цеви.

6. Затворите цев гуменим чеповима са обе стране.
7. Посматрајте шта се дешава у цеви.



На месту где се два гаса сусрећу, формира се бели облак – производ хемијске реакције.

Бели облак се формира ближе вати натопљеном хлороводоничном киселином јер честице хлороводоничне киселине имају већу масу у поређењу са честицама амонијака. Због тога се честице хлороводоничне киселине крећу спорије и прелазе краћу удаљеност у поређењу са честицама амонијака пре него што реагују и формирају производ.

Проверите шта сте научили

1. Шта је дифузија?
2. Од чега зависи брзина дифузије?
3. Како разлика у концентрацији утиче на брзину дифузије?
4. Објасните зашто је на вишим температурама дифузија бржа.
5. Како брзина дифузије зависи од масе честица?

Истражите ...



... о шкотском ботаничару Роберту Брауну и његовим открићима у вези са кретањем честица у течной средини.

Занимљива биологија



Дифузију сусрећете све време у свакодневном животу – када је неко нанео парфем или у близини хране, честице мириса се шире ваздухом, када испустите мастило, сок или боју у воду итд.

1.2 Значај дифузије код биљака

Уводна активност

Подсетите се како аутоτροφни организми производе храну. Где и како биљке уносе угљен-диоксид из ваздуха и ослобађају кисеоник током фотосинтезе?

Дифузија код биљака је од суштинске важности, омогућавајући размену гасова током фотосинтезе и дисања, апсорпцију хранљивих материја из земљишта и кретање воде кроз биљку.

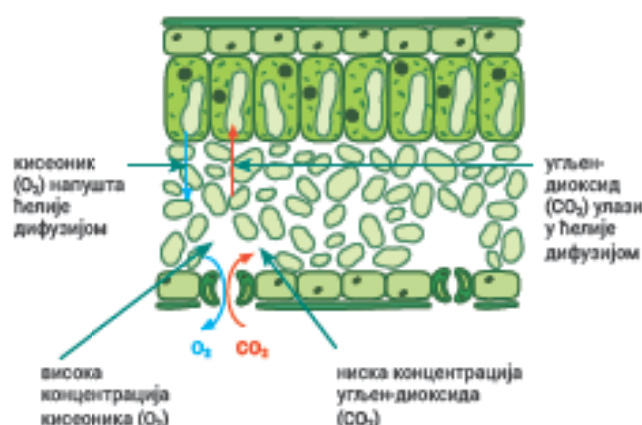
Дифузија гасова током фотосинтезе

Живим организмима је потребан стално снабдевање храном и кисеоником да би обављали животне процесе. Биљке, као аутоτροφни организми, стварају сопствену храну у процесу фотосинтезе. Да би то урадиле, биљкама је потребан угљен-диоксид у ваздуху. Али како угљен-диоксид доспева до ћелија које спроводе фотосинтезу?

Слика шематски приказује унутрашњу структуру листа. На горњој (предњој) страни листа налази се површински слој обложен воштаним супстанцама који не дозвољава гасовима и води да излазе из листа. На доњој (задњој) страни листа налази се слој са малим отворима – стомама. Између горњег и доњег слоја листа налази се средњи слој састављен од две врсте ћелија – неке су гушће збијене, а друге са великим ваздушним просторима између њих. У овим ћелијама се одвија процес фотосинтезе.

Да би угљен-диоксид доспео до ћелија које врше фотосинтезу у средњем слоју листа, прво мора да прође кроз стоме. У атмосфери је већа концентрација угљен-диоксида него унутар листа. Због разлике у концентрацијама, угљен-диоксид из ваздуха улази у лист кроз стоме дифузијом. Стоме су директно повезане са ваздушним просторима у средњем слоју листа.

Да би ушао у унутрашњост ћелија које спроводе фотосинтезу, угљен-диоксид из ваздушних простора у листу мора да прође



Шема уласка угљен-диоксида (CO_2) и изласка кисеоника (O_2) из листа биљке

кроз ћелијске мембране ћелија. Молекули угљен-диоксида, кисеоника и воде су мали молекули који могу слободно да прођу кроз ћелијску мембрану. При томе користе принцип разлике у концентрацији молекула ван ћелије (у ваздушним просторима) и унутар ћелије (у цитоплазми). Дакле, молекуле угљен-диоксида дифундују кроз ћелијску мембрану ћелија које спроводе фотосинтезу и улазе у њихову унутрашњост.

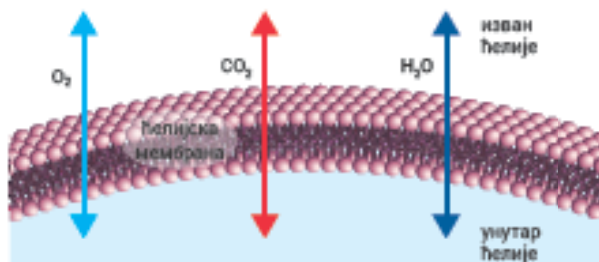
На исти начин, али у супротном смеру, крећу се молекули кисеоника добијени фотосинтезом. Наиме, ћелије унутар листа ослобађају кисеоник који испуњава ваздушне просторе. Његова концентрација у атмосфери је нижа, па дифузијом кисеоник напушта лист кроз стоме.

Дифузија гасова током дисања

Када ћелије користе кисеоник за дисање, концентрација кисеоника у ћелијама се смањује, па молекуле кисеоника дифундују у ћелију док се концентрација поново не повећа. Током дисања, производи се угљен-диоксид и његова концентрација унутар ћелије се повећава. Поново дифузија ступа на сцену, али сада се молекуле крећу преко ћелијске мембране у спољашњу средину. На овај начин, дифузија може објаснити како ћелија уноси кисеоник и ослобађа се угљен-диоксида.

Дифузија воде

Вода је неопходна јер утиче на притисак у ћелијама, што доприноси чврстини биљака и помаже им да остану усправне. У недостатку воде, притисак у ћелијама се смањује и биљка вене. Молекуле воде се крећу кроз биљне ћелије из подручја са нижом у подручја са већом концентрацијом растворених соли (из разблаженијег у концентрованије окружење). Вишак воде се ослобађа кроз стоме листова у процесу транспирације, која се одвија путем дифузије. Брзина дифузије молекула воде зависи од температуре, влажности и ваздушних струја. На пример, биљке брже губе воду када је вруће, суво и ветровито, а спорије када је ваздух хладан, влажан и без ветра.



Шема кретања молекула угљен-диоксида, кисеоника и воде преко ћелијске мембране путем дифузије

Истражите ...



... кретање водене паре из ћелија листа у спољашњу средину.

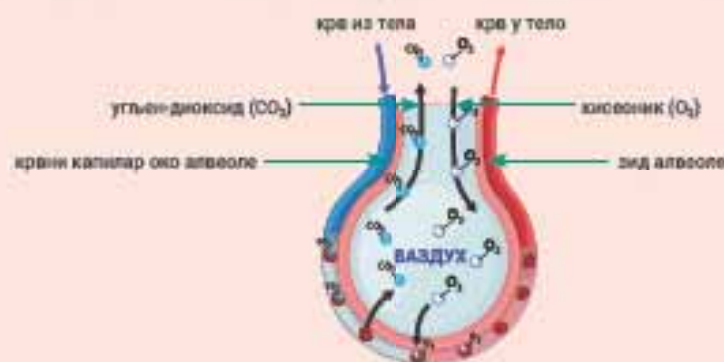
Проверите шта сте научили

1. Који гас је потребан биљкама за производњу хране (глюкоза)?
2. Опишите пут угљен-диоксида из атмосфере до цитоплазме ћелија које врше фотосинтезу.
3. Који принцип користе молекули угљен-диоксида и кисеоника за прелазак ћелијске мембране?
4. Како се молекуле воде крећу кроз биљне ћелије и од чега зависи брзина овог процеса?

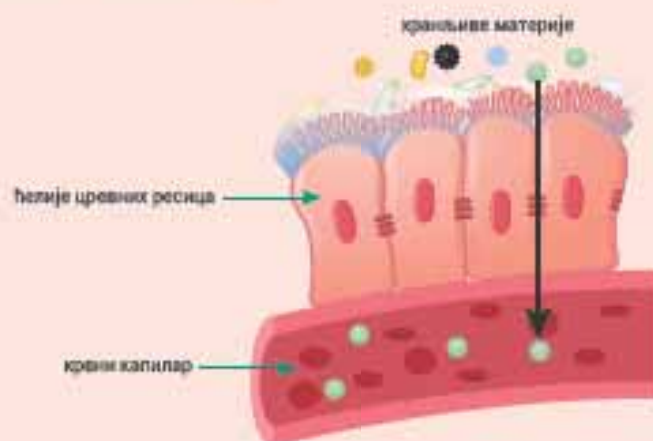
Занимљива биологија



Процес дифузије није јединствен само за биљке. Код људи, пренос кисеоника из алвеола у крв и угљен-диоксида из крви у алвеоле одвија се дифузијом.



Још један пример дифузије је процес апсорпције малих молекула хранљивих материја кроз зидове цревних ресица у крвне капиларе.



1.3 Грађа цветних биљака

Уводна активност

Слика приказује фикус, мушкатлу, бундеву, коприву, магнолију, кукуруз и булку.



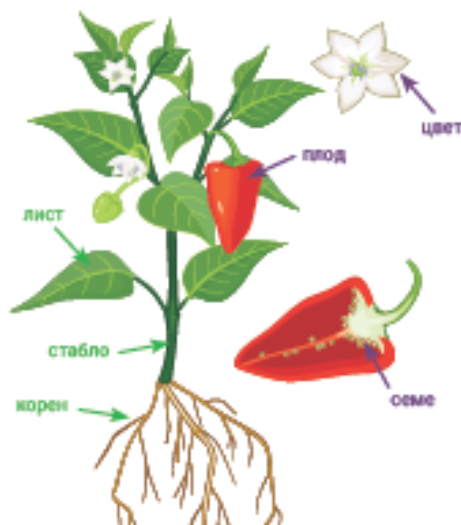
Да ли све биљке имају цветове? Каква су им стабла? Које су разлике у облику њихових листова? Покушајте да их групишете према некој заједничкој карактеристици!

Током дуге еволуције, након преласка из водених у копнена окружења, биљке су полако усложњавале своју структуру и стицале напреднија ткива и органе. Цветнице се јављају као најмлађа еволутивна група биљних организама које карактерише и најсложенија структура. То значи да поседују све делове биљке: корен, стабло, лист, цвет, плод и семе. Грађене су од високо специјализованих ткива која се не налазе код старијих еволутивних група биљака. Ова ткива имају специфичан распоред у сваком од биљних органа, што је уско повезано са њиховом функцијом.

Органи цветница су груписани у две групе: вегетативне и генеративне.

Вегетативни органи омогућавају раст, развој и одржавање биљног живота. Реч вегетативни потиче од латинске речи *vegetare*, што значи „расти, оживети”. Ови органи обезбеђују цео раст биљке који почиње пролећним „оживљавањем” и траје до краја вегетативног периода. Једногодишње биљке завршавају цео свој раст и развој у једној вегетационој сезони. С друге стране, вишегодишње биљке сваке године производе нове вегетативне органе и тако настављају да расту и развијају се. Поред раста, вегетативни органи такође играју важну улогу у исхрани биљке, јер се процес фотосинтезе одвија у зеленим деловима. Вегетативни органи неких биљака могу складиштити резервне супстанце и служити као извор хране за живе организме. Вегетативни органи су корен, стабло и лист.

● – вегетативни органи ● – генеративни органи



Шема вегетативних биљних органа (корен, стабло и лист) и генеративних биљних органа (цвет, плод и семе)

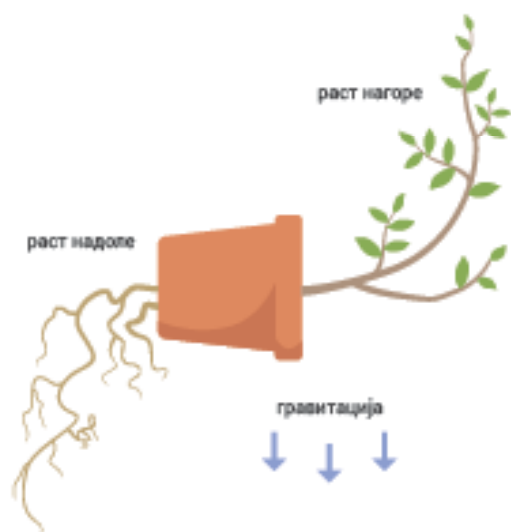
Генеративни органи омогућавају размножавање биљака и наставак врсте. Назив потиче од латинске речи *generare* што значи „стварати, производити, рађати”. Њихово име директно упућује на њихову основну функцију – стварање новог живота. Такође могу складиштити резервне супстанце, посебно у великим количинама у плодовима и семену, због чега се користе за исхрану људи и животиња. Генеративни органи укључују цветове, плодове и семе.

Карактеристике вегетативних органа код биљака

Корен је главни потпорни орган биљке који расте надоле према центру Земље. Има неколико функција: развија коренов систем који учвршћује биљку за земљиште, апсорбује воду и минерале, што омогућава раст и развој биљке, складишти хранљиве материје, а може се користити и за вегетативно размножавање. Код неких врста, корен потиче директно из ембриона, али се може формирати и као додатни (адвентивни) корен из других делова биљке.

Стабло је такође главни потпорни вегетативни орган, али расте навише. Стабло држи биљку усправно, преноси воду и храну између корена и листова, може складиштити хранљиве материје, а служи и за вегетативно размножавање. Млада зелена стабла једногодишњих биљака и најмлађи изданци вишегодишњих биљака могу да врше фотосинтезу.

Лист је главни вегетативни орган прилагођен за фотосинтезу, транспирацију (испаривање воде) и размену гасова. Листови су зелени јер садрже зелени пигмент – хлорофил, који је неопходан за процес фотосинтезе. Већина хране се ствара у листу. Угљен-диоксид се уноси кроз лишће, а ослобађају се кисеоник и водена пара. Биљке обично имају велики број листова ако су листови мањи, или, обрнуто, имају мањи број листова уколико су већих димензија.



Корен расте према центру Земље, док стабло расте у супротном смеру – нагоре

Карактеристике генеративних органа биљке

Цвет је генеративни орган и служи за размножавање. Садржи мушки део (прашнике) и женски део (тучак) у којима се формирају полне ћелије (гамети). У тучку се одвија оплодња, а затим се формира плод са семеном. Латице су обично обојене у различите боје и имају пријатан мирис, због чега привлаче инсекте и птице уз помоћ којих се опрашују.

Плод је орган који садржи и штити семе. У плоду се складиште разне хранљиве материје, због чега је важан извор хране за многе живе организме.

Семе садржи ембрион из којег се може развити нова биљка када су услови повољни. Семе служи за расејавање биљака и одржавање врсте. У семену се складиште разне резервне супстанце које обезбеђују храну потребну за развој клице. Истовремено, може послужити и као храна за многе живе организме.

Активност

Изаберите неколико различитих биљака – свеже, хербаријумске примерке или слике репрезентативних цветница. Анализирајте њихове вегетативне и генеративне органе и повежите их са њиховом функцијом и употребом. Дискутујте у разреду о карактеристикама биљака које сте проучавали.

Проверите шта сте научили

1. Који делови биљке омогућавају њен раст и развој?
2. У ком органу биљке се углавном одвија фотосинтеза?
3. Шта су генеративни органи и какву улогу играју у биљци?
4. У којим органима биљке се могу складиштити резервне супстанце?

Занимљива биологија

Сукулентно растение *Aloe vera* често се нарекува „растение на бесмртности“ затоа што сите негови делови (коренот, стеблото, листовите, како и цветовите) имаат лековити својства.



Друге биљке са таквим својствима су маслина (*Olea europaea*) и дрво живота (*Moringa oleifera*).



Истражите ...



... неке врсте лековитих биљака које се користе у медицинске сврхе или за чајеве. Који се њихови вегетативни или генеративни органи користе и које су њихове користи?

1.4 Грађа листа

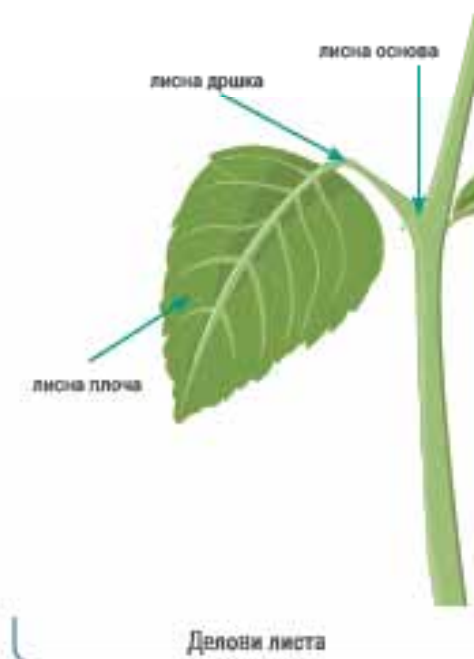
Уводна активност

Сакупите листове са неколико различитих биљака и сортирајте их по величини и облику. Разговарајте у разреду о величини листова, повезујући их са местом где су сакупљени, на пример, да ли су расли на сунцу или у хладу.

Делови листа и њихова улога

Лист је главни вегетативни орган за фотосинтезу и транспирацију биљке. Састоји се од лисне основе, лисне дршке и лисне плоче. **Лисна основа** је доњи део листа и њоме је причвршћен за стабло. Лисна основа се најчешће наставља у **лисну дршку** која је различитог облика и дужине. Листови који немају лисну дршку су директно повезани са стаблом и кажемо да су „седећи“ листови. Улога лисне дршке је да постави лист у најбољи положај у односу на светлост. Лисна дршка на горњем крају је повезана са **лисном плочом** (ламинам) која има највећу површину и различитог је облика и величине. То је најважнији део листа у погледу његових функција.

На лисној плочи могу се уочити жиле које могу бити постављене паралелно, као код листова перунике, кукуруза, пшенице, лала итд., или се уочава једна израженија такозвана централна жила која се грана и формира мрежни систем жила (као код листова винове лозе, липе, трешње, кајсије итд.). У том смислу, листови се деле на листове са паралелним и листове са мрежним системом жила. Жиле листа су изграђене од проводних цеви које доводе воду до ћелија листа, а у супротном смеру носе производе фотосинтезе. Лисна плоча може се разликовати и по дебљини.



Врсте листова

У зависности од броја листних плоча на лисну дршку, разликујемо једноставне и сложене листове.

Једноставни листови имају једну лисну плочу на лисној дршци, док сложени листови имају више лисних плочи на једној лисној дршци.

Код већине листова скривеносеменица, лисне плоче су округлог, јајастог или срцоликог облика, равних до назубљених ивица, целе или подељене у режњеве. Код голосеменица доминира игличасти облик.



Једноставан и сложени лист



Различити облици листова код скривеносемених биљака

Постоји велика разноликост у облику и изгледу листова. Неки листови су танки и кожасти, неки су танки и суви, голи или прекривени длакама, а други су дебели и сочни.

Листови се могу модификовати у рашљике (код пасуља, грашка, бораније и других махунарки), трње (кактуси) и у посебне структуре прилагођене за привлачење и хватање инсеката (код инсектоједних биљака). Листови инсектоједних биљака имају различит изглед и прекривени су специјализованим ткивом које лучи супстанце за разградњу ухваћеног инсекта.



Модификовани листови - трње, рашљике, листови код инсектоједних биљака - венерина мухоловка, непентес, росинка

Грађа листа

Грађа листа је повезана и прилагођена његовим основним функцијама – фотосинтези, размени гасова и транспирацији. Чitava површина листа је прекривена **епидермисом** који штити унутрашњост. Унутар лисне плоче, она је представљена као **горњи епидермис**, који се налази на горњој страни и **доњи епидермис**, који се налази на доњој страни (полеђини листа). На површини ћелијског зида епидермалних ћелија налази се кутикула, која је воштани слој са заштитном улогом. Кутикула је увек боље развијена на горњем епидермису и штити лист од исушивања. У епидермису се налазе отвори – **стоме** кроз које се одвија транспирација и размена гасова.



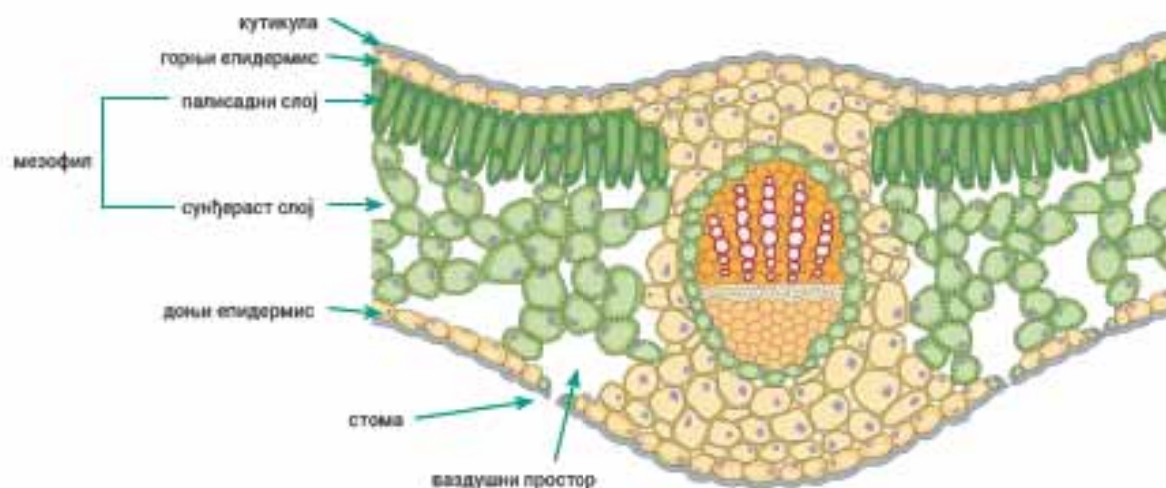
Шематски приказ стома –
отворена и затворена стома

Стому формирају две стоматалне ћелије, најчешће бубрежног облика. Између две ћелије налази се отвор који стоматалне ћелије отварају или затварају у зависности од потреба листа за разменом гасова или транспирацијом. Горњи и доњи епидермис се обично разликују по структури и присуству стома, осим код неких листова где нема горње и доње површине.

Већина листова има стоме само на доњем епидермису. Многе биљке из рода трава имају стоме равномерно распоређене на обе површине својих листова. Биљке са листовима који плутају на површини воде (на пример, локвања) имају стоме на горњем епидермису.

Између два епидермиса налази се **мезофил** – централни део лисне плоче који садржи фотосинтетско ткиво. Његове ћелије садрже **хлоропласте** – зелене пластиде испуњене **хлорофилом**, који су одговорни за фотосинтезу. Код лисних плочи са јасно издвојеном горњом и доњом страном, мезофил је представљен као палисадни и сунђерасти слој.

- **Палисадни слој** се најчешће налази на горњој страни листа и састоји се од издужених ћелија, распоређених вертикално у редове. Богатије су хлоропластима због чега је горња страна листа интензивније зелене боје, и овде се одвија највећи део фотосинтезе.
- Испод палисадног слоја на доњој страни налази се **сунђерасти слој** чије су ћелије сиромашније хлоропластима. Због тога је полеђина листа блеђе зелене боје и мањи део фотосинтетских процеса се одвија овде. Сунђерасти слој је богат **ваздушним просторима** који су повезани са стомама. Гасови или водена пара се сакупљају у овим ваздушним просторима и избацују се кроз стоматални отвор изван листа.



Грађа листа у попречном пресеку

Активност**Посматрање структуре листова различитих биљака**

Донесите свеже листове различитих биљних врста на час (нпр. фикус, олеандер, кукуруз и перуника). Поделите се у групе и, уз помоћ наставника, направите микроскопске препарате:

- изоловањем (одвајањем) епидермиса да бисте посматрали његову структуру и присуство стома;
- попречни пресек листа да бисте посматрали структуру мезофила листа.

Нацртајте оно што посматрате под микроскопом у свесци и разговарајте о разликама у структури различитих листова.

Да ли су стоме кукуруза и перунике истог облика и величине, да ли су присутне на горњој и доњој страни листа? Какав је мезофил листа фикуса или олеандра у поређењу са мезофилом перунике? Где примећујете палисадни и сунђерасти слој, а код којих биљака ови слојеви недостају?

Активност**На којем делу листа има највише стома?**

скенирај ме



1. Узмите два глатка листа са исте биљке.
2. Ставите топлу воду (не кључалу) у две чаше.
3. У прву чашу уроните лист са горњом површином окренутом ка зиду чаше.
4. У другу чашу уроните лист са доњом површином окренутом ка зиду чаше.

- Поставите чаше на добро осветљено место и посматрајте промене након 15-20 минута.

На доњој површини листа, јасно је видљиво формирање мехурића (од кисеоника) тамо где се налазе стомини отвори.



Проверите шта сте научили

- Од којих делова је састављен лист?
- Које су разлике између горњег и доњег епидермиса листа?
- Од чега је састављен мезофил листа и која је његова улога?
- Шта је кутикула и где се налази?
- Где се налазе стоме и која је њихова функција?
- Које ткиво у листу је најбогатије хлоропластима и који је њихов значај?

Истражите ...



... врсте биљака које користимо у исхрани као лиснато поврће и здравствене користи њихове конзумације у смислу уноса витамина, есенцијалних минерала, антиоксиданата, влакана и калорија.

Занимљива биологија



Најдуговечнији листови су код афричке пустињске биљке *Welwitschia mirabilis*, чији листови опстају вековима (1 000 – 2 000 година).



Сукулентни листови биљке *Agave americana*, који задржавају резерве воде, достижу старост од 10 до 20 година. Врста бора, *Pinus longæva*, такође има дуговечне листове који трају 10 до 15 година.

1.5 Адаптације биљака на фотосинтезу

Уводна активност

Подсетите се структуре биљне ћелије. У којим ћелијским структурама се производи храна? Како се зове зелени пигмент који садрже?

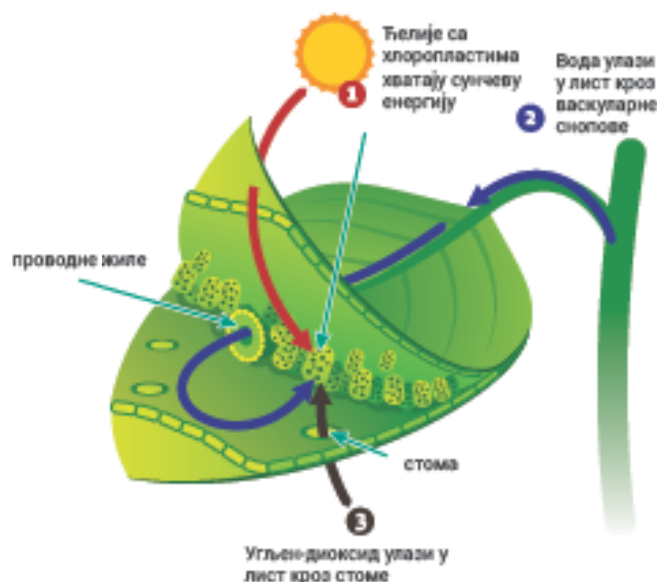
Иако се фотосинтеза углавном одвија у листовима, било који део биљке који садржи хлорофил може да врши фотосинтезу. Многе биљке имају зелена стабла у којима се такође одвија фотосинтеза.

Биљке су развиле низ адаптација за обављање фотосинтезе. То значи да је структура појединачних биљних органа прилагођена њиховој функцији.

Адаптације листа

Поред велике разноликости у облику и величини листова, већина листова има опште адаптације које омогућавају ефикасан процес фотосинтезе.

- Листови су обично спљоштени, широки и имају велику равну површину. Ова структура омогућава лаку апсорпцију великих количина сунчеве светлости и угљен-диоксида.
- Листови су танки, а угљен-диоксид мора да дифундује на краткој удаљености да би из атмосфере стигао до унутрашњих ћелија палисадног слоја.
- Присуство ваздушних простора између ћелија у сунђерастом слоју омогућава лак пролаз гасова кроз ћелије мезофила.
- Листови имају велики број стома на доњем епидермису. Ово омогућава угљен-диоксиду да уђе, а кисеонику и води да напусте лист.



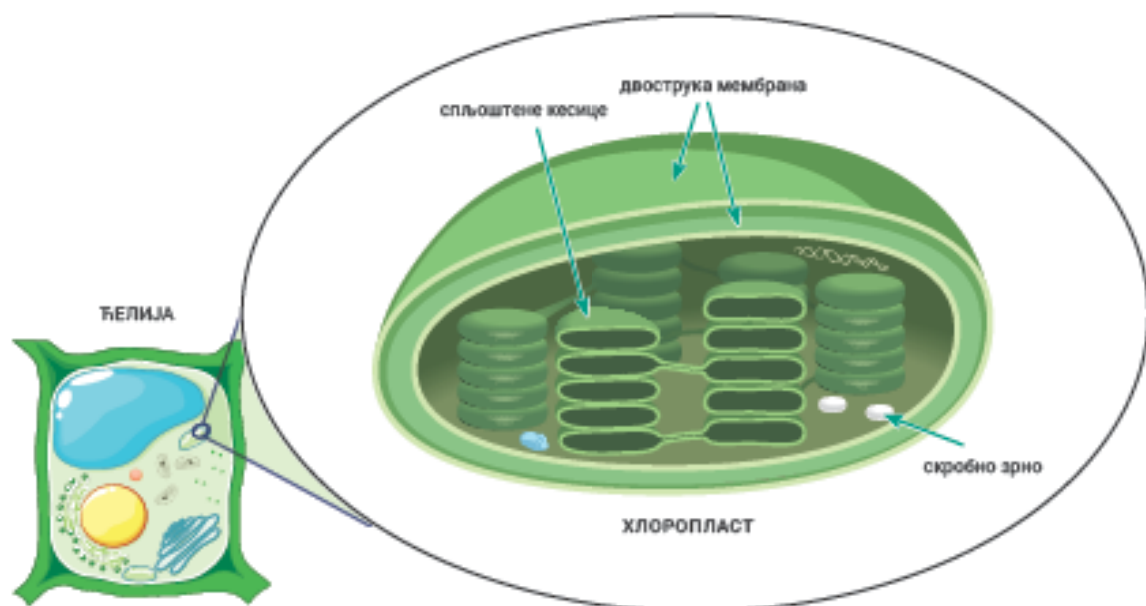
Структура листа је прилагођена за ефикасну фотосинтезу

- Велики број хлоропласта у биљним ћелијама је још једна адаптација биљака на фотосинтезу. Горње (палисадне) ћелије садрже више хлоропласта него доње (сунђераст мезофил) ћелије. Палисадне ћелије, које се налазе према горњој површини листа, примају највећу количину сунчеве светлости и она доспева до хлоропласта без апсорпције од стране превише ћелијских зидова.
- Гранање проводних жила у листу омогућава добро снабдевање водом сваког његовог дела. Тако, потребна количина воде доспева до сваке фотосинтетичке ћелије.

Хлоропласти

Главна функција хлоропласта је апсорпција светлосне енергије. Хлоропласти су врста пластида зелене боје. Имају округли, овални или облик диска. Споља су обавијени двоструком мембраном, а изнутра су направљени од спљоштених кесица испуњених зеленим пигментом – **хлорофилом**. Хлорофил апсорбује светлосну енергију и тако обезбеђује енергију потребну за покретање процеса фотосинтезе. Кесице карактерише то што су наслагане једна на другу попут новчића, а ови „стубови“ су међусобно повезани мембранама.

Положај хлоропласта у ћелији у великој мери зависи од јачине и правца светлости. При јаком светлу, они се активно крећу и заузимају положаје како би се заштитили од оштећења. При умереном или слабом светлу, распоређени су периферно по целој цитоплазми ћелије како би апсорбовали максималну количину светлости.



Шематски приказ структуре хлоропласта

У хлоропластима се ствара и привремено складишти вишак хране која потиче од производа фотосинтезе. Зато се зрна скроба могу видети унутар хлоропласта као густа бела тела.

Адаптације које су настале код биљака, омогућиле су да фотосинтеза постане кључни процес који је директно или индиректно одговоран за опстанак свих живих организама на нашој планети.

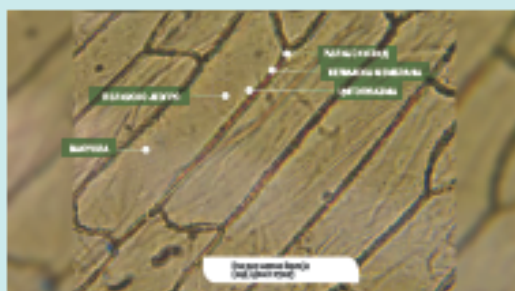
Активност

Посматрање структуре биљних ћелија без хлоропласта (епидермис) и са хлоропластима (фотосинтетичке ћелије)

скенирај ме



1. Пресеците лук на пола скалпелом, уклоните један меснати слој и исеците мали квадрат изнутра.
2. Пинцетом одлепите провидни слој и ставите га на предметно стакло.
3. Накапајте неколико капи раствора јода на кожицу. Сачекајте два до три минута и упијте вишак јода папиром.
4. Накапајте воду на узорак капалицом и покријте га покровним стаклом.
5. Припремљени препарат ставите под микроскоп при малом, а затим при великом увећању. Посматрајте и опишите шта видите.
6. Накапајте кап воде капалицом на друго предметно стакло.
7. Ставите лист водене биљке *Elodea canadensis* или маховину у воду.
8. Полако прекријте материјал покровним стаклом под углом од 45° да бисте спречили стварање мехурића.
9. Поставите припремљени препарат под микроскоп при малом, а затим при великом увећању. Посматрајте и опишите шта видите.



Одређене ћелијске структуре (ћелијски зид, ћелијска мембрана, цитоплазма, једро и вакуола) су заједничке за све биљне ћелије, док биљне ћелије специјализоване за фотосинтезу имају специфичне структуре у њиховој грађи – хлоропласте.

Активност**Одвајање пигмената из листа**

Исеците дугачку траку папира (око 10 cm) са шиљатим врхом. 1 cm изнад доње ивице траке папира, поставите лист спанаћа и притисните новчићем док се на траци не појави хоризонтална зелена линија. Умочите доњу ивицу траке у чашу која садржи 10-15 mL 96 % алкохола, а да не потапате зелену линију од спанаћа. Након 10 минута, посматрајте шта се дешава са зеленом линијом.



Зелена боја листа спанаћа, која потиче од хлорофила у хлоропластима, на траци папира се раздваја у различите боје (тамнозелену, светлозелену до жућкасте). Ово указује да лист садржи више пигмената који помажу у фотосинтези.

Проверите шта сте научили

1. Зашто су листови већине биљака равни, танки и имају широку површину листа?
2. Како развој проводног система утиче на процес фотосинтезе?
3. Опишите како изгледа хлоропласт и каква је његова унутрашња структура?
4. Коју улогу хлорофил игра у фотосинтези?

Истражите ...

... хемијску структуру хлорофила и које врсте хлорофила постоје у биљкама и алгама.

Занимљива биологија

Поред главног хлорофила и његових помоћних пигмената, истраживачи су недавно открили нову врсту хлорофила – хлорофил *f* – пигмент који неке бактерије и цијанобактерије користе за апсорпцију светлосне енергије у инфрацрвеном спектру. Хлорофил *f* може омогућити одређеним фотосинтетским облицима живота да сакупљају енергију из таласних дужина светлости које многи њихови конкуренти не могу да користе.

1.6 Фотосинтеза

Уводна активност

Размислите о аутотрофним организмима. Како ови организми сами производе храну? Како угљен-диоксид и вода доспевају до палисадних ћелија листа?

Свим живим организмима је потребна храна. Она је извор органских и неорганских супстанци за изградњу нових ћелија и ткива током раста. Храна такође служи као извор енергије и нека врста „горива“ које покреће све животне процесе. Животиње уносе храну, варе је и користе сварене производе за изградњу својих ткива или за добијање енергије.

Биљкама су такође потребни енергија и градивни блокови, али за разлику од других организама, биљке не уносе готову храну. Биљке саме производе храну. Изградња сложених молекула од једноставних супстанци назива се синтеза. За њено спровођење потребни су ензими и енергија. Ензими (протеинске супстанце које убрзавају хемијске реакције у ћелијама) присутни су у биљним ћелијама, а енергију за прве фазе синтезе обезбеђује сунчева светлост. Хлорофил у хлоропластима биљних ћелија апсорбује сунчеву светлост и трансформише је у облик доступан за хемијске реакције.

Сходно томе, **фотосинтеза** је процес у којем биљке самостално стварају храну комбинавањем неорганских супстанци под утицајем сунчеве енергије (грчки: „фото“ – светлост, „синтезис“ – сједињење). У овом процесу, кисеоник и глукоза се добијају из угљен-диоксида и воде.

Да би се покренуо процес фотосинтезе, биљка мора бити снабдевена неопходним неорганским супстанцама – угљен-диоксидом и водом.

Угљен-диоксид је гас који је присутан у ваздуху. Кроз стоме, он продире у лист да би доспео до палисадних ћелија богатих хлоропластима. Међутим, код водених биљака, угљен-диоксид се раствара у води и одатле дифундује у листове. Коренове длачице апсорбују воду из земљишта и преносе је у централни део корена где се налазе проводни судови. Од корена, кроз стабло, вода се транспортује до листова кроз проводне цеви ксилема.

Процес фотосинтезе се не може замислити без хлоропласта. У хлоропластима се светлосна енергија апсорбује и трансформише у хемијску енергију. Зато кажемо да је главни циљ фотосинтезе трансформација сунчеве светлости у хемијску енергију.

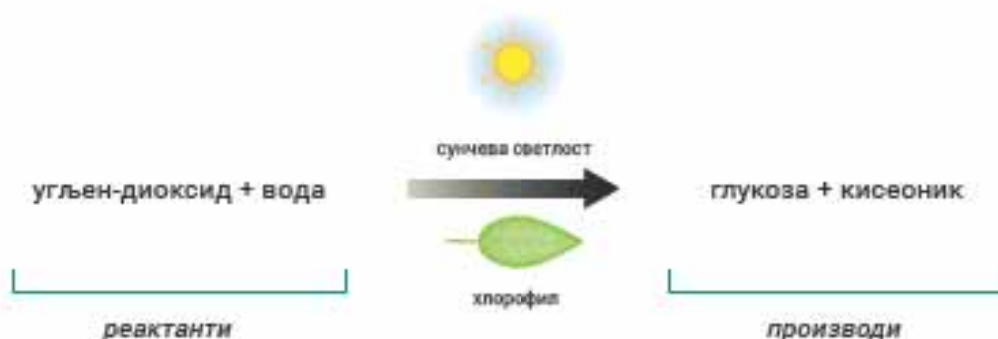
Како се одвија фотосинтеза?

Процес фотосинтезе се одвија у две фазе. У првој фази, апсорбована соларна енергија стимулише разградњу воде, што производи водоник и кисеоник. Кисеоник изла-

зи кроз стоме као производ фотосинтезе и ослобађа се у околни ваздух. У овој фази фотосинтезе, светлосна енергија се трансформише у хемијску енергију.

Друга фаза фотосинтезе не зависи од светлосне енергије. Може се одвијати паралелно са првом фазом или поступно. У овој фази, водоник из воде се комбинује са угљен-диоксидом, који (уз помоћ хемијске енергије из прве фазе) ствара шећер – глюкозу.

Процес фотосинтезе може се представити текстуалном једначином:



Угљен-диоксид и вода у процесу фотосинтезе су реактанти, а резултирајуће супстанце, глюкоза и кисеоник, су производи фотосинтезе.

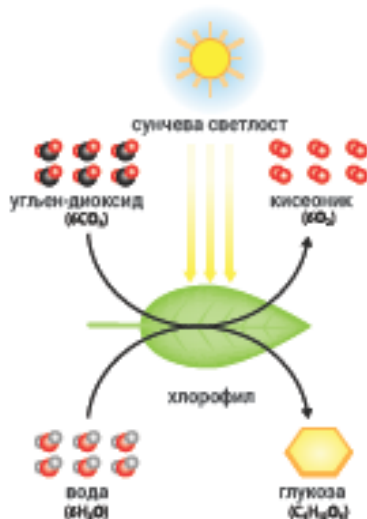
Ако текстуалну једначину заменимо хемијским симболима и изједначимо је, хемијска једначина изгледа овако:



Из једначине можемо закључити да је за добијање једног молекула глюкозе потребно 6 молекула угљен-диоксида и 6 молекула воде. Поред тога, угљеник и кисеоник у глюкози потичу из угљен-диоксида. Водоник у глюкози потиче из воде. Кисеоник који се ослобађа у атмосферу потиче из разградње молекула воде, а не из угљен-диоксида.

Употреба производа фотосинтезе код биљака

Добијени молекули глюкозе се брзо уграђују у молекуле скроба и акумулирају у растућим зрнима скроба у хлоропластима. С друге стране, скроб у хлоропластима се стално разлаже на једноставније шећере и као такав се изводи из ћелије до флоемских проводних цеву листа. Кроз њих се шећери преносе до



Поједностављени шематски приказ фотосинтезе

свих делова биљке који не врше фотосинтезу, као што су растући пупољци, зрели плодови, корени и подземни органи за складиштење. Ћелије у овим деловима користе шећере на различите начине (дисање, складиштење, синтеза других супстанци за раст и развој, итд.).

Део кисеоника добијеног током фотосинтезе биљке користе за дисање, а остатак се ослобађа у атмосферу.

Активност

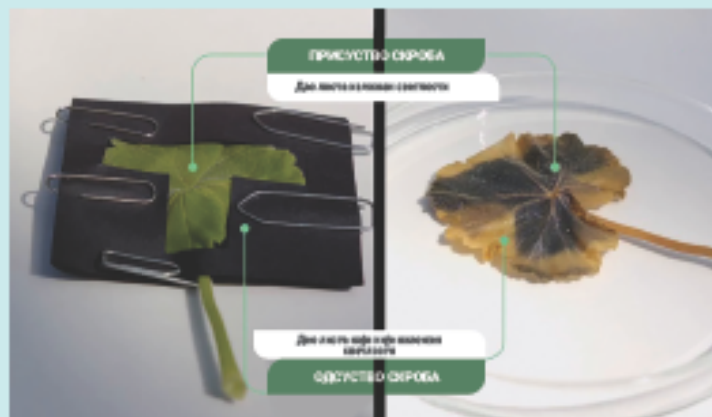
Да ли је светлост неопходна биљкама да би произвеле скроб?

скенирај ме



1. Узмите саксијску биљку (на пример, мушкатлу) и држите је у мраку најмање 48 сати да би се потрошио скроб у њеним листовима.
2. Исеците део у облику слова Т на црном папиру.
3. Поставите исечени облик на један од листова биљке, на горњу површину, а доњу површину потпуно прекријте црним папиром.
4. Ставите биљку на светлост на неколико сати.
5. После неколико сати, уклоните црни папир и ставите лист у чашу са кључалом водом на око један минут.
6. Ставите омекшали лист у епрувету и додајте 96 % етанол на врх епрувете.
7. Вратите епрувету у чашу са кључалом водом и оставите је око пет до десет минута.
8. Извадите лист из етанола и потопите га у врућу воду на око десет секунди.
9. На крају, лист потопите у Петријеву шољу са раствором јода, постављену на бели папир.

Јод се користи за тестирање присуства скроба у листу. На листу се примећује тамноплава обојеност у облику слова Т, што јасно указује на присуство скроба у делу који је био изложен светлости. Део који је био прекривен црним папиром не показује промену боје у реакцији са раствором јода, што указује да се фотосинтеза није одвијала у овим деловима.



Проверите шта сте научили

1. Шта значи реч фотосинтеза?
2. Напишите хемијску једначину фотосинтезе и наведите које супстанце су реактанти, а које производи у процесу?
3. Која је улога хлоропласта у процесу фотосинтезе?
4. Како се светлосна енергија трансформише у процесу фотосинтезе?
5. Колико фаза има фотосинтеза и шта се у њима дешава?
6. Одакле долази кисеоник који се уграђује у глукозу, а одакле долази кисеоник који се ослобађа у атмосферу?

Истражите ...



... вештачку фотосинтезу. Напишите кратак истраживачки рад о вештачком листу који функционише слично соларном панелу. Које су његове предности и мане?

Занимљива биологија



Научници су открили да су одређене животиње такође способне да претварају светлосну енергију у хемијску енергију. На пример, источни смарагдни морски пуж (*Elysia chlorotica*) уграђује хлоропласте из жутозелене алге (*Vaucheria litorea*) које конзумира у ћелије које облажу дигестивни тракт животиње. Ово му даје ограничену способност фотосинтезе хранљивих материја за животињу до неколико месеци.



1.7 Значај фотосинтезе за жива бића

Уводна активност

Шта биљке производе током фотосинтезе? Како су чланови ланца исхране груписани у погледу исхране? Ако би биљке нестале, да ли би то утицало само на биљоједне животиње?

Производња хране

Свим живим организмима је потребна храна и енергија за раст и размножавање. Биљке су једини организми који производе сопствену храну кроз процес фотосинтезе. Храна коју производе је извор енергије за саме биљке, али и за све остале живе организме. Веза живих организама у окружењу се најјасније види кроз ланце исхране. Сваки организам има прецизно дефинисано место у ланцу исхране. То место се назива трофички ниво (грчки „трофос“ значи исхрана). Трофички нивои се шематски могу приказати такозваном трофичком пирамидом (пирамида исхране).



Трофичка пирамида

Због своје способности да производе храну у процесу фотосинтезе и да складиште енергију сунца у хемијској енергији, биљке се налазе у основи трофичке пирамиде. Фотосинтеза је основа свих ланаца и мрежа исхране у природи. Животиње добијају своју енергију или директно једући биљке или индиректно једући животиње које конзумирају биљке.

Ланци исхране нам такође показују како енергија тече са једног трофичког нивоа на други, али не показују колико организама има на сваком трофичком нивоу, колика је њихова биомаса и колико енергије тече кроз ланац исхране. У зависности од начина на који се ови подаци графички представљају, постоје:

- пирамиде биомасе
- пирамиде бројности
- пирамиде енергије

Пирамида биомасе

Биомаса се односи на укупну суву масу живих организама на одређеном трофичком нивоу у одређеном тренутку у екосистему, изражену у грамама или килограмима по квадратном метру (kg/m^2). Шематски приказ количине биомасе на сваком трофичком нивоу назива се **пирамида биомасе**. Пирамида заправо показује колико органске

материје има на сваком трофичком нивоу у екосистему, односно која је калоријска вредност сваког трофичког нивоа.

Чланови у основи пирамиде (продуценти) морају имати највећу количину биомасе да би обезбедили довољно хране за остале нивое. Овај трофички ниво садржи произвођаче (продуcente). Они користе фотосинтезу да би створили велику количину органске материје од које граде живе ћелије и ткива, повећавају своју масу и број јединки током размножавања. Они хране организме следећег трофичког нивоа – примарне потрошаче (конзументе), који део хране користе за стварање сопствене биомасе, а део за своје животне процесе – дисање, кретање, одржавање температуре, размножавање итд.

Сматра се да се само 10 % биомасе преноси са нижег на виши трофички ниво. То значи да се количина биомасе смањује идући ка вишим трофичким нивоима све до највишег нивоа који има најмању биомасу. То се дешава зато што са сваким преносом енергије (из хране) са једног нивоа на други, велики део енергије организми на том нивоу користе за своје животне процесе.

У неким случајевима, пирамида биомасе може бити обрнута. На пример, у екосистему језера, где су главни произвођачи фитопланктони, у сваком тренутку ће имати мању масу од хетеротрофа попут риба и инсеката. То је зато што се фитопланктон веома брзо размножава, али има много краћи индивидуални животни век, чиме обезбеђује довољно хране за екосистем.

Пирамида бројности

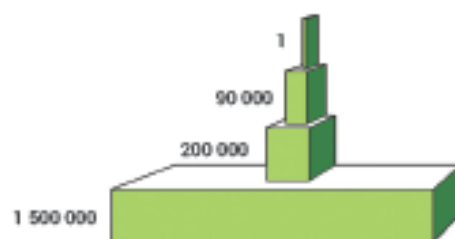
Величина популације на сваком трофичком нивоу представља се пирамидом бројности. Што више организама припада одређеном трофичком нивоу, то ће трофички ниво бити шири. Организми у основи пирамиде (произвођачи) су обично најбројнији, а према врху пирамиде број јединки се смањује.

Енергетска пирамида

Укупна енергија у ланцу исхране потиче од сунчеве енергије, коју су биљке претвориле у хемијску енергију ускладиштену у шећерима (глюкози). Део ове енергије биљке користе у процесу дисања и ослобађа се као топлота у околину. Чланови виших трофичких нивоа снабдевају се хемијском енергијом кроз исхра-



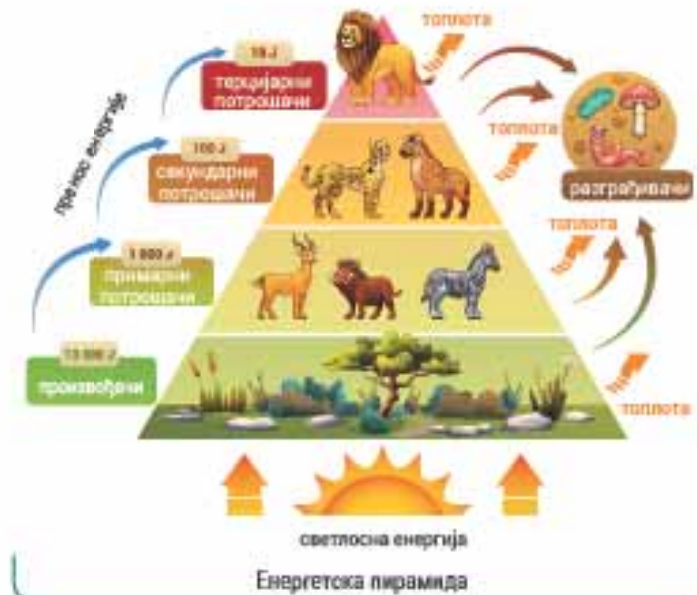
Илустративан пример пирамида биомасе за копнене и водене екосистеме (вредности масе су само у илустративне сврхе)



Пример пирамиде бројности

ну, коју трансформишу и користе за обављање својих животних процеса. Део енергије са сваког трофичког нивоа ослобађа се у околину као топлота. Енергетска пирамида илуструје проток енергије кроз сваки трофички ниво током одређеног временског периода у екосистему, обично се мери у килокалоријама по квадратном метру годишње ($\text{kcal/m}^2/\text{год}$).

Енергетске пирамиде су увек усправне јер се само око 10 % енергије са једног трофичког нивоа преноси на следећи. Остатак се губи као топлота кроз метаболичке процесе или се не троши. Ово правило од 10 % је фундаментални принцип који објашњава зашто ланци исхране ретко имају више од четири или пет трофичких нивоа.



Трофичке пирамиде су од великог значаја у екологији. Оне анализирају како се односи исхране и енергетска ефикасност одвијају у екосистему. Они нам показују како организми на вишим трофичким нивоима зависе од произвођача и помажу нам да разумемо како промене у популацији на једном нивоу утичу на цео екосистем. Међутим, трофичке пирамиде имају и своје недостатке. Оне превише поједностављују сложене ланце исхране у једноставне ланце исхране, не узимају у обзир улогу разграђивача (сапрофита), који су кључни за рециклажу хранљивих материја, и чињеницу да неки организми могу да заузимају више трофичких нивоа (на пример, сваштоједи).

Активност

3Д пирамиде биомасе и енергетске пирамиде

Направите 3Д пирамиде користећи следеће примере.

1. Пирамида биомасе: За 100 kg биљоједа (конзумента првог реда) потребно је 1 000 kg биљака, за 10 kg месоједа/сваштоједа (конзумента другог реда), за 1 kg предатора (конзумента трећег реда).
2. Енергетска пирамида: Соларна енергија има 1 000 000 J, код произвођача ће бити уграђено 10.000 J, код конзумента првог реда – 1 000 J, код конзумента другог реда 100 J и коначно код конзумента трећег реда биће 10 J.

Производња кисеоника

Фотосинтеза и дисање одржавају равнотежу угљен-диоксида и кисеоника у природи, што је кључно за живот на Земљи.

Кисеоник је гас који чини око 21 % атмосферског ваздуха. Овај проценат се одржава готово константним захваљујући биљкама и њиховој способности да спроводе фотосинтезу. Кроз овај процес, биљке стварају кисеоник који ослобађају у атмосферу. Кисеоник је неопходан за процес дисања у којем организми ослобађају енергију ускладиштену у храни.

Без фотосинтезе, постојање природних ресурса не би било могуће. Фосилна горива, попут угља и нафте, резултат су фотосинтезе и складиштења енергије сунца пре много милиона година. Такође, многи биљни производи, попут дрвета и нафте, директно су производи фотосинтезе. На овај начин, фотосинтеза не само да обезбеђује храну и кисеоник, већ је и основа за сву енергију у природи.

АКТИВНОСТ

Који гас се ослобађа током фотосинтезе?

скенирај ме



1. Узмите неколико гранчица водене биљке и ставите их у левак.
2. Пажљиво окрените левак наопачке и ставите га на дно лабораторијске чаше напуњене водом.
3. Узмите епрувету и напуните је водом до врха.
4. Ставите палац на отвор епрувете, окрените је и пажљиво је уроните у лабораторијску чашу.
5. Ставите епрувету на грлић левка. Епрувета треба да буде потпуно напуњена водом (ваздух уопште не сме да улази у њу).
6. Поставите апаратуру на светло и топло место на неколико дана. Да ли примећујете неке промене након овог периода? Шта примећујете кроз грлић левка? Где је нестала вода у епрувети?
7. Пажљиво извадите епрувету из воде и затворите је палцем.
8. Припремите штапић за горење. (Упалите га и одмах угасите. Требало би да буде жара, али не и пламена.)
9. Ставите ужарено дрво у епрувету, водећи рачуна да не додирнете влажне зидове. Шта сте приметили?



Коришћена је водена биљка како би се олакшало одвајање гаса који се ослобађа током фотосинтезе. Након излагања светлости, мехурићи гаса, производа фотосинтезе, могу се видети како се акумулирају у горњем делу обрнуте епрувете. Гас се тестира ужареним дрвцетом које се поново распламсава када се стави у епрувету. Ово доказује да је гас произведен током фотосинтезе заиста кисеоник.



Проверите шта сте научили

1. Шта су трофичке пирамиде?
2. Које трофичке пирамиде се налазе у еколошким истраживањима и које информације нуде?
3. Шта подразумевате под термином биомаса?
4. Зашто је биомаса на врху пирамиде најмања?
5. Објасните зашто је важно одржавати константан проценат кисеоника у атмосфери.
6. Објасните значај фотосинтезе за живот на нашој планети.

Занимљива биологија



Једном вуку је потребна биомаса од око 600 зечева годишње да би преживео. Зато су врхунски предатори увек у малом броју.

За 24 сата, бамбус може повећати своју биомасу и до 10 %. Ово га чини једним од најбржих произвођача органске материје.

Једна алга може се размножити тако брзо да би створила огромну биомасу за неколико дана, под условом да се нико њоме не храни.

У далекој прошлости Земље, у атмосфери готово да није било слободног кисеоника (O_2) пре него што су се појавили фотосинтетички организми, првенствено цијанобактерије, и почели да га производе као нуспроизвод.

Истражите ...



... обрнуте пирамиде биомасе у океану.

1.8 Услови за одвијање фотосинтезе

Уводна активност

Зашто је једна биљка већа, развијенија и има зелене, здраве и широке листове, док је друга мања и има пожутеле листове?



Да би фотосинтеза текла глатко, морају бити испуњени одређени услови. Услови који утичу на брзину фотосинтезе су:

- интензитет светлости
- концентрација угљен-диоксида
- температура
- довољна количина воде
- довољна количина хлорофила у ћелијама
- старост биљке

Утицај интензитета светлости на брзину фотосинтезе

Светлост обезбеђује енергију потребну за фотосинтезу. Што је већи **интензитет светлости** (њена јачина), брже ће се одвијати фотосинтеза, под условом да су доступне довољне количине угљен-диоксида и воде.

Утицај светлости на брзину фотосинтезе може се тестирати извођењем експеримента где се мења растојање између извора светлости и биљке која врши фотосинтезу. На овај начин се мења интензитет светлости коју биљка прима.

Активност

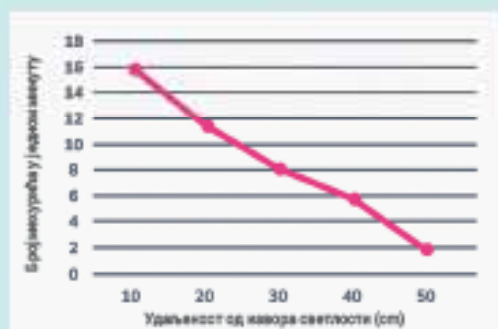
Зависност брзине фотосинтезе од интензитета светлости

скенирај ме



1. Направити 1% раствор NaHCO_3 у чаши.

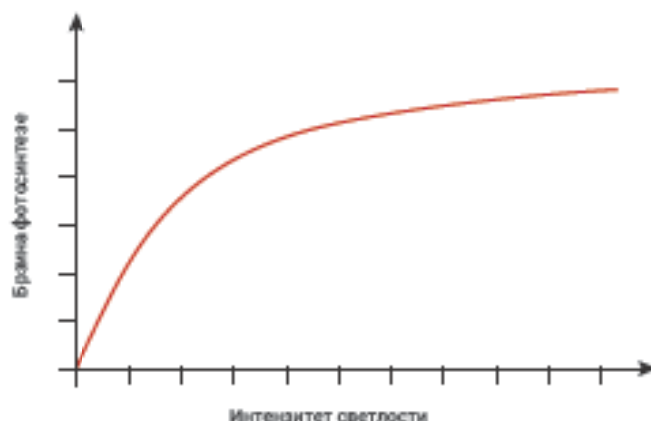
2. Сипајте раствор у епрувету, промућкајте епрувету да бисте uklonили мехуриће и причврстите је на метални сталак са држачем.
3. Уроните грану водене биљке са стабљиком окренутом нагоре у епрувету. Пажљиво држите грану пинцетом и одсеците стабљику испод површине раствора маказама.
4. Поставите мерну траку почевши од ЛЕД лампе и померите држач са епруветом 10 cm од лампе. Укључите лампу да бисте осветлили епрувету и оставите биљку да се адаптира пет минута.
5. У року од једног минута, избројте колико мехурића излази из одсеченог стабла. Поновите бројање три пута и резултате запишите у табелу.
6. Померите епрувету 20 cm од лампе и поново је оставите пет минута да би се биљка прилагодила новом интензитету светлости. Поново избројте мехуриће који излазе из биљке у року од једног минута и поновите бројање три пута.
7. Поновите кораке од 4 до 6 на удаљености од 30, 40 и 50 cm од лампе.
8. Направите графикон на основу добијених резултата.



Из графички приказаних резултата може се уочити да се број ослобођених мехурића смањује са удаљеношћу биљке од извора светлости. Сходно томе, може се закључити да брзина фотосинтезе директно зависи од интензитета светлости.

У експерименту је коришћен 1 % раствор соде бикарбоне као додатни извор угљен-диоксида потребног као реактант у фотосинтези. Број мехурића произведених и ослобођених у једном минуту је показатељ брзине фотосинтезе. Из добијених података примећује се да је на најкраћој удаљености од лампе (10 cm) биљка произвела највећи број мехурића кисеоника. То значи да је при највећем интензитету светлости брзина фотосинтезе била највећа.

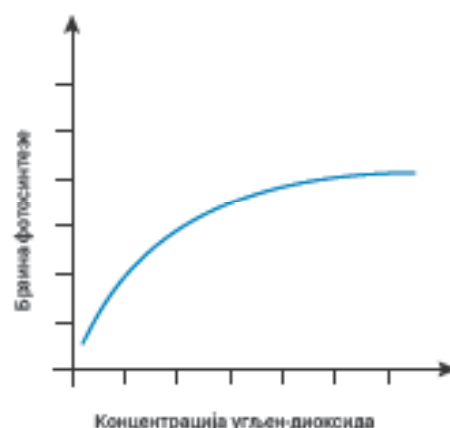
Повећање интензитета светлости убрзава фотосинтезу, али само до одређене тачке. Након те тачке, свако даље повећање интензитета светлости има мали ефекат. То је обично зато што су сви расположиви хлоропласти потпуно заузети апсорпцијом светлости. Стога, без обзира колико се интензитет светлости повећа, више светлости се не може апсорбовати или користити.



Утицај концентрације угљен-диоксида као услов за фотосинтезу

Угљен-диоксид је један од реактаната у фотосинтези, тако да његова количина директно утиче на брзину којом биљка производи храну. При ниским нивоима угљен-диоксида, фотосинтеза ће се одвијати спорије, док повећање концентрације угљен-диоксида омогућава бржи одвијање фотосинтезе.

Повећање концентрације угљен-диоксида не може бесконачно убрзати фотосинтезу. При одређеној високој концентрацији CO_2 , сви ензими укључени у хемијске реакције постају засићени.



Активност

Зависност брзине фотосинтезе од концентрације CO_2 – „Плутајући дискови“

1. Ставите 100 mL воде из чесме и једну кашичицу соде бикарбоне у стаклену чашу.
2. Сипајте само 100 mL воде из чесме у другу чашу (контролни узорак).
3. Исеците мале квадрате или дискове (исте величине) од листова спанаћа маказама или бушилицом.
4. Ставите око 10-20 дискова у празан шприц и напуните шприц припремљеним раствором соде бикарбоне и воде.

- Затворите врх шприца прстом и повуците клип шприца. Ово ће испустити ваздух из дискова.
- Понављајте поступак док се сав ваздух не избаци из дискова и они не почну да тону у шприц (ваздушни простори се пуне течномшћу).
- Поновите поступак са другим шприцем, такође стављајући 10-20 дискова у њега и напуњавајући шприц чистом водом.
- Након избацивања ваздуха, ставите дискове из првог шприца у шољу са раствором соде бикарбоне, а дискове из другог шприца у шољу са чистом водом.
- Ставите обе шоље на светло место (сунчева светлост/електрична лампа).
- Посматрајте експеримент и избројте дискове спанаћа који се издигну (испливају) на површину у року од 10 минута.

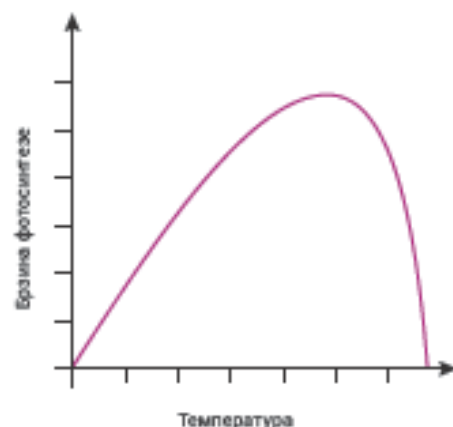
Приметићете да ће у чаши у којој се налази сода бикарбона, дискови спанаћа брже почети да се издижу са дна чаше и плутају на површини воде.

Растварање соде бикарбоне производи додатну количину угљен-диоксида, што повећава брзину фотосинтезе. Кисеоник добијен фотосинтезом испуњава ваздушне просторе у дисковима и они почињу да плутају. Сходно томе, повећана концентрација угљен-диоксида убрзава фотосинтезу.

Температура као услов за фотосинтезу

Фотосинтеза, као и многе друге биохемијске реакције, одвија се под контролом ензима – супстанци које убрзавају хемијску реакцију, а да се саме не мењају. У фотосинтези, ензими учествују у реакцији између угљен-диоксида и воде, при чему се производи глукоза. Ензими су заправо протеини и њихова активност је максимална на одређеној оптималној температури. На нижим температурама, активност ензима је ниска, па ће фотосинтеза тећи споро. Са повећањем **температуре**, активност ензима се повећава, а самим тим ће се фотосинтеза убрзати.

Ово убрзање фотосинтезе под утицајем температуре могуће је само до одређене границе (око 40 °C). Ако је температура веома висока, ензими као молекули протеина се уништавају и губе своју функцију.



Остали услови који утичу на брзину фотосинтезе

Вода као реактант је неопходна за процес фотосинтезе. Ако биљка нема довољно воде, стоме се затварају како би спречиле губитак воде, чиме се спречава улазак угљен-диоксида у лист. Ово стање ће довести до смањења брзине фотосинтезе.

Хлорофил апсорбује сунчеву светлост и трансформише је у енергију потребну за фотосинтезу. Што је више хлорофила у ћелијама, то више светлосне енергије може да апсорбује. Ако је биљка болесна или има недостатак минерала, количина хлорофила ће бити мања (листови ће постати бледозелени или жути). Смањена количина хлорофила такође смањује брзину фотосинтезе.

На брзину фотосинтезе утиче и старост биљке. Код младих биљака још није произведено довољно хлорофила и фотосинтеза се одвија спорије. Код одраслих биљака, брзина фотосинтезе је највећа јер имају довољно хлоропласта богатих хлорофилом у својим листовима. Међутим, код старијих биљака, листови почињу да се оштећују и жуте, а брзина фотосинтезе ће бити спорија.

Проверите шта сте научили

1. Наведите услове за одвијања фотосинтезе.
2. Како интензитет светлости и концентрација угљен-диоксида утичу на брзину фотосинтезе?
3. Постоје неке биљке са шареним (зелено-белим) листовима. Да ли мислите да се фотосинтеза одвија у белим деловима? Објасните свој одговор.
4. Зашто је температура важан фактор за фотосинтезу?
5. Које услове бисте обезбедили биљци ако желите да има најбржу фотосинтезу?

Истражите ...



... како различите боје светлости утичу на фотосинтезу.

Занимљива биологија



Значај услова за фотосинтезу је најочигледнији приликом гајења биљака у пластеницима. Тамо се температура, угљен-диоксид и светлост строго контролишу како би се осигурао највећи могући принос. Стога се у пластеницима угљен-диоксид додаје у ваздух, а користе се црвене и плаве ЛЕД лампе, јер су црвена и плава светлост најоптималније за фотосинтезу. Кап по кап наводњавање омогућава да коренов систем потпуно апсорбује воду, без губитка у околно земљиште.

1.9 Преноси енергије

Уводна активност

Замислите да морате да трчите пет минута. Која од ове три намирнице: хлеб, банана или чоколада, мислите да ће вам дати највише енергије? Зашто? Од чега зависи енергетска вредност хране? За шта ће се користити енергија коју добијете из хране?

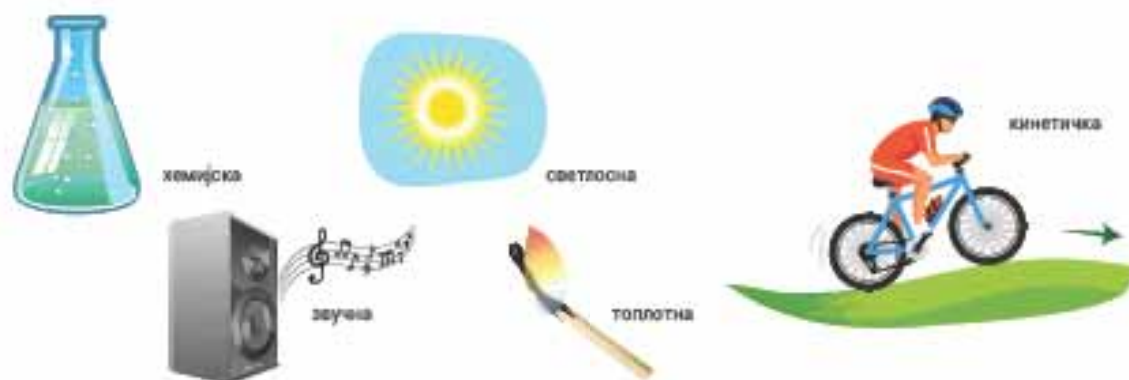


Већ смо поменули да је свим живим организмима потребна енергија за обављање својих животних процеса. Живи организми добијају потребну енергију из хране. Термин **енергија** се односи на способност обављања рада. Енергија се не ствара, нити се може уништити. Енергија се само трансформише (преноси) из једног облика у други.

Врсте енергије

Енергија постоји у природи у многим облицима. Налази се као:

- **Хемијска енергија** је енергија која се налази у хемијским везама молекула од којих су изграђене супстанце. Живи организми користе хемијску енергију из хране за своје потребе.
- **Топлотна енергија** је повезана са кретањем молекула у телима. Што се молекули брже крећу, тело је топлије. Топлота се преноси у околину и загрева друга тела.
- **Светлосна енергија** је енергија која долази од тела или предмета који емитује светлост. Најважнији извор светлости је Сунце. Други примери извора светлосне енергије су лампе, ватра итд.
- **Звучна енергија** настаје када предмети вибрирају, стварајући звук. Сваки звук долази из одређеног извора звука. Можемо препознати различите звукове, као што су звук музичког инструмента, звоњава звона, људски говор, певање птица или звук који долази из звучника.
- **Кинетичка енергија** је енергија тела које се креће. Трчање, вожња бицикла, шутирање лопте су само неки од примера кинетичке енергије.



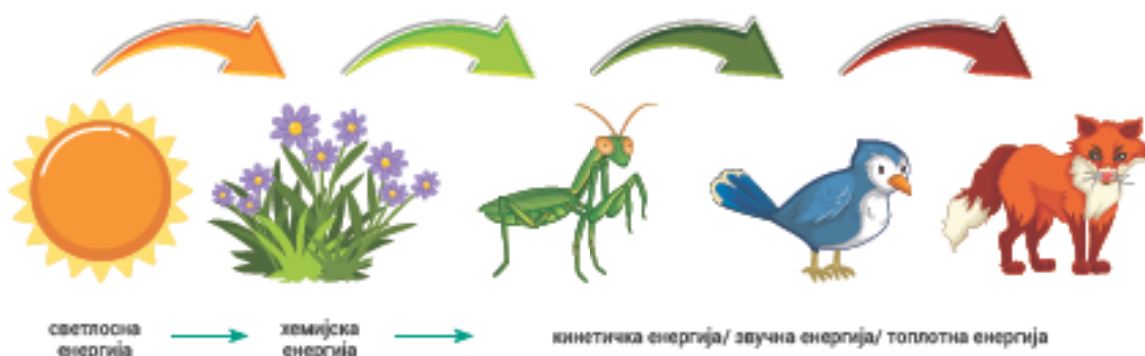
Врсте енергије

Преноси енергије

Сунце је највећи извор светлосне и топлотне енергије на нашој планети. Познато је да само око 3 % укупне светлосне енергије која стиже до Земље биљке користе за фотосинтезу. Иако је проценат мали, биљке, уз помоћ хлорофила у хлоропластима, успевају да апсорбују светлосну енергију, трансформишу је у хемијску енергију и складиште је у хемијским везама молекула глукозе. Ови молекули се даље користе за стварање многих других супстанци – угљених хидрата (скроб), масти и протеина који постају храна за организме у ланцу исхране.

Да би се ослободила енергија у хемијским везама хранљивих материја, оне прво морају бити разграђене. То се дешава у свим ћелијама организама када хранљиве материје унете храном реагују са кисеоником који се уноси путем дисања.

Организми користе ослобођену енергију за низ процеса током којих се хемијска енергија трансформише у друге врсте енергије.



Трансформација енергије у ланцу исхране

Дакле, када се животиње крећу, мишићне ћелије користе ослобођену хемијску енергију и претварају је у енергију кретања – кинетичку енергију.

Када животиње производе звукове (лајање, певање, завијање итд.), мишићи око гласних жица користе хемијску енергију да би изазвале вибрације гласних жица. Вибрације стварају звучне таласе које региструјемо као звук. То значи да је хемијска енергија искоришћена и трансформисана у звучну енергију.

Када живи организми дишу, ослобађа се велика количина топлотне енергије, коју организми углавном користе за одржавање телесне температуре.

Поред тога што је извор енергије, храна служи и као материјал за изградњу и одржавање тела. Зато је важно знати од чега је направљена храна коју једемо и која је њена енергетска вредност. На паковању прехранбених производа обично се налази табела која пружа информације о саставу хране и њеној енергетској вредности на 100 g производа. Енергетска вредност се изражава у **џулима** (J) и **килоџулима** (kJ), али се често користи и друга јединица – килокалорија (kcal). Једна килокалорија је једнака 4 184 (J) или 4,184 килоџула (kJ).

Различите врсте хране садрже различите количине хемијске енергије. Енергетска вредност хране зависи од тога колико угљених хидрата, масти и протеина одређени производ садржи.

Нутритивна вредност

	на 100 g	ПДВ*
Енергетска вредност	1951 kJ 465 kcal	4,6 %
Масти	17,2 g	4,9 %
– од којих засићене масти	8,5 g	8,5 %
Угљени хидрати	58,0 g	4,5 %
– од којих шећери	27,0 g	6,0 %
Билина влакна	3,2 g	-
Протеини	7,5 g	3 %
Со	0,8 g	2,7 %

*Предложени дневни унос за просечну одраслу особу на основу изхране од 2.000 kcal.

Пример ознаке енергетске вредности за прехранбени производ

Активност

Енергетска вредност различитих намирница

Погледајте табеле нутритивних вредности неколико различитих производа. Направите табелу и анализирајте податке за сваки производ. Да ли производи са високим садржајем масти имају већу енергетску вредност? Да ли су количине шећера (угљених хидрата) и укупне енергије на неки начин повезане? Да ли постоји јасан образац (тренд), на пример, да прерађена храна има више калорија?

АКТИВНОСТ

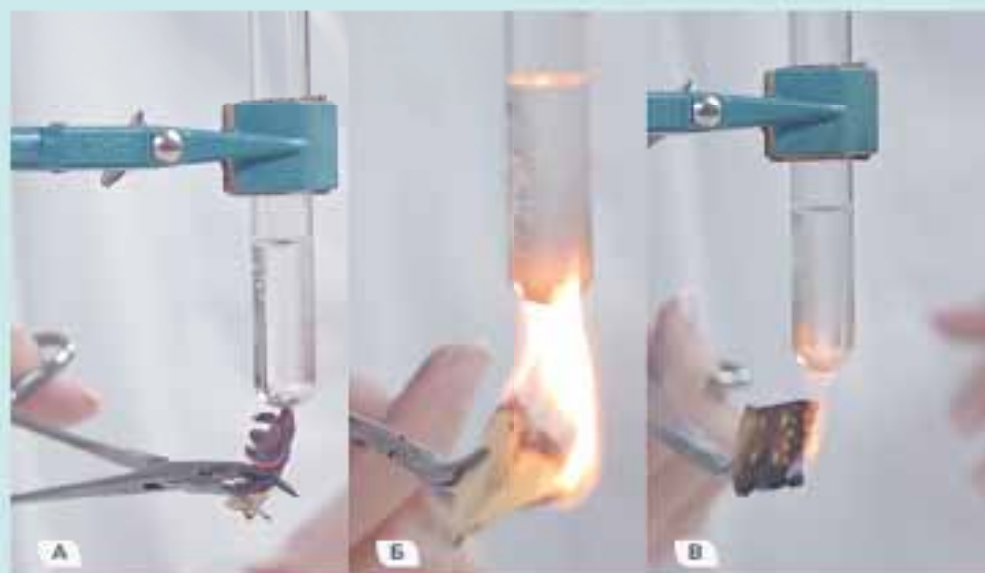
Мерење количине енергије
ускладиштене у комадићима хране

скенирај ме



Из безбедносних разлога, овај експеримент ће спровести наставник. Разни производи могу се користити као комадићи хране. У овом експерименту су изабрани макарони, чипс и кекси.

1. Узмите епрувету и напуните је до једне трећине водом.
2. Уметните термометар у воду и измерите температуру воде.
3. Ставите комад макарона на дугачку металну штипаљку и запалите га.
4. Приближите запаљени комад макарона дну епрувете са водом.
5. Загревајте епрувету док комад хране потпуно не изгори.
6. Поново измерите температуру воде. Забележите резултат у табели.
7. Поновите кораке 3, 4, 5 и 6 са комадом чипса и комадом кекса. Забележите резултате у табели.



Разлика између температуре воде пре загревања (T_1) и температуре воде након загревања за сваки узорак хране појединачно (T_2) показује колико степени Целзијуса се вода загрејала као резултат сагоревања узорака хране.

На основу тога који је узорак хране изазвао највећи пораст температуре воде, може се закључити да има највећу ускладиштену енергију која је ослобођена у облику топлоте током сагоревања. У овој студији, то је чипс.

Проверите шта сте научили

1. Шта се подразумева под термином енергија?
2. Како биљке трансформишу сунчеву светлост у хемијску енергију?
3. Како се енергија преноси кроз ланац исхране?
4. Наведите примере како се хемијска енергија трансформише у кинетичку, звучну и топлотну енергију у живом свету?
5. Шта је енергетска вредност хране и у којим јединицама се изражава?

Истражите ...



... колико „скривених“ калорија има у свакодневној храни. Изаберите производ за који претпостављате да има мало калорија (на пример: житарице, воћни сок, јогурт, прелив за салату). Упоредите своје претпоставке са стварном енергетском вредношћу на етикети. Да ли су ваше претпоставке биле тачне?

Занимљива биологија



Један грам чоколаде садржи отприлике исту количину енергије као један грам шећера – око 17 kJ. Али пошто чоколада садржи и масти, она садржи двоструко више енергије по граму него шећер! То значи да једна мала чоколада може да вам да довољно енергије за трчање 10 до 15 минута!

Авокадо има више енергије од чоколаде. Због високог садржаја здравих масти, авокадо је „скривена енергетска бомба“.

Хладна вода троши енергију – када пијете хладну воду, ваше тело сагорева калорије да би загрејало воду до телесне температуре.

Ровчице (мале ноћне животиње, сродници кртица) имају брзи метаболизам и велике енергетске потребе у односу на своју масу. Због тога, морају дневно да конзумирају велику количину хране (већу од њихове телесне масе) и могу да угину ако не једу неколико сати. С друге стране, лењивци имају најмању енергетску потребу у живом свету.



1.10 Дисање

Уводна активност

Наставник ће упалити шибицу. Пажљиво посматрајте како шибица гори.

Од ког материјала је направљена шибица? Шта примећујете док гори? Одакле долази енергија која се ослобађа током горења? Шта је потребно шибици да би наставила да гори?

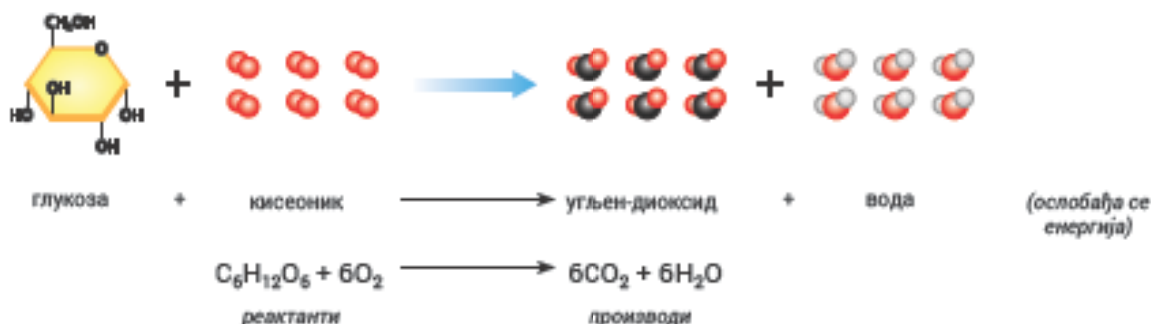


Паљење шибице је пример брзог ослобађања енергије из органске материје под утицајем кисеоника (кисеоник је гас који подржава сагоревање). Сагоревање је заправо хемијска реакција (оксидација) између органске материје у дрвету и кисеоника. Током овог процеса, хемијска енергија ускладиштена у дрвету трансформише се у светлосну, топлотну и звучну енергију.

Сличан процес се одвија у ћелијама живих организама, али много спорије (и без ватре). Као што шибица гори у присуству кисеоника, тако и храна у ћелијама „гори“ у присуству кисеоника који уносимо кроз респираторни систем.

Процес споре оксидације хранљивих материја под утицајем кисеоника, током којег се ослобађа енергија из хране, назива се **дисање**. Овај процес се одвија у живим ћелијама.

Живи организми снабдевају своје ћелије кисеоником из околног ваздуха. У ћелијама глюкоза ступа у хемијску реакцију са кисеоником. Каже се да глюкоза оксидује. У овом процесу, глюкоза се разлаже на мање молекуле и ослобађа се велика количина енергије, која се складишти у једињењу високе енергије. Производи ове реакције су угљен-диоксид и вода, а део енергије се ослобађа у облику топлоте.



Модел, текст и хемијска једначина процеса дисања

Присуство угљен-диоксида који се ослобађа током дисања може се експериментално доказати пропуштањем издахнутог ваздуха кроз кречну воду. Појава млечно-белог облака је доказ присуства угљен-диоксида.

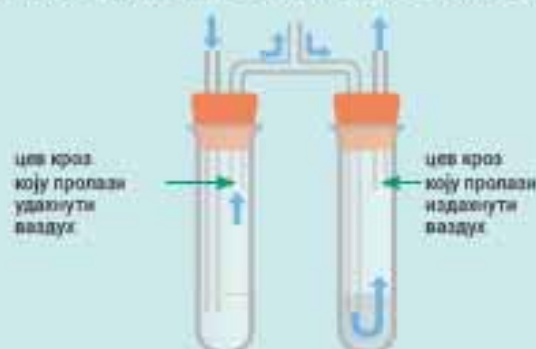
Активност

Тестирање присуства угљен-диоксида у издахнутом ваздуху

схемирај ме



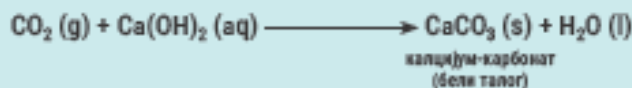
1. Сипајте исту запремину кречне воде у две епрувете. Затворите епрувете гуменим чеповима. Провуците две цевчице кроз чепове, пратећи дијаграм.



2. Обришите средњу цевчицу 75 % алкохолом, а затим пажљиво удахните и издахните кроз њу неколико пута. Шта примећујете? Које промене се дешавају у обе епрувете?



Иако и удахнути и издахнути ваздух пролазе кроз кречну воду, присуство угљен-диоксида се детектује само у издахнутом ваздуху. Кречна вода је водени раствор калцијум-хидроксида. У присуству угљен-диоксида, долази до хемијске реакције, што резултира белим талогом калцијум-карбоната. Овај талог узрокује да кречна вода постане млечно бела.



И стварање топлоте током дисања може се експериментално доказати.

Активност

Ослобађање топлоте током дисања зрна пасуља

скенирај ме



1. Припремите 50 зрна пасуља.
2. Разблажите варикину (1 : 4 – један део варикине, четири дела воде) у лабораторијској чаши.
3. Узмите 25 семенки (претходно стављених у воду да би се стимулисало клијање) и исперите их пет минута у разблаженој варикини (да бисте убили бактерије и плесни на површини семенки).
4. Осталих 25 семенки ставите у воду и кувајте пет минута. Након кључања, ставите их у хладну воду. Охлађено семе исперите пет минута разблаженом варикином.
5. Означите два термоса ознакама 1 и 2.
6. Ставите живо семе у термос 1. Затворите отвор термоса ватом и уметните термометар кроз вату. Окрените термос и ставите га на метални прстен који је причвршћен за статив.
7. Ставите кувано семе у термос 2. Затворите отвор термоса ватом и уметните термометар кроз вату. Окрените термос и поставите га на метални прстен причвршћен за статив.



8. Очитавајте температуру једном дневно током три дана и забележите резултате у табели. Прво мерење извршите 15 минута након постављања експеримента.

Из добијених резултата може се конструисати график.

Експеримент приказује процес ћелијског дисања живог семена пасуља. Током ћелијског дисања користи се кисеоник, а ослобађају се угљен-диоксид и топлота. Повећање температуре током клијања живог семена доказује да оно активно дише.



Дисање код биљака

У основи, сагоревање хранљивих материја у ћелијама је исто код биљака и животиња. Начин на који организми снабдевају ћелије кисеоником и глукозом је различит.

Биљке то раде разменом гасова кроз стоме својих листова. Кисеоник улази у листове кроз стоме и дифундује кроз ћелијске мембране у унутрашњост ћелија. Ћелије садрже глукозу насталу током фотосинтезе. Оксидација глукозе се одвија у посебним ћелијским структурама које се налазе у цитоплазми ћелије. Као резултат дисања, биљке ослобађају угљен-диоксид, воду и енергију у облику топлоте.

Дисање код животиња

Животиње имају специјализоване органе за дисање (респираторне системе) помоћу којих уносе ваздух богат кисеоником у своја тела. Из респираторних органа, кисеоник дифундује у циркулаторни систем, који га преноси до сваке ћелије у телу. Оксидација глукозе се одвија у ћелијама, а крајњи производи су угљен-диоксид и вода, при чему се ослобађа енергија.

Проверите шта сте научили

1. Шта је дисање и у којим ћелијама се одвија?
2. Шта се дешава са глукозом током процеса дисања?
3. Напишите текст и уравнотежене хемијске једначине за дисање.
4. Која је сличност, а која разлика у процесу дисања код биљака и животиња?

Истражите ...



... ћелијске структуре (органеле) у ћелијама у којима се одвија процес дисања.

Занимљива биологија



Неке биљке су термогене биљке – производе топлоту кроз интензивно ћелијско дисање.

На пример, цвет биљке *Arum maculatum* или *Amorphophallus titanum* може достићи температуре сличне температури људског тела, чиме привлачи инсекте. Топлота долази од веома брзе оксидације ускладиштених хранљивих материја.



1.11 Однос између фотосинтезе и дисања

Уводна активност

Који је процес представљен на левој слици, а који на десној? Које супстанце биљка користи из околине за процес илустрован на левој слици? Шта се дешава са глюкозом и кисеоником током процеса илустрованог на десној слици?



Фотосинтеза и дисање су два процеса која се одвијају у биљкама и уско су повезана један са другим. Фотосинтезом биљка ствара храну, а дисањем користи створену храну за добијање енергије.

То се најбоље види кроз њихове хемијске једначине:

ФОТОСИНТЕЗА



ДИСАЊЕ



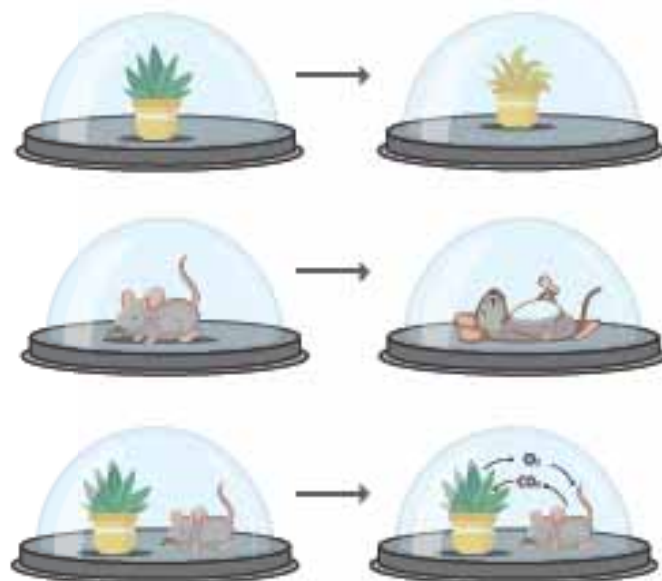
Из једначина можемо видети да исте супстанце учествују у оба процеса, али су другачије распоређене. Угљен-диоксид је неопходан реактант за фотосинтезу и ослобађа се као производ у процесу дисања. Кисеоник се добија као производ фотосинтезе и реактант је у процесу дисања. Исто се може рећи и за глюкозу и воду. Оба процеса укључују енергију, али се у фотосинтези складишти као хемијска енергија, а у дисању се ослобађа као топлотна енергија.

Дакле, јасно се види да фотосинтеза и дисање теку у супротним смеровима. Реактанти у једном процесу су производи у другом и обрнуто. Главна разлика између фотосинтезе и дисања је место у ћелији где се одвијају и улога коју играју. Фотосинтеза се одвија у хлоропластима биљака, где се глюкоза и кисеоник производе уз помоћ светлосне енергије. Дисање се, с друге стране, одвија у другим ћелијским органелима, где се глюкоза разграђује и ослобађа енергија.



Шема веза између фотосинтезе и дисања

Везу између ова два процеса приметио је и Џозеф Пристли када је спровео неколико кључних експеримената 1770-их, што је довело до открића кисеоника и разумевања фотосинтезе. У једном таквом експерименту, у затвореним посудама, Пристли је појединачно ставио биљку и миша, који су убрзо угинули. Затим је ставио биљку и миша заједно у другу затворену посуду и приметио да миш дуже живи. Пристли је закључио да биљке „обнављају” или „пречишћавају” ваздух који је био „конзумиран” дисањем миша. Касније је француски хемичар Антоан Лавоазје, надовезујући се на Пристлијев рад, идентификовао гас као нови елемент и назвао га кисеоник. Ови експерименти били су кључни за откривање виталне улоге биљака у производњи кисеоника путем фотосинтезе, као и за разумевање односа између биљног и животињског света и атмосфере.



Џозеф Пристлијев експеримент о односу између фотосинтезе и дисања

Одвијање фотосинтезе и дисања код биљака

Фотосинтеза је процес који зависи од светлосне енергије, па се углавном одвија током дана у присуству сунчеве светлости. Дисање је процес који се одвија континуирано, током дана и ноћу.

Током дана, када ћелије врше фотосинтезу, поред глукозе се производи и кисеоник. Стога, за потребе дисања, кисеоник не мора да улази (дифузује) у лист јер је већ тамо. Део биљка користи, а већи део се ослобађа као вишак кроз стоме.

Ноћу, када нема светлости, фотосинтеза се не одвија, али се дисање наставља. Стога биљка уноси кисеоник и ослобађа угљен-диоксид кроз стоме, које су мање отворене током ноћи, али нису потпуно затворене.



Дневна динамика фотосинтезе и дисања код биљака

Процеси фотосинтезе и дисања код биљака имају дневну динамику. Ујутру, са појавом првих сунчевих зрака, почиње фотосинтеза и производња кисеоника. Током овог периода, количина кисеоника произведена фотосинтезом је приближно једнака количини потрошеној током дисања. Током дана, како се интензитет светлости повећава, повећава се и брзина фотосинтезе. Тиме се ствара вишак кисеоника који се ослобађа у животну средину. Због повећане фотосинтезе повећава се потреба за угљен-диоксином, који улази у лишће и уграђује се у глукозу. Као резултат тога, концентрација угљен-диоксида у ваздуху се смањује, а околни ваздух се обогаћује кисеоником.

Активност

Када биљка производи кисеоник, а када га троши?

1. Напуните две чаше водом и у сваку ставите мали лист/гранчицу водене биљке.

2. Додајте мало соде бикарбоне (као додатни извор CO_2).
3. Ставите прву чашу под јако светло (сијалицу, лампу).
4. Другу чашу обмотајте црним папиром (потпуни мрак).
5. Сачекајте 15 до 20 минута.

У чаши постављеној на светлости, мехурићи ће се појавити на површини листова. То показује да се фотосинтеза одвија и да биљка производи кисеоник. У чаши постављеној у мрак, мехурићи се неће појавити на листовима. Биљка не производи кисеоник, већ само дише – троши O_2 и ослобађа CO_2 , који се раствара у води, тако да нема мехурића.

Ово доказује да су фотосинтеза и дисање супротни, али међусобно зависни процеси. Оно што биљка створи фотосинтезом, користи за дисање.

Проверите шта сте научили

1. Објасните тврдњу „Фотосинтеза и дисање су повезани процеси, али се одвијају у супротним смеровима.“
2. Када се код биљака дешава фотосинтеза, а када дисање?
3. Да ли су стоме потпуно затворене ноћу?
4. Биљке производе и троше кисеоник. Зашто онда кажемо да биљке обогаћују ваздух кисеоником?

Истражите ...



... размену кисеоника и угљен-диоксида кроз стоме пустињских биљака.

Занимљива биологија



Научна мерења показују да се кисеоник у атмосфери одржава равнотежом између фотосинтезе и дисања. Фотосинтетски организми (биљке, алге и цијанобактерије) годишње фиксирају приближно 100–120 гигатона угљеника путем фотосинтезе, а скоро иста количина се враћа у атмосферу као CO_2 током дисања и разградње органске материје.

1.12 Грађа корена

Уводна активност

Погледајте слике корена траве, маслачка, црног лука, шаргарепе и пасуља. Које су главне разлике које примећујете?

Формирање и значај корена

Када биљка започне свој развој из семена, прво се појављује коренчић клице, а касније се развијају стабло и други надземни делови. Коренчић клице најинтензивније расте на врху, издужује се, задебљава и формира главни корен. Како расте, на главном корену се појављују и бочни корени који се постепено гранају, формирајући тако коренов систем биљке. Корен увек расте надоле. Најчешће се корен развија у земљишту, али постоје и биљке које развијају корен изнад земље како би снабделе биљку кисеоником.

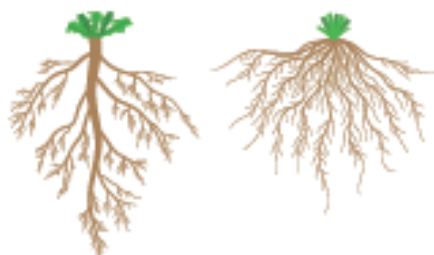
Главна улога корена је да обезбеди довољно воде и минерала за биљку, али и да причврсти биљку за подлогу. Код неких биљака, корен складишти резервне хранљиве материје. Корен се може користити и за вегетативно размножавање.

Посебна карактеристика корена махунарки је симбиотски однос са неким бактеријама – фиксаторима азота. Ове бактерије имају способност да апсорбују слободан азот из ваздуха и трансформишу га у азотна једињења која биљка може да апсорбује. Други облик симбиозе може се јавити између корена и неких земљишних гљива чије се хифе развијају дуж бочних коренова. У овом међусобном односу, и биљка и гљива имају међусобну корист. Гљива се снабдева готовим органским супстанцама из биљке, а она је снабдева водом и раствореним минералима који су јој потребни.

Врсте корена

Према изгледу кореновог система, разликујемо осовински (вретенасти) корен и жиличаста корен. Разлика између њих је у томе што главни корен има добро развијен главни корен и друге мање бочне коренове, док код жиличастог корена нема главног корена и сви коренчићи у кореновом систему су приближно подједнако развијени.

Коренов систем се састоји од свих корена биљке. Формира се у земљишту у потрази за водом, и тако се биљка боље причвршћује за земљиште.



Врсте корена – осовински и жиличасти корен

Код неких корена долази до модификације, која је најчешће у виду задебљања због акумулације резервних хранљивих материја. Такви модификовани корени су најчешће у облику репа (шаргарепа, шећерна репа) и кртола (далије итд.), али могу бити и разни израсци попут надземног корена за дисање (код неких тропских врста) или потпорног корена.



Модификовани корени у облику репе и кртола, надземног корена за дисање и потпорног корена

Допунски или адвентивни коренови су посебна врста корена који се развијају надземно и под земљом, али не потичу од главног корена већ од других делова биљке (од стабла или листа). Углавном се појављују из доњег дела стабла када главни корен одумре, али могу потицати и од листа. Адвентивни корени се развијају код житарица, луковица црног лука и разних врста током вегетативног размножавања.

Ако се део винове лозе, стабло малине или олеандра одсече и остави у води или влажном песку, формираће се додатни коренови.



Формирање адвентивног корена током вегетативног размножавања стаблом

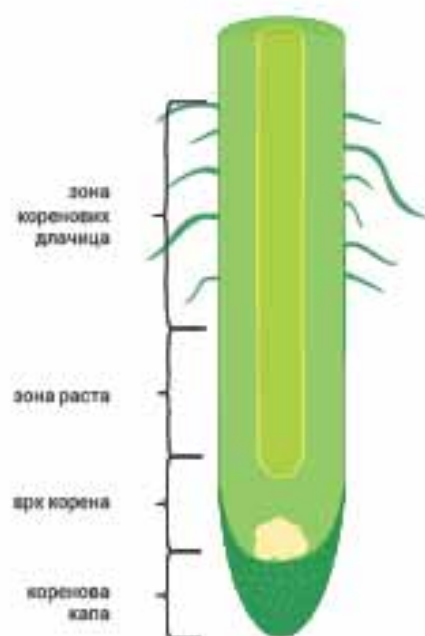


Адвентивни корени са стаблом, листа и модификованог стабла

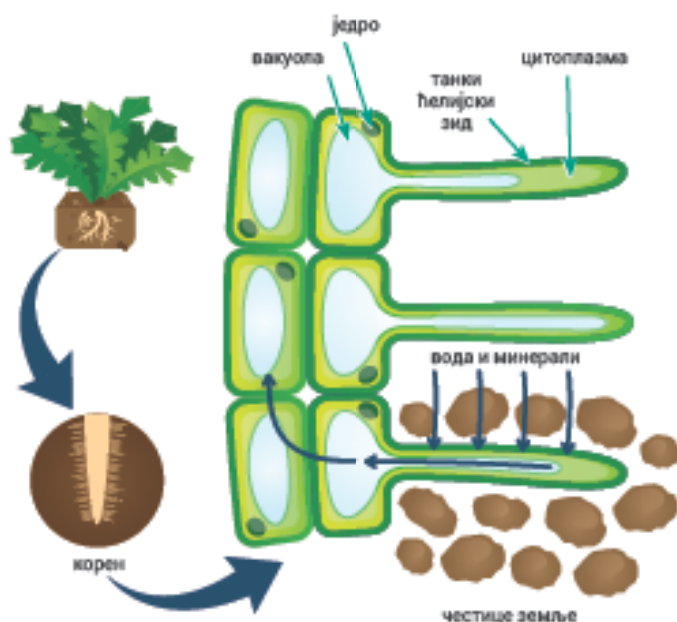
Грађа корена

Корен је подељен на: врх корена са кореновом капом, зону раста и дела за апсорпцију који се назива зона коренових длачица (зона апсорпције/зона диференцијације). Корен расте врхом јер овај део садржи ћелије које се стално деле и формирају кореново ткиво. Да би се заштитио од оштећења приликом продирања у земљиште, врх корена формира коренову капу. Површинске ћелије коренове капе се раскидају и одбацују током раста корена, али се и стално обнављају.

У наставку врха корена налази се део у коме се ћелије издужују и расту (зона раста), а изнад ове зоне, ћелије се постепено специјализују/диференцирају за одређену улогу. Дакле, у овој зони диференцијације, корен је обрастао бројним специјализованим биљним ћелијама – **кореновим длачицама**.



Грађа корена у уздужном пресеку



Коренове длачице

Коренове длачице имају танке ћелијске зидове и представљају нежне продужетке ћелија покривног ткива корена. Мале су величине и не могу се видети голим оком, али се могу видети лупом или под микроскопом. Бројне су и стварају велику зону апсорпције, али имају кратак животни век од само неколико дана. Њихова структура је прилагођена да апсорбују воду у којој су растворени минерали потребни за раст и развој биљке.

На попречном пресеку корена, испод покривног ткива, може се видети неколико слојева живих ћелија које су део коре корена. Кроз њих вода са раствореним супстанцама доспева до унутрашњег (централног) дела корена где се преноси у проводне судове ксилема.



Ксилем је састављен од мртвих ћелија и цеви са задебљаним и лигнифицираним ћелијским зидовима кроз које протиче вода и растворени минерали. Кроз ксилем се вода транспортује до свих надземних делова биљке. У непосредној близини ксилема налази се **флоем** који проводи храну (органске супстанце и производе фотосинтезе) углавном од листова до свих делова, укључујући и корен. Флоемске проводне ћелије су живе, али са измењеном ћелијском структуром прилагођеном функцији коју обављају.

Активност

Посматрање раста корена

1. Ставите зрело семе пшенице, кукуруза, сочива или парадајза између два влажна папирна убруса у пластичној кутији коју ћете поставити вертикално. Посматрајте шта се дешава након 24, 48 и 72 сата.
2. Измерите дневни раст и смер у коме се корен развија код ових биљака након 4, 5, 6 и 7 дана од сетве.
3. После неколико дана, окрените кутију за 180°. Посматрајте неколико узастопних дана у ком смеру расте корен.

Без обзира на то како се семе или посуда у којој биљке расту налазе, стабло ће увек расти нагоре, а корен надоле.

Проширење експеримента:

4. Проклијало семе исте врсте можете посадити у стаклене чаше са различитим саставима земљишта, на пример: песак, хумусно земљиште и глиновито земљиште. Поставите семе близу зида чаша тако да се корен може видети.
5. Измерите дужину корена након 7 дана. Шта можете закључити?

Земљиште са највише хранљивих материја омогућиће најбољи раст корена.

Проверите шта сте научили

1. Где и како се формира коренов систем?
2. Које су функције корена?
3. Који су делови корена у уздужном пресеку, а каква је његова грађа у попречном пресеку?
4. Шта су коренове длачице и из којих ћелија потичу?
5. Где се у корену налазе ксилем и флоем и зашто су важни?

Истражите ...



... биљке које складиште разне органске супстанце у корену. Истражите биљку салеп из породице орхидеја које складиште шећере и слузаве супстанце у коренове кртоле. Салеп је пиће које се прави од њих.

Занимљива биологија



Врста бенгалског дрветастог фикуса (*Ficus benghalensis*) има огроман систем ваздушних, надземних коренова преко којих се снабдева влагом, а који може покрити површину од неколико хектара.



Највећи корен (дубок 68 метара) има такозвано пастирско дрво (*Boscia albitrunca*).

1.13 Грађа сталба

Уводна активност

Подсетите се утицаја Земљине гравитације на раст и правац стабла док биљка расте. Направите поређење са растом корена. Разговарајте у разреду о начинима за проверу ове природне појаве.

Изглед и функција стабла

Стабло је вегетативни орган који, заједно са листовима и пупољцима, чини део изданка. Изданак расте у висину, тј. супротно од корена. Споља се уочавају задебљања дуж дужине стабла на местима где су листови причвршћени. Место где се лист причвршћује за стабло назива се чвор, а део између два суседна чвора назива се чланак. Чланци су дуги када су листови на стаблу ређи и обрнуто, краћи су када су листови на стаблу гушћи.

Облик стабла је разнолик, најчешће цилиндричан, али може бити четвороугаони, вретенасти итд. У зависности од чврстоће стабла, разликујемо усправна стабла, пузећа стабла итд.

Основна функција стабла као аксијалног органа је потпора која даје чврстину биљци. Стабло проводи воду и растворене минерале од корена до листова, а у супротном смеру проводи производе фотосинтезе – створене хранљиве материје. Стабло такође игра улогу у гранању и распореду листова како би се обезбедило најповољније осветљење зелених делова. Стабло носи цветове, а затим и плодове.



Врсте стабла

Према дужини животног века разликујемо једногодишња и вишегодишња стабла.

Једногодишње биљке се развијају у пролеће, расту, а суше се и умиру у јесен. Њихово стабло је зелено, танко и обично не дрвени. Такви су стабла многих баштенских, житарских, индустријских и дивљих биљака као што су: парадајз, паприка, пасуљ, грашак, бундева, пшеница, кукуруз, дуван, невен и многе друге.

Вишегодишње су стабла дрвећа, жбуња и полужбуња. Имају различит животни век – од десетина година до неколико векова.

Дрвеће развија једно главно стабло које може бити танко или масивно у зависности од врсте и старости. Стабло се на одређеној висини више пута грана, формирајући круну дрвенасте биљке. Најмлађе гране дрвета су изданци који носе лишће и пупољке. Такво је стабло храста, јавора, липе, кестена итд.

Жбуње нема главно стабло, већ неколико стабла која су мање-више једнака по изгледу и дебљини. Гранају се непосредно изнад земље и обично не достижу велику висину (до 3 метра). Такво је стабло купине, руже, јоргована итд.

Полужбуње је слично жбуњу, али су им надземни делови зелени и мењају се сваке године, а доњи део је дрвенаст. Живе неколико година и имају низак раст. Такви су рузмарин, тимијан, лаванда итд.

Под утицајем спољашњих фактора, стабла великог броја биљака се модификују, тако да споља не подсећају на стабло. Таква модификована стабла су ризоми (код ђурђевка, перунике итд.), столони (код јагода), кртоле (код кромпира се развијају на столонима), луковице (код црног лука, љиљана и других моноко-тиледоних биљака), док је код кактуса стабло модификовано и има сферни, издужени облик или је спљоштено и подсећа на лист.



Стабло и круна липе



Жбун руже



Полужбун лаванде

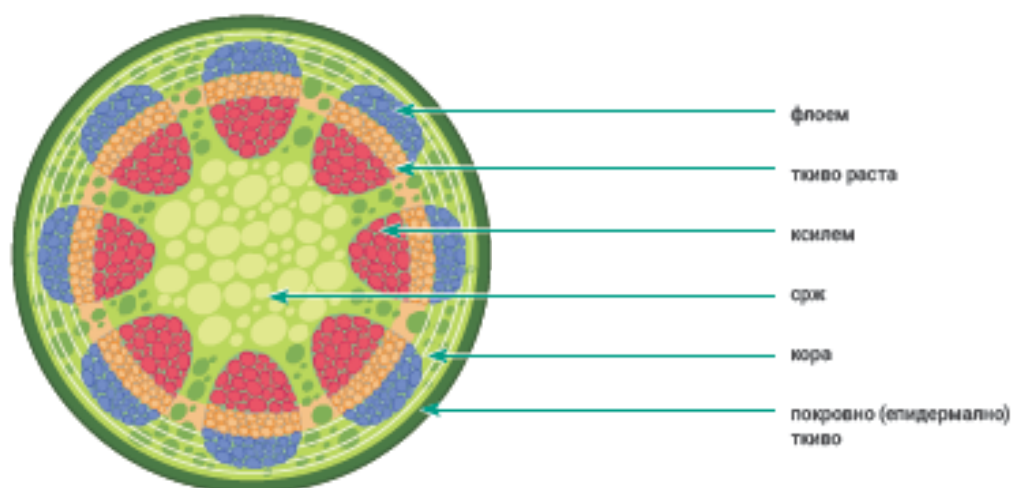


Ризоми (пушјевак), столони (јагода), кртоле (кромпир), луковница (црни лук)

Грађа стабла

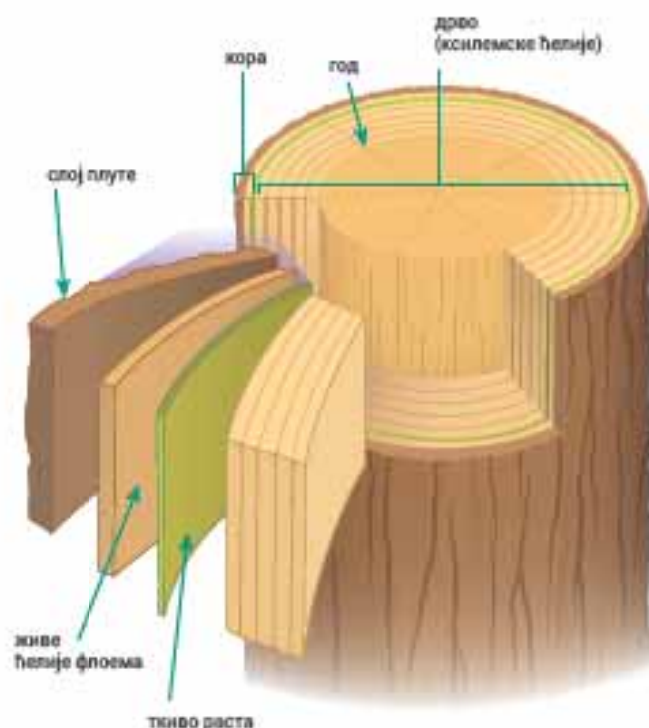
На попречном пресеку постоје разлике у структури стабла код једногодишњих и вишегодишњих биљака. На површини се налази покривно (епидермално) ткиво, затим кора и средишњи део сржи стабла.

Код једногодишњих стабла, кора садржи живе ћелије које садрже хлоропласте, због чега је стабло зелено и фотосинтетски активно. Присутне су и мртве ћелије са задебљаним ћелијским зидовима, које доприносе чврстоћи стабла. У средишњем делу се налазе проводни судови – ксилем и флоем, који су повезани са проводним судовима из корена. Разлика је у томе што су у стаблу проводни судови већи по броју и различито су груписани. Стабла могу имати разлике у распореду ксилема и флоема. Обично је положај флоема према површини стабла, а ксилема према сржи. Између флоема и ксилема налази се ткиво раста у облику круга. Централни део стабла је углавном испуњен живим ћелијама, али може бити и празан простор различитих облика.



Грађа стабла једногодишње биљке у попречном пресеку

Код вишегодишњих стабла, ткива претходно описане грађе замењују се другима која имају дугорочнију функцију. Епидермис се замењује новим површинским слојем плуте (плутане ћелије) и тиме пружа бољу заштиту стабла. На неким местима се формирају такозване лентицеле (отвори за дисање), које су мале пукотине у слоју плуте. Испуњене су растреситим ткивом, богатим ваздушним просторима. Испод површинског слоја налазе се различите врсте ткива, али доминирају живе ћелије флоема. Проводне ћелије ксилема остају у унутрашњем делу стабла и формирају такозвано дрво, које се сваке године надоградњи изграђује новим кружним слојем који се назива год. Број година одговара старости дрвета. Између флоема и ксилема налази се ткиво раста које ствара ћелије у дрвету и кори.



Грађа вишегодишњег стабла у попречном пресеку

Активност

Посматрање стабла под микроскопом

1. Изаберите комад стабла неке врсте биљке (парадајз, кукуруз, бундева или млада грана дрвета – зова или орах) и пажљиво, уз помоћ наставника, направите танак попречни пресек скалпелом.
2. Ставите кап воде на чисто стакло и потопите исечени део.
3. Покријте га покровним стаклом и посматрајте под микроскопом, прво при мањем, а затим при већем увећању.
4. Покушајте да препознате структурне елементе стабла редом од површине стабла, коре и централног дела.

Ако анализирате неколико биљака, видећете видљиве разлике у грађи стабла код представника једногодишњих (парадајз или кукуруз) и вишегодишњих (дрвенастих) биљака.

Попречни пресек стабла кукуруза



Попречни пресек стабла грмизарела



Попречни пресек стабла врбе



Проверите шта сте научили

1. Које су основне функције стабла?
2. Које врсте стабала постоје према дужини животног века?
3. Од којих делова су састављена стабла једногодишњих биљака?
4. Које су градивне карактеристике вишегодишњих стабала?
5. Како се деле стабла вишегодишњих биљака?

Истражите ...



... ретке биљне врсте са висококвалитетним и вредним дрветом које се користи за израду музичких инструмената, луксузног намештаја, а користи се и у грађевинарству или бродоградњи.

Класификујте врсте према тврдоћи дрвета, његовој природној боји и отпорности на воду, инсекте и сунчеву светлост.

Занимљива биологија



Најјаче и најгушће дрво на свету је једна ретка, украсна и лековита биљка (*Guaiaacum officinale*) пореклом из Централне Америке. Расте изузетно споро, једва неколико центиметара годишње, тако да су јој потребне стотине година да достигне значајну висину од 10 - 12 м. Изузетно квалитетно дрво има високу цену, што је разлог неконтролисане сече и уништавања њеног природног станишта.



1.14 Транспорт воде и минерала у биљкама

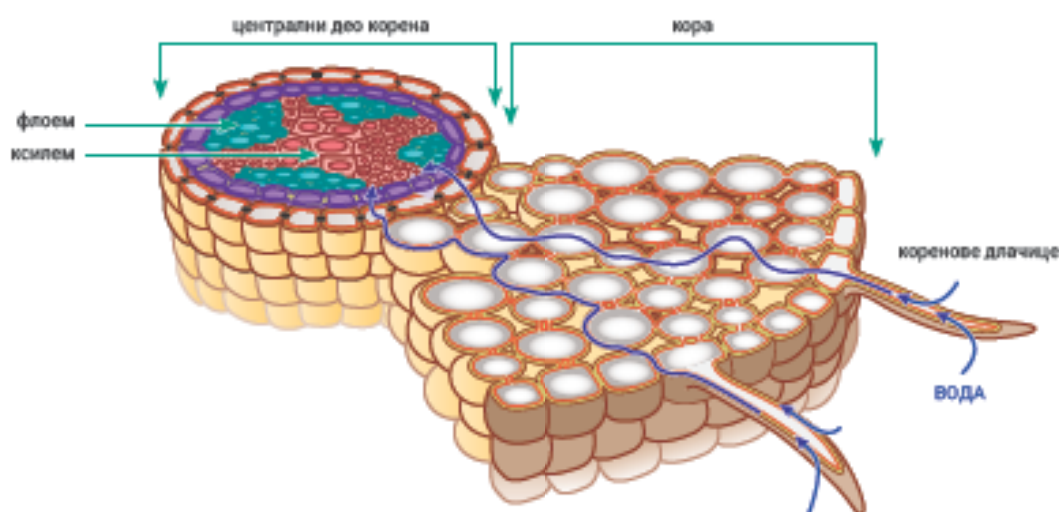
Уводна активност

Подсетите се структуре и функције корена, стабла и листа које сте до сада проучавали. Којим деловима биљка прима воду, кроз које ћелије се преноси, а кроз које се избацује вишак воде? Нацртајте једноставан дијаграм делова биљке и означите пут воде и минерала стрелицама. Означите ксилем, флоем и стоме у листовима!

Вода је неопходна за све животне процесе у биљци. Стога је од великог значаја стално одржавати константну количину воде у њој. То се постиже примањем воде из земљишта у приближно једнаким количинама са водом која испарава. Ако се неопходна вода не унесе, биљка има мањак воде, што има штетан утицај и биљка вене и суши се.

Апсорпција воде и минерала код биљака

Копнене биљке примају воду кроз корен, односно кроз коренове длачице у зони коренових длачица корена. Велики број коренових длачица заправо повећава површину апсорпције корена. Продирање воде из земљишта у ћелије коренових длачица омогућен је пропустљивошћу њихове ћелијске мембране.



Апсорпција воде кроз коренове длачице и транспорт кроз живе ћелије од коре до ксилемских судова у централном делу корена

Код водених биљака (водена куга, сочивица итд.) вода се прима кроз све делове биљке који су потопљени у воду. Код њих је снабдевање водом много једноставније, константно, без кореновог притиска и сложених механизма. Код њих корен (ако постоји) не апсорбује воду и слабо је развијен, а најчешће служи за причвршћивање за одређену подлогу.



Биљка водене куге живи потпуно потопљена у води

Апсорпција воде код биљака се одвија на два начина: пасивно и активно. Углавном, апсорпција воде је пасивна и зависи од интензитета испаравања (транспирације) и захтева ми-

нималну енергију. Што више воде испари, то више нове воде улази кроз корен. Вода се креће са места са више воде (земљиште) на место са мање воде (ћелије коренових длачица). Активна апсорпција је ређа и јавља се ноћу када је влажно или хладније и нема испаравања. Тада корен активно уноси минерале, користећи енергију.

Способност коренових длака да привуку воду из земљишта назива се **сила упијања** (сила апсорпције). Што је земљиште сувље или што више минерала има у ћелијама, то је ова сила већа. Сила усисавања помаже води да уђе у корен и започне своје „путавање“ кроз биљку.

Када, с друге стране, ћелије корена активно уносе минерале, ствара се такозвани **коренов притисак**. Тада је садржај ћелија гушћи, концентрованији, па вода продира у њих. Ово ствара унутрашњи притисак који гура воду да стигне до ксилема, а истовремено делује на успон воде кроз проводне судове. Коренски притисак је највећи увече или када је испаравање смањено. Обично доприноси кретању воде на краткој удаљености код млађих биљака. Такође игра важну улогу у провођењу воде у пролеће када листови још нису развијени и вода не испарава кроз њих. Коренов притисак доприноси такозваном сузењу лозе. У пролеће, када се секу изданци лозе, капљице воде теку са површине реза.

Активност

Транспорт воде и минерала кроз стабло пашканата

схенирај ме



1. Ножем исеците два стабла пашканата или целера.
2. Растворите прехранбену боју у чаши.

3. Умочите једно стабло у чашу са раствором бојом и оставите га тамо један дан.
4. Следећег дана извадите стабло из раствора и оперите га под млазом воде.
5. Направите танак попречни пресек стабла, ставите га на тањир или бели чаршав и посматрајте га лупом.
6. Пажљиво остружите површину стабла ножем да бисте видели обојене делове.
7. Поновите поступак под бројем 6 са стаблом које није било уроњено у воду са раствором бојом.



Стругањем спољашњих слојева, уочавају се црвено обојене жиле дуж целог стабла. Жилица је заправо скуп више танких шупљих цеви – ксилемских судова које су се обојиле бојом у води која је прошла кроз њих.

Фактори који покрећу транспорт воде у биљкама

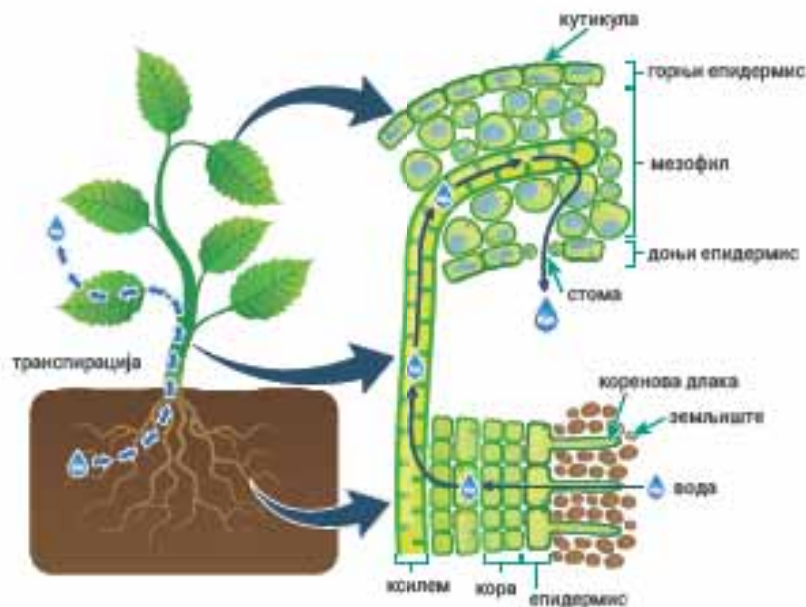
Транспорт воде у биљкама је резултат комбинације физичких сила. Најважније су:

- Транспирација је главна сила која помера воду навише. Када вода испарава кроз стоме листова, ствара вакуум у ксилемским проводним судовима који увлаче воду да би надокнадили изгубљену количину. То значи да је транспирација „главни природни мотор транспорта“.
- Апсорпција воде у ћелије коренових длака се одвија пасивно, док је кретање воде кроз биљку последица кореновог притиска.



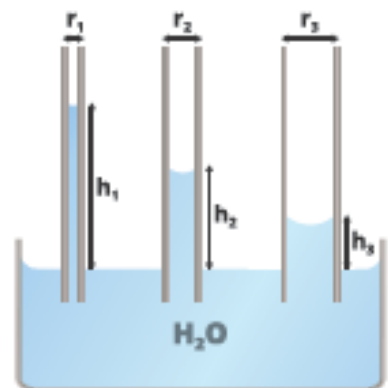
Транспирација је главна сила која покреће апсорпцију воде

- Кохезија и адхезија су физичка својства која омогућавају води да се креће као континуирани „стуб“ од корена до листова. Кохезија је својство када се молекули воде „привлаче и лепе“ једни за друге, а адхезија је када се молекули воде „лепе“ за зидове ксилема.



Континуирани водени стуб од корена до листа биљке

- Капиларност је успон воде са ниским напонам кроз уске ксилемске проводне судове. Транспорт воде и минерала од корена до највиших делова биљке, супротно дејству Земљине гравитације, омогућен је капиларном силом.
- Разлика у воденом потенцијалу – вода се увек креће са места са вишим на место са нижим воденим потенцијалом (на пример: из земљишта у корен, из листа у ваздух).



Капиларност – кретање течности кроз уски простор без помоћи спољашњих сила

Истражите ...



... колико воде коју биљка прими користи. До сада сте сазнали да је биљкама потребна вода за фотосинтезу. Да ли је вода неопходна и за друге процесе у биљном организму?

Проверите шта сте научили

1. Којим делом и како се вода апсорбује из земљишта?
2. Како се минерали примају и транспортују?
3. Који фактори утичу на транспорт воде?
4. Шта је највећи „покретач“ транспорта воде?
5. Зашто је коренов притисак важан?

Занимљива биологија



Транспорт воде код пустињских кактуса је изузетно „штедљив“ и прецизан. Они имају специјализоване ћелије за складиштење и очување воде, али могу да живе са минималним потребама за водом. Имају добро развијену кутикулу, мале и ретке стоме које су чешће затворене током дана и не дозвољавају испаравање. На тај начин могу да преживе дуге сушне периоде у пустињама који трају дуже од годину дана.



1.15 Транспирација

Уводна активност

Подсетите се структуре и улоге стома. Размислите шта би се десило ако би изгубиле способност регулисања отварања и стоме би остале отворене предуго? Да ли би биљка могла да дехидрира?

Транспирација (испаривање) је процес ослобађања воде у облику водене паре углавном кроз стоме биљака.

Транспирација се одвија кроз стоме, кутикулу и лентицеле. Већина воде коју је биљка примила из околине ослобађа се кроз стоме. **Стоме** су отвори које формирају специјализоване ћелије за размену гасова O_2 , CO_2 и воде (H_2O). Веома мали проценат укупне транспирације се одвија кроз кутикулу листова. Кутикула изнад епидермиса је слабо пропусна за воду и заправо штити биљке од губитка воде, али код младих листова вода може испарити и кроз њу. Транспирација се може одвијати и кроз лентицеле млађих грана вишегодишњих стабла.



Шематски приказ процеса транспирације код биљака

Стоме су присутне у површинском ткиву (епидермису) свих надземних зелених делова биљке, али су најзаступљеније у листовима. У листовима могу бити присутне на горњем и доњем епидермису, а такав је њихов распоред код перуника, рузмарина, многих житарица итд. Неке водене биљке имају стоме само на горњем епидермису (лотос, сочивица итд.), док трећа врста биљака има стоме само на доњем епидермису (јабука, крушка, пасуљ, олеандер, дуван итд.).

АКТИВНОСТ

Који део листа губи највише воде?

скенирај ме

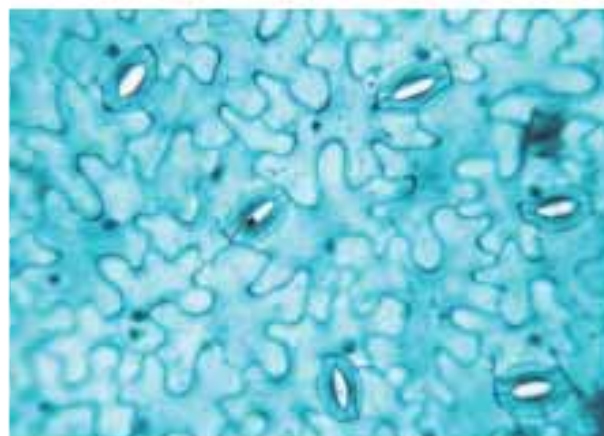


1. Уберите четири приближно једнака свежа листа са биљке по вашем избору.
2. Премажите врхове лисних дршки свих листова вазелином.
3. Премажите први лист вазелином са обе стране.
4. Премажите други лист вазелином само са доње стране.
5. Премажите трећи лист вазелином само са горње стране.
6. Не премазујте четврти лист вазелином.
7. Користећи спајалице, окачите листове на канап разапет између два сталка.
8. Оставите положене листове на светлом, сунчаном месту један дан.



Вазелин затвара стоме и спречава излазак водене паре кроз њих. На основу степена увенућа листова може се утврдити из ког дела листа се губи највећа количина воде, тј. локација стома на листу.

Распоред стома и њихов број по јединици површине уско је повезан са условима животне средине у окружењу. Тако биљке које живе на сувим земљиштима имају ретке стоме само на доњем епидерму. На тај начин штеде воду, а развиле су и механизме који спречавају прегревање листова. Биљка регулише транспирацију – може је убрзати или успорити захваљујући способности отварања или затварања стома. Овај процес отварања и затварања стома повезан је са фотосинтезом и условима животне средине.



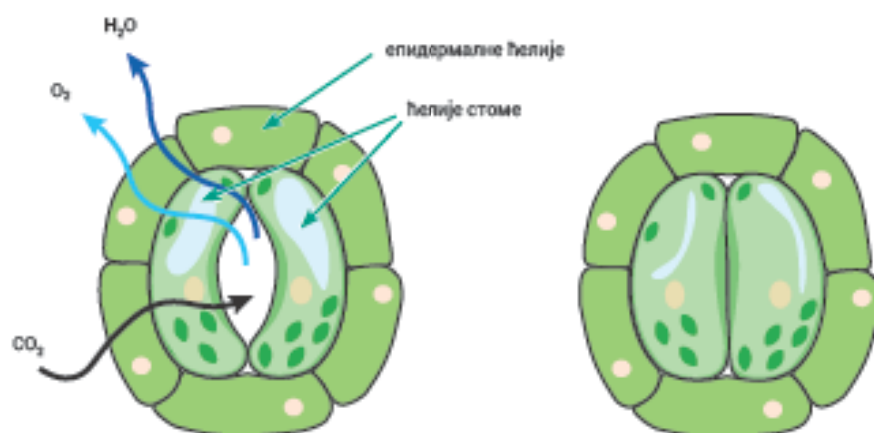
Отворене стоме у епидермису

Код већине биљака, стоме су отворене ујутру и током дана када је биљка најфотосинтетски активнија. Затварају се увече са смањењем светлости, али и током дана ако је јака светлост и превише је вруће. Када је биљка добро снабдевена водом, транспирација је интензивна и обично штити листове од прегревања (хлади их) и тиме помаже биљци да издржи високе спољашње температуре. Међутим, ако се ниво воде у биљци смањи, стоме ће се затворити иако је дан.

Фактори који утичу на транспирацију

Процес транспирације је повезан са присуством воде у земљишту, интензитетом светлости, температуром, влажношћу и ваздушним струјама.

Присуство воде у земљишту је важно, ако нема довољно воде неће бити транспирације.



Шема размене гасова кроз отворену стому

Температура, као и светлост, утичу на повећање транспирације. Већи интензитет светлости значи већу транспирацију и бржи транспорт воде и минерала до биљке. Током дана, у светлосним условима, биљка прима воду из земљишта и угљен-диоксид из ваздуха кроз отворене стоме (потребне за фотосинтезу), а ослобађа кисеоник и водену пару. Стога је транспирација већа у условима добре осветљености биљке.

Влажност и струјање ваздуха (брзина ветра) такође утичу на транспирацију. Сув и топао ваздух подстиче испаравање и тиме смањује количину воде у биљци. Ветар такође може повећати транспирацију, јер брзо уклања водену пару са површине листа. С друге стране, влажан ваздух и одсуство ветра доводе до смањења транспирације биљке. У условима када је ваздух презасићен влагом, а у земљишту има расположиве воде, транспирација код биљака је смањена, па вишак воде отиче у облику капи дуж ивица листова. Ова појава се назива гутација.



Гутација у различитим листовима

Значај транспирације

Иако на први поглед изгледа да је транспирација губитак воде, овај процес је заправо користан за биљку на много начина:

- Транспирација помаже кретању воде и минерала од корена до свих надземних делова, чиме их снабдева супстанцама неопходним за раст и фотосинтезу. Чиста вода испарава, а сви минерали неопходни за живот остају у биљци.
- Од великог је значаја у регулисању температуре биљке. Повећањем испаравања воде, површина лишћа и других делова се хлади. На овај начин штити биљку од прегревања и помаже јој да издржи високе температуре лети.
- Транспирација помаже у правилној расподели воде у свим деловима. Без транспирације, вода се не диже до највиших делова биљке.

Активност**Посматрање транспирације код биљака**

скенирај ме



1. Узмите саксију са биљком.
2. Умотајте део биљке који је изнад земље у пластичну кесу.
3. Залепите пластичну кесу траком за основу стабла.
4. Ставите саксију на јако светло на два сата.

Биљка избацује вишак воде као водену пару кроз стоме. Пластична кеса која покрива биљку задржава водену пару, која се кондензује на зидовима кесе и примећују се капљице воде.

**Проверите шта сте научили**

1. Шта је транспирација и како биљка регулише овај процес?
2. Који је значај стома у транспирацији и размени гасова?
3. Како спољашњи фактори утичу на транспирацију?
4. Када су стоме најчешће отворене?
5. Који је значај транспирације за биљку?

Занимљива биологија

Највиша дрвећа на Земљи, попут секвоје (*Sequoia sempervirens*), транспортују воду до врха само уз помоћ транспирације и природних сила (кохезије и адхезије). Ово је јединствени природни феномен биљака, јачи и ефикаснији од многих вештачких водених система!

**Истражите ...**

... број стома по 1 mm^2 листа код различитих биљних врста. Који еколошки фактори су повезани са овом карактеристиком структуре листа?

Питања за проверу знања из Теме 1

1. Одговорите на следећа питања:

- У ком смеру се честице крећу током дифузије?
- Од чега зависи брзина дифузије?
- У ком агрегатном стању је дифузија најбржа?
- Какав је однос између температуре и брзине кретања честица?

2. Наведите примере важности дифузије у свакодневном животу: на пример, у процесу дисања или исхране. Објасните како су повезане дифузија и размена гасова у плућима.

3. У којим биљним органима су присутне велике шупљине/простори, како се називају и која је њихова улога?

4. Попуните празнине у реченицама.

Дебљина ћелијског зида је уско повезана са функцијом биљних ћелија и ткива. Танки ћелијски зидови се налазе у ћелијама _____, што омогућава _____ (функцију биљног органа). Насупрот томе, мртве ћелије _____ су функционалне само ако имају јако задебљане ћелијске зидове. То омогућава _____. Физичка својства названа _____ и _____ узрокују кретање воде као континуирани „стуб“, од корена до листова, јер _____.

5. Попуните празнине у табели.

Орган/тип	Примарна функција	Додатне функције
корен/вегетативни		Складиштење хранљивих материја, вегетативно размножавање
стабло/ _____	Потпора, омогућава раст и развој, проводи воду и хранљиве материје	
_____ / _____	Главни орган за фотосинтезу, транспирацију и размену гасова	Исхрана биљке, вегетативно размножавање, извор хране за друге организме
цвет / _____		
_____ / _____	Орган који носи и штити семе	
семе/ _____		

6. У којим биљним органима је присутно фотосинтетичко ткиво, а где га нема и објасните зашто је то тако, узимајући у обзир њихову функцију?

7. Најинтензивнији процеси фотосинтезе се одвијају у:

- а) палисадном слоју мезофила листа
- б) сунђерастом слоју мезофила листа
- в) зеленом делу стабла

8. Сочивица и локвањи имају стоме:

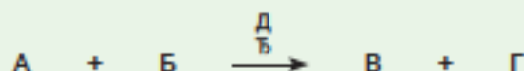
- а) са обе стране листа
- б) само на горњој страни листа
- в) само на доњој страни листа

9. Повежите врсту модификације са одговарајућим биљним органом.
Пазите, један биљни орган може имати више од једне модификације.

Врста модификације	Биљни орган	број-слово
1. трн	а) корен	
2. ризом	б) стабло	
3. адвентивни корен	в) лист	
4. кртола	г) цвет	
5. репа	д) плод	
6. столони	ђ) семе	

10. Која ткива у биљци су присутна у свим вегетативним органима и имају исту структуру и функцију?

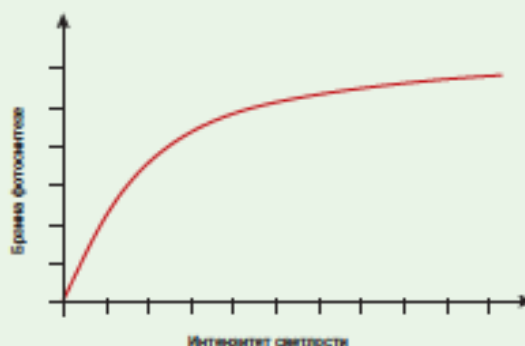
11. Правилно попуните једначину за фотосинтезу.



- а) Како се називају супстанце на левој, а како супстанце на десној страни једначине?
- б) Којим терминима ћете заменити слова А и Б?
- в) Шта је супстанца означена словом В?
- г) Производ означен словом Г је _____.
- д) Слова Д и Ђ означавају _____ и _____.

12. x-оса приказује интензитет светлости, а y-оса брзину фотосинтезе. Крива прво нагло расте, а затим постаје хоризонтална.

- а) Опишите везу између интензитета светлости и брзине фотосинтезе у првом делу графикана.



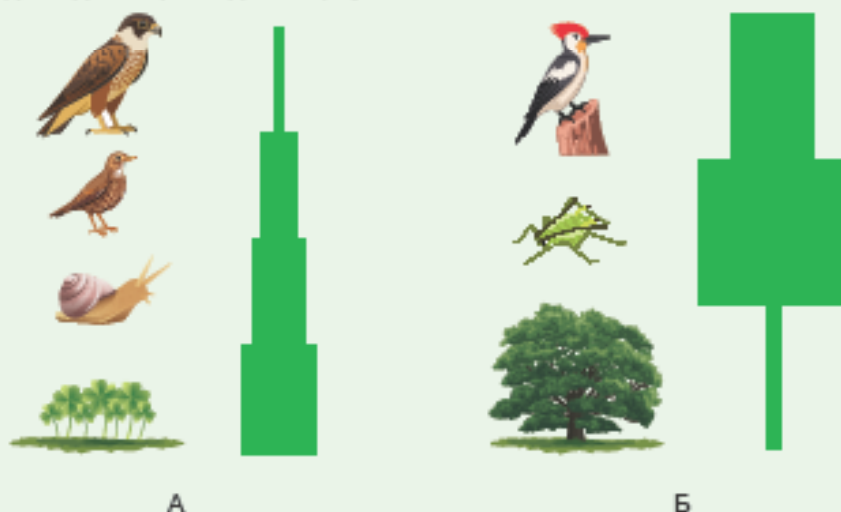
- б) Објасните зашто графикон постаје хоризонталан иако светлост наставља да расте.
в) Како би се графикон променио ако би се концентрација CO_2 повећала?
г) Како висока температура утиче на брзину фотосинтезе?

13. Слика приказује пирамиду биомасе у језеру.



- а) Објасните зашто је основа пирамиде ужа од осталих нивоа.
б) Објасните колики је број организама на сваком трофичком нивоу.
в) Како енергија пролази кроз трофичку пирамиду?
г) Колики је број организама и енергије на врху трофичке пирамиде?

14. Упоредите две пирамиде по бројности.



- а) Колики је број произвођача у обе пирамиде?
б) Да ли је биомаса произвођача у обе пирамиде слична?
в) Зашто су произвођачи представљени једном јединком у другој пирамиди?
г) Зашто је број инсеката већи од броја пужева?

15. Ланац исхране је представљен шематским приказом:

сунце → трава (10 000 J) → зец (1000 J) → лисица (100 J)

- Објасните зашто се само мали део енергије из траве преноси на зеца.
- Наведите два разлога зашто се енергија смањује током преласка на следећи трофички ниво.
- Зашто је енергетска пирамида увек правилна?
- Повежите ланац исхране са значајем фотосинтезе за сва жива бића.

16. Зелена биљка се ставља у потпуно мрачну просторију и остаје тамо дуже време. Објасните:

- Шта ће се десити са процесом фотосинтезе у биљци?
- Да ли ће се процес дисања у биљци наставити одвијати?
- Колико дуго може да се одвија процес дисања у овој биљци?

17. Размотрите табелу која упоређује фотосинтезу и дисање. Објасните како су ови различити процеси повезани и где се одвијају.

	РЕАКТАНТИ		ПРОИЗВОДИ	
ФОТОСИНТЕЗА	угљен-диоксид	вода	глюкоза	кисеоник
ДИСАЊЕ	глюкоза	кисеоник	вода	угљен-диоксид

18. Опишите пут воде у биљци и објасните значај стома у овом процесу.

19. Објасните вишеструки значај транспирације за биљку у смислу:

- транспорта и нивоа воде
- снабдевања минералима
- регулације температуре биљке

20. Фармер је приметио да је принос лука значајно смањен иако је редовно заливао биљке. Лук је био посађен у сенци великог ораха.

- Који услов је највероватније ограничио брзину фотосинтезе?
- Како смањена фотосинтеза утиче на количину енергије која је луку потребна за раст и производњу великих луковица?
- Шта фармер може да уради следеће године да би повећао принос?

Размножавање и развој живих организама

Циклус живота: Како се природа обнавља?

Примарна мисија сваког живог организма је да обезбеди континуитет своје врсте кроз процес размножавања.

Цветови нису само лепо и мирисни, већ и високо развијени репродуктивни органи. Детаљна структура цвета открива како полен и јајне ћелије раде заједно да би створили семе, које је заправо „пакет“ пун новог живота.

Али како то раде животиње? Размножавање животиња је невероватно разнолико. Прво ћемо истражити свет малих, али бројних бескичмењака. Овде ћемо видети како се сложени организми попут лептира или ракова рађају из једног јајета, кроз фасцинантне промене.

На крају ћемо се фокусирати на веће кичмењаке. Упоредићемо како рибе, птице и сисари доводе своје младунце на свет и колико је бриге потребно да би израсли у снажне одрасле јединке.

Ова тема открива тајне биолошког континуитета!

- Размножавање код биљака
- Структура цвета
- Размножавање код животиња

- Размножавање, раст и развој код бескичмењака
- Размножавање, раст и развој код кичмењака



У овој теми ћете научити:

1. да сумирате да су полно и бесполно размножавање код биљака и животиња кључни за стварање нових јединки, чиме се обезбеђује континуитет врста;
2. да разликујете полно и бесполно размножавање код биљака и животиња и да процените њихове предности и мане;
3. да опишете размножавање, раст и развој код бескичмењака и кичмењака као начин наставка врсте.

2.1 Размножавање код биљака – бесполно размножавање

Уводна активност

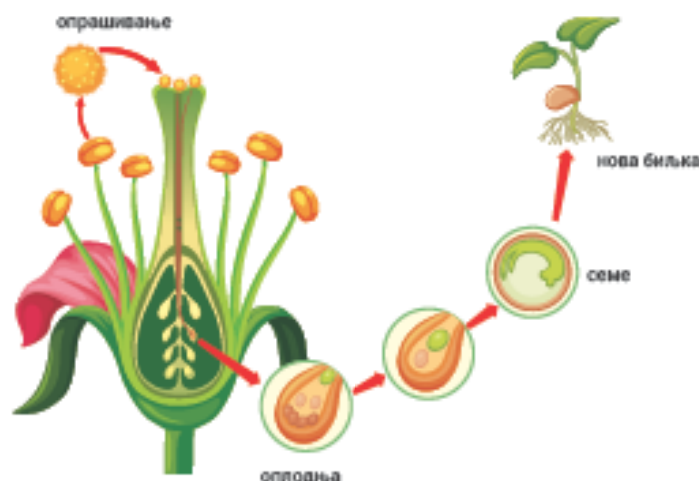
Шта су генеративни и вегетативни органи код биљака? Од чега је састављен цвет код биљака и која је његова улога?

Једно од основних својстава живих организама јесте размножавање и стварање потомства (нових јединки које личе на своје родитеље). На овај начин се одржавају врсте и одржава се континуитет живота на Земљи. То значи да је размножавање веома важан биолошки процес за опстанак свих живих организама.

Врсте размножавања код биљака

Биљке се размножавају полно (генеративно) и бесполно (вегетативно). Сами термини указују на то да полно размножавање укључује полне (генеративне) органе биљке, док бесполно размножавање укључује вегетативне органе.

Код **полног размножавања**, нова јединка настаје као резултат спајања женске и мушке полне ћелије. Полне ћелије се формирају у специјализованим деловима цвета. Након опрашивања и оплодње, у цвету се формирају плод и семе. Из семена расте нова биљка. Тако се размножавају многе врсте као што су јабука, сунцокрет, парадајз, пасуљ, кукуруз, пшеница и многе друге.



Полно размножавање и развој нове биљке

Бесполно размножавање је стварање нових јединки из одвојених вегетативних делова биљке (корена, стабла или листа). Ова врста размножавања, било природна или вештачка, много је чешћа код биљака. Нове јединке добијене бесполним размножавањем идентичне су једна другој (клонови) и биљци од које су добијене.

Бесполно размножавање

Бесполно (вегетативно) размножавање може се природно обавити на неколико начина.

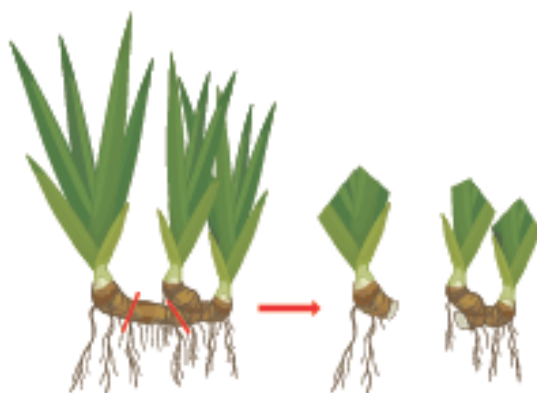
Са **столонима** (подземни или надземни изданци) – то су модификована стабла која имају издужене чланке на којима се налазе пупољци за развој нове биљке и корена. Столони се могу завршавати кртолама и луковницама којима се такође могу вегетативно размножавати. Јагоде, неке ливадске траве и нана се размножавају надземним столонима, а код кромпира на столонима се формирају кртоле. На кртолама кромпира постоје места која се називају „очи“ из којих се следеће године може развити нова биљка.

Са **ризомима** – то су често модификована подземна стабла која подсећају на дуге или кратке задебљане корене. Могу се поделити на неколико делова који брзо формирају додатне корене који расту надолу у земљиште, а из горњих пупољака расте надземни део нове биљке. Тако се размножавају перунике, ђурђевак, ђумбир итд.

Кореном се размножавају неке зељасте биљке, а од цветних врста - божу-



Бесполно размножавање јагода надземним столонима



Бесполно размножавање перуника ризомима



Бесполно размножавање из листова код љубичица

ри, далије, хризантеме итд. У овом случају, на корену се формирају вегетативни пупољци из којих се развијају нова стабла.

Многе украсне биљке из рода бегонија, љубичица, фикуса итд. размножавају се **листовима**.

Размножавање **луковицама** и **грутчастим луковицама** је веома често код црног лука, нарциса, лала, зумбула, висибоба, белог лука итд.

Вегетативно размножавање може бити вештачко, када људи примењују различите методе, помоћу:

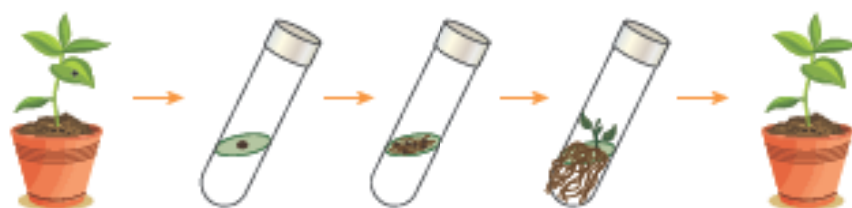
- **резница** – на пример, са винове лозе, ружа, рузмарина, малине итд. Резнице се стављају у влажан песак или хранљиво земљиште и адвентивно корење расте за неколико дана.
- **калемљење** – посебан вид размножавања помоћу стабла и пупољака. Тако се размножавају многе воћке попут јабука, крушака, брескви, винове лозе итд.
- **ин витро** размножавање (култура ткива) – контролисана метода када се нове биљке добијају у биљним културама у лабораторији. Настају када се мали део биљке (ћелија, ткиво) узгаја у стерилним условима на хранљивој подлози. На овај начин се за кратко време формира велики број идентичних биљака које су здраве, без вируса и имају пожељне карактеристике. Тако се чувају ретке и угрожене врсте или се производе бројне украсне или баштенске биљке.



Вегетативно размножавање код белог лука и лале



Бесполно размножавање резницама стабла код купина



Размножавање биљке ин витро

Поређење полног и бесполог размножавања

Табела испод даје кратко поређење два типа размножавања биљака са њиховим предностима и манам.

Табела: Предности и мане бесполог и полног размножавања код биљака

Врста размножавања	Чиме се одвија?	Како се одвија?	Резултат	Предности и мане
Генеративно (полно)	цвет, полен, семе, плод Потребне су две родитељске биљке	опрашивање → оплодња → формирање семена → клијање	Нова биљка слична родитељима, али генетски другачија од њих	- мешање генетских карактеристика оба родитеља омогућава нове комбинације гена и стварање нових карактеристика које побољшавају раст и адаптацију у окружењу; - врсте се боље расејавају и шири на већим површинама; - потребне су зреле полне ћелије, полни органи и опрашивачи; - оплођење је случајно, понекад са штетним новим особинама; - процес траје дуго и захтева енергију.
Вегетативно (бесполно)	корен, стабло, лист, подземни/модификовани органи Потребна је само једна биљка/вегетативни орган из једне биљке	нова јединка се развија из дела биљке	Нова биљка генетски идентична родитељу (клон)	- за расејавање семена нису потребни полни органи, опрашивачи, плодови; - процес размножавања је брзи – за кратко време добија се велики број идентичних јединки; - у почетку се могу повезати са родитељском биљком ради исхране. - нове биљке се мање прилагођавају променама у окружењу; - новонастале јединке се развијају у близини родитељске биљке и такмиче се са њом за ресурсе.

Активност

Бесполно размножавање резницама

Узмите две идентичне резнице руже и ставите једну у чашу воде, а другу у саксију са земљом. Посматрајте шта се дешава након неког времена и у ком окружењу ће се корен брже развијати. Забележите податке о дневним променама у свеску.



Проверите шта сте научили

1. Зашто је размножавање организама важно?
2. Како се биљке размножавају?
3. Којим деловима се биљка размножава бесполно?
4. Које су главне разлике између полног и бесполног размножавања?
5. Које методе људи користе да би брже размножавали биљке?

Истражите ...



... начине на које се водене биљке размножавају како би изгледале идентично једна другој. Водене биљке имају јединствен начин вегетативног размножавања. Када се сакупе узорци водених биљака, као што су водена куга или сочивица, оно што је одмах приметно је сличност биљака.

Занимљива биологија



Неке дрвенасте биљке, као што су топола, дуд и друге, развијају нове биљке из подземних коренских пупољака који се налазе веома далеко од родитељске биљке. Ово омогућава формирање „клонираних шума“.



2.2 Грађа цвета

Уводна активност

Подсетите се репродуктивних органа цветница из претходне теме. Сакупите неколико различитих цветова и одвојите њихове делове. Које цветне елементе препознајете?

Грађа и функција цвета

Цвет је модификовани кратки изданак ограниченог раста који се развија из цветног пупољка. То је генеративни орган прилагођен за полно размножавање цветница. Цвет је причвршћен за стабљику **цветном дршком**, која у продужетку има **цветну ложу**. То је део на који су причвршћени цветни елементи/латице. Ложа је широког спектра облика и величина, и може бити проширена, са равном, конкавном или конвексном горњом површином.

Спољашњи круг цвета чине **чашични листићи** који су зелене боје и чешће подсећају на листове стабла. Најуочљивији део цвета су **крунични листићи** који се налазе унутра (испод круга чашице) и чине круницу. Њени листићи су већи и обојени у разним бојама како би привукли опрашиваче. Заједно са чашичним листићима чине цветни омотач који има улогу заштите делова унутар цвета, посебно пре него што процвета.

Окоцветни листићи могу бити сличне грађе и изгледа (слични круничним) као код лала, висибаба, љиљана итд. Када су зелени и мали, онда више подсећају на чашице, због чега такве цветне омотаче називамо чашицоликим (као код неких коприва, спанаћа, кисељака итд.).



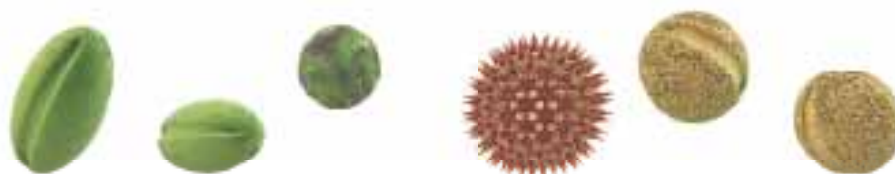
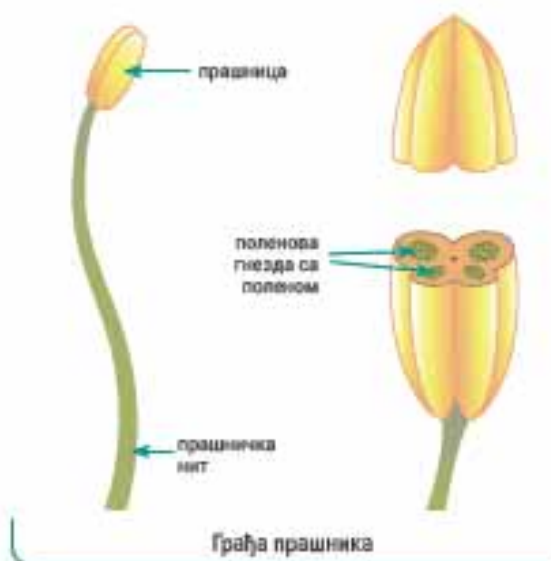
Цвет љиљана са ружичастим (круниколоким) окоцветним листићима



Цветови спанаћа са зеленим (чашицоликим) окоцветним листићима

У централном делу цвета налазе се делови у којима се формирају полне ћелије. **Прашници** су присутни у већем броју и представљају мушки део цвета. Сваки појединачан прашник састоји се од **прашничке нити** и **прашнице**. У прашници постоје две половине, а свака од њих садржи два поленова гнезда у којима се ствара **полен**.

Када полен сазри, прашница пуца, а поленова зрна излазе. Поленова зрна имају структуру и изглед карактеристичан за сваку биљку. Свако зрело поленово зрно садржи две мушке полне ћелије (једра) помоћу којих врши оплодњу.



Поленова зрна различитих биљака

Активност

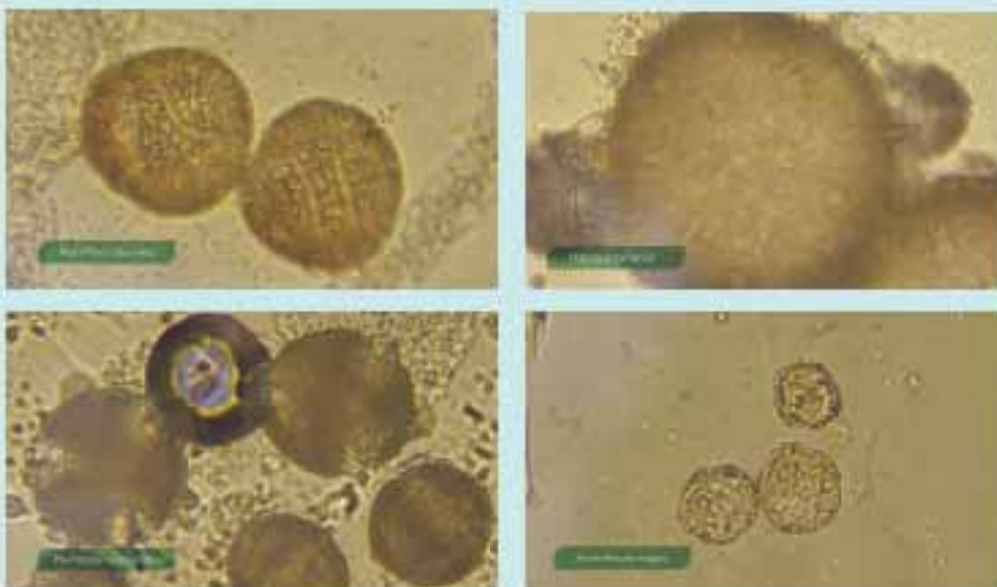
Посматрање различитих поленових зрна

скенирај ме



1. Узмите цветове са зрелим прашницама са четири различите биљке (пример: бундева, пасуљ, трешња, јабука).
2. Поставите четири предметна стакла на радни сто и означите их маркером од 1 до 4.
3. Капалицом капните једну кап воде на свако предметно стакло.
4. Пажљиво отворите цвет пинцетом. Пронађите прашнице и иглом покупите мало полена.
5. Ставите полен са сваког цвета у воду на одговарајуће предметно стакло.
6. Покријте материјал покровним стаклом.
7. Ставите готов препарат под микроскоп, прво при малом, а затим при већем увећању.

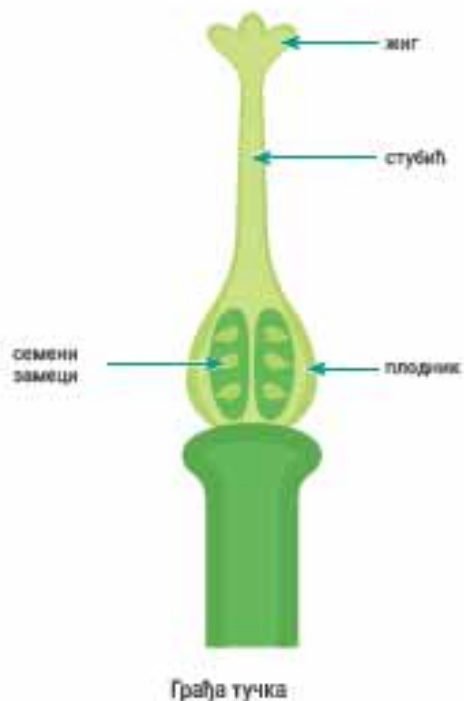
8. Посматрајте под микроскопом да бисте уочили разлике у величини, облику и карактеристикама рељефа поленових зрна.



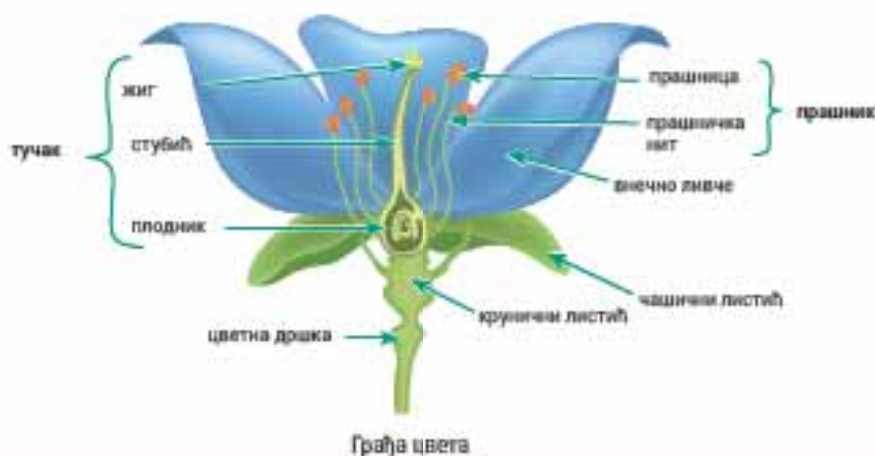
Поленова зрна су специфична за врсту и може се пратити њихово сезонско присуство у ваздуху.

У центру цвета налази се **тучак**, који је женски део цвета. Тучак се састоји од плодника, стубића и жига. Тучак је својим доњим делом причвршћен за цветну ложу. **Плодник** је обично проширен у основи, а затим се сужава у **стубић** који се завршава **жигом**. Жиг може имати различити изглед и својом структуром је прилагођен да прихвати полен. Плодник садржи **семени заметаке**, а у њему се формира **јајна ћелија**. Плодник може садржати једну или више семених заметака.

Тучак може бити изграђен од једног или више оплодних листића који срастају и формирају један тучак. Код неких цветова постоји више тучака, јер је сваки од оплодних листића формирао свој засебан тучак.



У близини тучка налазе се такозване нектарске жлезде које луче слатки сок (нектар) који се користи за исхрану инсеката који посећују цвет.



Врсте цветова

Већина биљака има појединачне цветове који садрже прашнице и тучак. Такви цветови су **двополни (хермафродити)**. Када цвет има само прашнике, он је мушки, а када има само тучак, он је женски.

Мушки и женски цветови могу се налазити на истој биљци, и тада се биљка назива **једнодомна биљка** (на пример, краставац, бундева, диња, лубеница итд.). Када се мушки и женски цветови развију на различитим биљкама, такве биљке су **дводомне биљке**. Мушке и женске биљке су биљке тополе, врбе, кивија, спанаћа и других.

У погледу распореда делова цвета (да ли постоји симетрија у цвету), разликујемо правилне (симетричне) цветове и неправилне (асиметричне) цветове.

Ако одређени део цвета недостаје, називамо га непотпуним цветом.



Активност

Посматрање цветова

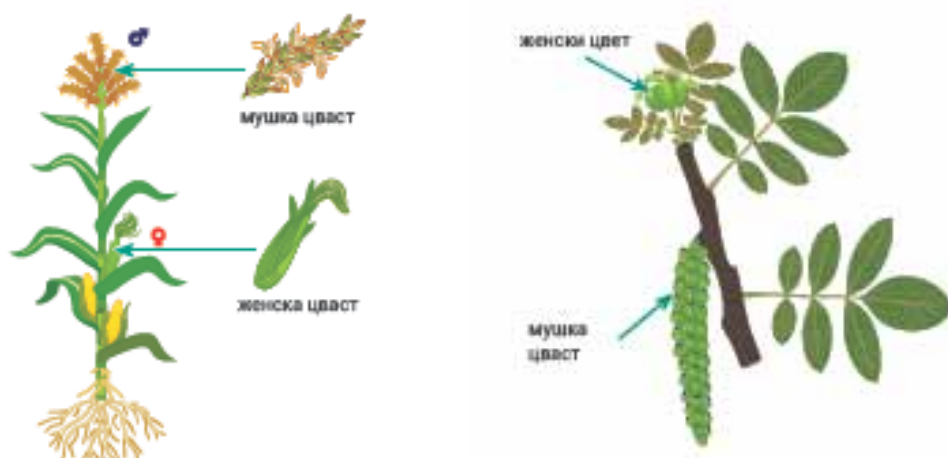
Изаберите неколико различитих цветова за анализу у разреду. Пинцетом уклоните (од споља ка унутра) њихове листиће. Поређајте их у круг и анализирајте унутрашње делове цветова.

- Да ли садрже прашнике и колико их има?
- Да ли садрже тучак?
- Да ли је цвет хермафродит?
- Да ли је цвет мушки или женски?
- Да ли је цвет симетричан или не?

Замислите како би изгледао попречни пресек цвета и нацртајте све његове делове у одговарајућем распореду на попречном пресеку. Дискутујте у разреду о изгледу и функцији сваког дела цвета!

Цветови се међусобно разликују по облику и броју делова, а могу имати и посебан распоред. Ове карактеристике су важне приликом одређивања врсте.

Многе биљне врсте имају **цвасти** које су скуп неколико појединачних цветова смештених на једној цветној дршци. У биљном свету постоје разноврсне цвасти са карактеристичним облицима. Тако се на врху кукуруза налази метличаста цваст која носи мушке цветове, а у пазушцима листова је клип, који је женска цваст. Мушке цвасти ораха су ресе, а у непосредној близини исте биљке налазе се женски цветови, појединачни или у малим групама на врховима грана. Маслачак, камилица и сунцокрет имају главичаст тип цвасти састављени од већег броја цветова. Карактеристична је и цваст шаргарепе, која се назива сложени штит.



Цватови код кукуруза и ораха



Различите врсте цвасти

Истражите ...



... ретке примерке међу цветницама – које биљке имају најлепше и најмирисније цветове који се користе за прављење парфема. Које цветнице су се у прошлости гајиле, а и сада се гаје због своје дивне ароме као сировина за екстракцију ароматичних супстанци.

Проверите шта сте научили

1. Од којих делова се састоји цвет?
2. Који део повезује цвет са стаблом?
3. Како су грађени прашници и која је њихова улога?
4. Шта је тучак и који су његови делови и карактеристике?
5. Шта је семени зачетак и зашто је важан?

Занимљива биологија



Ретка биљка која цвета једном у животу, сваких 80-100 година, након чега изумире, јесте врста бромелијаде названа Краљица Анда. Налази се на надморској висини од 3 000 метара и сматра се највишим цветом. Њена цваст је висока 10 до 12 метара и има карактеристичан облик купе. Садржи од 8 000 до 10 000 спирално распоређених белих цветова. Позната је као биљка која се жртвује за свој јединствени цвет.



2.3 Опрашивање

Уводна активност

Да ли сте приметили у природи или на слици да инсекти носе полен на ногама и леђима? Разговарајте у разреду зашто пчеле посећују цвеће.

Полно размножавање код биљака је уско повезано са процесом опрашивања. Пренос полена са прашника на жиг тучка назива се **опрашивање**. Полен и жиг су структурно прилагођени за овај процес – поленова зрна често развијају различите избочине сличне бодљама на својој површини како би се олакшало причвршћивање за жиг тучка, а жиг поседује жлезде које чине њену површину лепљивом како би прихватила полен.



Поленова зрна, крупни план жига тучка и жиг са заглављеним поленовим зрнима

Врсте опрашивања

Код биљака су присутне две врсте опрашивања – самоопрашивање и унакрсно опрашивање. **Самоопрашивање** је карактеристично за двополне цветове када зрели полен са прашника падне на жиг тучка истог цвета и ређе је у природи. Тако се опрашују неке зељасте, дивље и баштенске биљке (пасуљ, грашак, сочиво, парадајз итд.).

Много чешће код биљака је такозвано **унакрсно опрашивање**, када полен са цвета једне биљке опрашује тучак у цвету исте или друге биљке исте врсте.



Самоопрашивање и унакрсно опрашивање

Начини опрашивања

Опрашивање се може вршити на различите начине:

- опрашивачима – инсектима, малим птицама и животињама
- ветром
- водом
- вештачки када опрашивање врше људи.

Велики број биљака са обојеним и мирисним цветовима са нектаријама привлачи инсекте којима се опрашују. Они улазе у цвет у потрази за нектаром и притом лепе полен на своја тела и ноге. Приликом посете другом цвету, инсекти преносе полен до жига тучка. Опрашивање може бити од стране малих птица, колибрија или ређе од стране малих животиња (на пример, слепих мишева и глодара).



Опрашивање инсектима, колибријама и слепим мишевима

Ветар опрашује биљке које немају шарене и мирисне цветове како би привукле опрашиваче. Ту спадају многе зељасте биљке (житарице: пшеница, јечам, раж, овас, пиринач, кукуруз), али и дрвенасте врсте: храст, топола, врба, бреза, леска, јавор и друге. Ове биљке производе велике количине полена који је сув, фин и лако се расејава.

Водене биљке (водена куга, морска трава названа зостера, итд.) опрашују се водом. Обично се њихови цветови развијају изнад површине воде, а опрашују се поленом који носе водене струје. Код неких врста опрашивање је потпуно под водом.

Човек такође користи разне технике опрашивања. Уклања прашнике са цветних пупољака једне родитељске биљке и опрашује жигове поленом друге родитељске биљке. Затим их штити у провидним кесама, како би спречио да други полен падне на њих из ваздуха. Ова метода назива се **вештачко опрашивање**. Тако се у ствари спроводи контролисано унакрсно опрашивање биљака са познатим и повољним карактеристикама како би се добили жељени плодови.



Опрашивање брезе ветром



Ручно опрашивање цветова јабуке

Активност**Модел цвета**

Направите модел цвета од папира или пластелина. Поставите цветове дуж стабла којег ћете причврстити уметањем жице или пластичне цеви. Напуните папирне кесе прашника палентом која ће заменити полен. Нанесите мало лепка на жигове тучкова.

Када је модел биљке спреман, мало га протресите и посматрајте да ли се полен (жута палента) залепио за жиг.

У одсуству ветра и опрашивача, да ли тресење биљака може опрашити биљку? Да ли људи могу помоћи у опрашивању цветова и заменити опрашиваче? Дискутујте у разреду о значају опрашивача за биљке на Земљи и за храну коју једемо.

Проверите шта сте научили

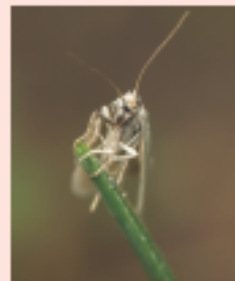
1. Које адаптације имају полен и жиг за опрашивање?
2. Опишите процес опрашивања.
3. Шта је самоопрашивање и за које биљке је карактеристично?
4. Шта је унакрсно опрашивање?
5. На које начине се цветови могу опрашити?
6. Зашто се врши вештачко опрашивање?

Истражите ...

... различите примере где биљке својим изгледом, структуром или пријатним или непријатним мирисима привлаче инсекте којима се опрашују. Занимљиви начини опрашивања налазе се код орхидеја, посебно код оних врста где цвет наликује женки инсекта.

Занимљива биологија

Опрашивање јуке (*Yucca sp.*) једном врстом црног мољца (*Tegeticula yuccasella*) један је од најупечатљивијих примера симбиозе (мутуализма) у природи. То је права узајамна зависност, јер једно не може да преживи без другог. Опрашивач јуке је мали ноћни мољца који посећује цветове ноћу када се отварају. Женка користи свој специјализовани, јединствени усни апарат да сакупи полен са једног цвета, а затим намерно посећује други цвет где својом „четкицом“ наноси полен на жиг тучка и полаже јаја у тучак истог цвета. Када се плод развије, нека од семена служе као храна за ларве у развоју, а остала служе за расејавање семена. Зато мољца оставља мали број јаја у цвету како не би уништио сва семена. У таквом случају, биљка би била уништена, а са њима и мољци јер не би имали хране. Ово је један од најфасцинантнијих примера еволутивне равнотеже и „праве љубави“ између биљке и инсекта.



2.4 Оплодња

Уводна активност

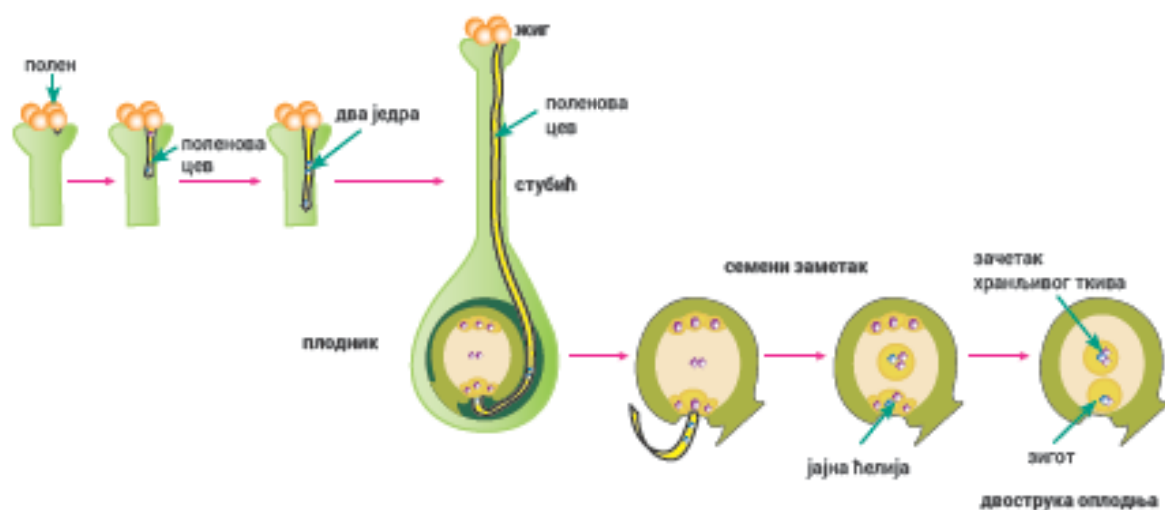
Подсетите се структуре унутрашњих делова цвета – тучка и прашника.
Која је њихова функција?

Оплодња је процес којим се мушка гамета спаја са женским гаметом, чиме почиње развој новог организма. Оплодња се дешава након опрашивања цвета. Када полен падне на жиг тучка, прима влагу са лепљивог жига и почиње да клија.

Полен заправо формира поленову цев која продире кроз жиг и стубић и, растући, спушта се до семеног зачетка у плоднику. Два једра се спуштају кроз поленову цев и врше двоструку оплодњу. Једно од једара се спаја са јајном ћелијом, што је женски гамет. Спајање се дешава унутар семеног зачетка.

Након оплодње формира се зигот који садржи генетски материјал обе родитељске биљке. Зигот почиње да се дели и формира ембрион – зачетак нове биљке. Ембрион садржи зачетке органа биљке.

Друго једро поленове цеви се спаја са централном ћелијом семеног зачетка. Даље деобе ове оплођене централне ћелије формирају хранљиво ткиво у семену.



Клијање поленовог зрна и оплођење

Када се у плоднику налази више семених заметка, сваки од њих може бити оплођен готово истовремено. То се дешава када више поленових зрна ослободи поленове цеви и сваки семени заметак се оплођује од стране посебног поленовог зрна. На тај начин се формирају плодови са више семена.

Након оплодње, цвет пролази кроз видљиве промене: крунични листићи опадају, прашници, жиг и стубић се суше. Плодник се трансформише у плод који садржи семе.



Трансформација цвета у плод након оплодње

Активност

Пут полена током оплодње

Направите модел цвета користећи полен од жутог пластелина, стубић од сламке или пластичне цеви и плодник од кутије/папира са неколико обојених зрна пластелина која представљају семене заметке.

Демонстрирајте процес оплодње – поставите зрно полена од пластелина на горњи крај танке жице. Поставите једро полена од пластелина на доњи крај жице. Спустите једро са жицом кроз стубић до семеног заметка у плоднику (кутији).

Након демонстрације, разговарајте о процесу оплодње. На креативан начин, поступно проучите све кораке који се могу користити за описивање овог важног биолошког процеса код биљака.

Истражите ...



... процес подводне оплодње који се одвија код морских алги и/или оплодње код гинка и цикаса! Присуство сперматозоида са бичевима (флагелама) код биљака и оплодња пливањем мушких гамета као код животиња је права реткост.

Проверите шта сте научили

1. Шта је оплодња?
2. Где се одвија оплодња?
3. Шта се добија из оплођене јајне ћелије?
4. Колико семених земака може бити оплођено?
5. Шта се дешава са тучком након оплодње?

Занимљива биологија



Оплодња код смокве (*Ficus sp.*) одвија се унутар затворене цвасти која садржи велики број малих цветова. Женске смоквине осе улазе у цваст и врше опрашивање преношењем полена на тучке. Након оплодње, формира се семе, а цваст се развија у плод. Свака врста дивље смокве има своју специфичну врсту оса која је опрашује (познато је преко 750 парова мушких и женских оса). Без оса, смокве се не могу размножавати, а овај савршен однос између биљке и инсекта стар је више од 80 милиона година. Читави екосистеми у тропским шумама зависе од тога јер смокве обезбеђују храну за многе врсте животиња.



2.5 Формирање плода

Уводна активност

Јабука, крушка, парадајз, орах, поморанџа, лешник, трешња, кајсија и бресква су воће које вам је познато. Направите табелу у коју уносите податке за свако воће – каква је кора на површини плода, који је меснати део, колико семенки има у плоду, да ли је сочан или сув и какве је боје.

Плод је генеративни орган који се развија након успешне оплодње. У овом случају, плод се развија из плоднице, а семе се формира из семених заметака. Током формирања плода, плодник се задебљава због акумулације великог броја хранљивих материја. Структура и изглед плода су различити и карактеристични за сваку биљку, па лако можемо разликовати плод јабуке од крушке, кајсију од шљиве, брескву од дуње итд.

Грађа и функција плода

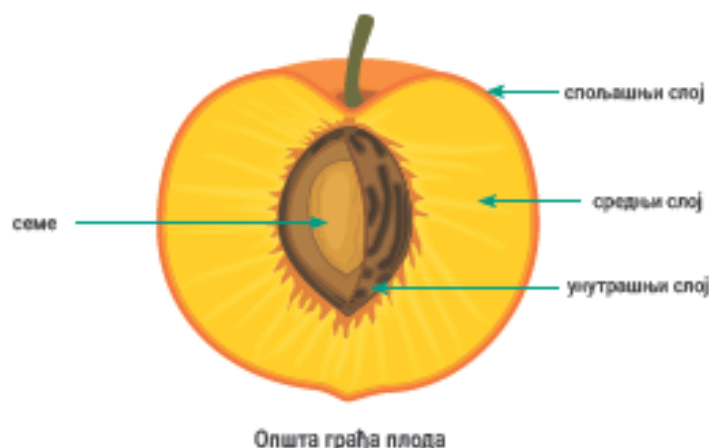
Главна функција плода је заштита и расејавање семена. Плод штити семе од исушивања, од повреда и од неповољних услова околине.

Сваки плод се састоји од три слоја:

- спољашњи слој – кора или љуска плода
- средњи слој – најчешће је меснат и сочан, али може имати и другачију структуру
- унутрашњи слој – део који обавија семе и може бити мекан, тврд или дрвенаст.

Према структури, плодови могу бити сочни или суви.

Плодови брескве, кајсије, шљиве, трешње, вишње, манга, маслине итд. су сочни, али део око семенке (унутрашњи слој) је веома тврд, дрвенаст и назива се коштица. У коштици, која изгледа као мала дрвенаста кутијица, налази се заштићена семенка. Стога такве плодове називамо коштуњавим плодовима, иако су сочни.





Коштуњави плодови – кајсија, шљива, бресква, трешња, маслина

Сочним плодовима припадају јабуке и крушке, али имају другачију структуру од претходних, иако су у истој групи. На површини имају кору, меснати сочни део у средини, а унутра су тврде љуске око семенки, којих може бити више. Бобица је посебна врста сочних плодова коју имају грожђе, парадајз итд.



Различите врсте сочних плодова

Код сушних плодова, љуска плода није сочна већ је тврда, кожаста или дрвенаста. То су релативно мали плодови који су због овакве грађе лагани и погодни за расејавање. Сушни плодови се деле у две групе, у зависности од тога да ли плод пуца када зри или не.



Различите врсте сушних плодова

Групи сушних плодова који пуцају и отварају се припадају пасуљ, грашак, боранија, соја и друге биљке чији је плод махуна са више семенки.

Памук и лала, на пример, имају сушни плод као капсулу са много семенки која се назива чаура. Посебни су сушни плодови купуса, репе, роткве, који се такође отварају када сазру.

Сушним плодовима који не пуцају и не отварају се припадају ораси, кестени, лешници. Имају дрвенасту љуску. Суву љуску која не пуца такође имају житарице – пшеница, јечам, пиринач, затим сунцокрет од уљарица итд.

Врсте плодова

Главна подела плодова је на просте и сложене плодове. **Прости плодови** настају из плодника једног тучка, и такви су кајсије, брескве, шљиве итд.

Када се плодови развију из више тучкова на једном цвету, добијају се такозвани **збирни плодови**, као што су малине, купине итд.

Сложени плодови настају из више цветова у једној цвасти. Ово формира групу малих плодова који изгледају као један велики плод. Такви плодови су ананас, смоква, дуд итд.



Сложени плодови ананаса и смокве

Постоји још једна подела у зависности од тога од чега се плод формира. Већина плодова се формира од плодника тучка и то су прави плодови. Међутим, неки плодови се развијају из других делова цвета и то су такозвани лажни плодови. На пример, јагода се формира из цветне ложе, а чашица учествује у формирању плода дуда.



Различити плодови суве махуне



Збирни плодови купине и малине



Лажни плодови јагоде и дуда

Активност**Пут од цвета до плода**

Анализирајте два плода са две различите биљке. Затим направите постер који приказује делове који чине плод. Нацртајте слику и укратко опишите сваки део, како је настао (опишите пут од цвета до плода) и које су његове карактеристике.

Представите свој постер својим школским друговима. Постављајте и одговарајте на питања како бисте покренули дискусију о важности воћа за исхрану људи и других живих организама.

Проверите шта сте научили

1. Како се формира плод?
2. Који су општи делови плода?
3. Која је основна подела плодова?
4. Који су плодови прави, а који лажни, и од којих делова цвета се формирају?

Истражите ...

... ретке врсте воћа које се разликују од осталих по структури, саставу, нутритивној вредности и присуству одређених супстанци које их чине посебним у погледу њиховог дејства на људе (на пример, дејство афричке чудотворне бобице, једноставног меснатог воћа са необичним дејством).

Занимљива биологија

Угрожена врста сејшелске палме има џиновски плод – кокос који тежи и до 20 кг. Плод је специфичан, са двоструким семеном у изузетно тврдој љусци и ретког изгледа. Један од разлога зашто се врста није проширила је тај што када падне у воду, плод тоне због своје тежине и не може се природно расејати ветром или птицама и животињама на друго место. Гаји се у неким већим ботаничким баштама, али због непогодне климе и услова, споро расте и не рађа плодове. Стога је њен раст ограничен на само два острва на Сејшелима.



2.6 Семе

Уводна активност

У ком делу цвета се формира семе и који је његов значај?

Узмите семе пасуља и кукуруза, оставите га да набубри у води како би омекшало и могло да се анализира. Покушајте да га ољуштите или направите уздужни рез. Опишите делове које примећујете.

Семе је генеративни орган и служи за размножавање биљке. Својом грађом је прилагођено да преживи неповољне спољашње услове и да клија када су услови за клијање и раст повољни. Иако се семе различитих биљака може разликовати по величини, облику и боји, има заједничке карактеристике везане за његову грађу.



Семе различитих биљака

Грађа семена

Семе је састављено од семене љуске, ембриона и хранљивог ткива.

На спољашњем делу семена налази се **семенељача** (семена љуска) која је обично тврда и чврста, бела или обојена у различитим бојама. Она штити унутрашњи део семена од механичких оштећења, исушивања и инфекција. Међутим, семељача може учествовати и у регулацији воде и уласка кисеоника током клијања семена. На површини семељаче приметан је белег који се назива пупак. То је место где је семе било причвршћено за плод. Поред пупка налази се мали отвор кроз који семе прима воду пре клијања. Овај мали отвор потиче од отвора семеног зачетка кроз који је поленова цев ушла током оплодње. Семељача код неких врста има израслине или структуре попут крила, длачица итд., које помажу у расејавању семена.

Испод семељаче налазе се клица (ембрион) и хранљиво ткиво. **Клица (ембрион)** може имати централни положај у семену (код пасуља, грашка, бораније или сочива), може бити смештена периферно (као код неких врста каранфила) или странично код житарица. Клица се састоји од коренчића, стабљашца, клициних листића (котиледона) и пупољчића. Облик клица варира између биљки. Код неких семена, клица је добро развијена и испуњава цело семе. То је обично зато што се хранљиве материје складиште у котиледонима. Такве су семенке пасуља, грашка и других махунарки. Код друге групе биљака, клица је мала, али се у семену формира посебно хранљиво ткиво

које складишти хранљиве материје. Када семе проклија, клица користи те хранљиве материје за свој развој.



Приликом испитивања семена пасуља, након уклањања семењача, испод су видљиве две половине. Они се називају **котиледони** (клицини листићи). Биљке које имају клицу са два котиладона називају се дикотиледони.

Ембриони у семену житарица имају један котиледон и припадају монокотиледонима. За разлику од дикотиледона, код семена монокотиледона, као што су кукуруз или пшеница, семењача је срасла са сувом љуском плода и не може се лако ољуштити. Семе монокотиледоних биљака се не дели на два дела.



Семе монокотиледона и дикотиледона

Клијање семена

Млада биљка која се развија из ембриона након што семе проклија назива се **клица**. Прво се развија корен клице из коренчића клице. Из стаблашца клице се формира стабло клице које повезује корен са првим листовима. Како расте, стабло обично повлачи котиладоне изнад земље, а они постају зелени на светлости. Котиладони су први листови који врше фотосинтезу и омогућавају клици да преживи док се не развију прави листови. Када се листови клице развију, котиладони се суше и опадају.



Клијање семена пасуља и пшенице и формирање клице

Активност**Пробудите семе**

Ставите филтер папир у пластичну кутију са поклопцем, посејте одређени број семена различитих биљака (пшеница, сочиво, ротква итд.), покријте другим папиром и попрскајте их мало водом да бисте их навлажили. Затворите поклопац и оставите кутију на топлем и тамном месту.

Проверавајте сваки дан и додајте воду по потреби само ако је папир сув. Запишите којим семенкама је потребно колико времена да проклијају. Након неколико дана израчунајте проценат клијавости за сваку врсту. Израчунава се према формули

$$\text{проценат клијавости} = \frac{\text{број проклијалих семенки}}{\text{укупан број посејаних семенки}} \cdot 100 \%$$

Свако семе има своје време клијања и карактеристичан проценат клијавости.

Ако је семе зрело и здраво, са добро формираним ембрионом, проценат клијавости је висок.

Проверите шта сте научили

1. Који делови чине семе?
2. Шта су котиледони и зашто су важни?
3. Где се хранљиве материје складиште у семену?
4. Шта је клица и од којих делова се састоји?
5. Која је основна разлика у грађи семена између монокотиледоних и дикотиледоних биљака?

Истражите ...

... семе неких биљака које имају способност да преживе екстремне услове и суше, да се закопају у земљиште или оне са веома необичним обликом и изгледом.

Истражите најређе врсте семена, којим биљкама припадају и да ли су неке део флоре наше земље.

Занимљива биологија

Неке врсте орхидеја имају микроскопски ситно семе – једно њихово семе тежи само 0,000002 грама. У семену нема резервних хранљивих материја, због чега им је за клијање потребна симбиоза са гљивом (микоризом). Једна капсула (плод) садржи неколико милиона семенки које се лако расејавају ветром након што суви плод сазри и испуца.

2.7 Расејавање

Уводна активност

Шта сте научили о структури и значају семена? Направите кратак списак биљних врста које једеш сваки дан и одабери оне које су у облику семена. Размислите како се засејавају.

Процес разношења плодова или семена на већу удаљеност од родитељске биљке назива се **расејавање**. Расејавање омогућава освајање нових подручја, што осигурава опстанак врсте. Расејавање је важно за спречавање или смањење конкуренције са родитељским и другим суседним биљкама. Ако сва семена падну око родитељске биљке, онда се смањује могућност да се све јединке развију на тако малом простору, борећи се за ограничену храну, воду и светлост.

Начини расејавања

Зрели плодови и семена својом грађом су прилагођени да доспеју до нових места где ће никнути и развити се у нове биљке. То се може десити на различите начине у зависности од структуре, али и од услова у окружењу.



Различите врсте расејавања биљака

Саморасејавање је процес којим биљка, без помоћи ветра, воде или животиња, ослобађа и распршује своје семе. То се дешава опадањем или пуцањем плода. На пример, код пасуља, грашка и других махунарки, сува махуна пуца и распршује семе; код биљке која се назива дивљи краставац, семе се распршује на удаљености од неколико метара; а код невена и геранијума, семе пада недалеко од родитељске биљке.



Саморасејавање код биљака

Расејавање помоћу ветра је карактеристично за мала и лака семена и плодове који су структурно прилагођени за такво расејавање. Често имају крилате или длакаве додатке који повећавају површину и олакшавају распрострањивање (нпр. маслачак, топола, врба, бреза, јавор итд.).

Расејавање помоћу ветра код маслачка, криласти плод јавора и млечница (*Asclepias syriaca*)

Расејавање помоћу воде је природни начин распрострањења семена или плодова у приобалним подручјима река, језера, мора и океана. Плодови и семе биљака које живе у води или близу ње падају у њу и тако се распршују. Ове биљке имају одређене адаптације за овај начин распршивања – плодови и семе су лагани због своје сунђерасте структуре, ваздушних шупљина или длакавог покривача. Таква грађа им омогућава да плутају или пливају и штити их од труљења. Тако, плод кокосове палме (кокос) може плутати месецима, а семе лотоса и локвања стално носе водене струје.



Плод морског пасуља расејава се помоћу воде



Плућајући плодови кокоса и лотоса

Трска се расејава ветром, али и водом
ако семе падне у околну воду

Копнене биљке се чешће распростиру уз помоћ животиња, и то на два начина. Плодови прекривени бодљама, кукицама и другим израслинама случајно и лако се причвршћују за тело животиње која их носи на одређену удаљеност, чиме помажу у њиховом расејавању.



Семе са бодљама – адаптација за расејавање помоћу животиња

Други начин **расејавање помоћу животиња** је када плодови служе као храна животињама, а семе се избацује неоштећено путем измета. Тако се распростире велики број сочних, коштуњавих и других плодова.

Инсекти такође могу да расејавају семе, али то је много ређа појава. На пример, мрави користе неке од масних делова семена рицинуса, љубичице, кукуруза, божура и других врста. Носећи семе до њихових станишта, они га удаљавају од родитељске биљке.

Човек игра велику улогу у случајним, али још већу у намерним расејавањима плодова и семена. Овако се распростиру велики број гајених биљака које се користе у исхрани (кукуруз, кромпир, паприка, парадајз, пасуљ, сунцокрет, пиринач, брескве, кајсије, лубенице, какао, кафа и многе друге биљке које су нам донете са других континената).



Користећи плодове као храну, животиње расејавају семе



Расејавање семена уз помоћ људи

Активност**Погодите начин расејавања**

Поделите се у парове. Нека један ученик из пара замисли семе биљке. Други ученик треба да постави питања како би открио како се семе које је замислио први ученик расејава. На питања се може одговорити само са „да“ или „не“.

Питања не треба да буду директна, као што је: Да ли животиње расејавају семе?

Нека игра траје 5 минута, а затим замените улоге са партнером. Ово „мотивационо такмичење“ ће вам пружити много нових увида у начин расејавања семена.

Проверите шта сте научили

1. Шта је расејавања и зашто је важно?
2. Који су најчешћи начини расејавања плодова?
3. Које адаптације у грађи омогућавају расејавања водом, а које ветром?
4. Какав допринос дају људи у расејавању биљака?

Истражите ...

... најређе методе расејавања међу биљкама које су развиле фасцинантне стратегије да би дошле до свог новог станишта. Сазнајте више о њиховим путовањима кроз воду, ваздух или путем инсеката и животиња. Плутање кокоса преко океана допринело је њиховом природном ширењу на острва и у тропским шумама.

Занимљива биологија

Једна врста паразитске имеле има занимљив и редак двостепени образац расејавања који комбинује експлозивност плода и лепљивост семена. Када плод експлодира, лепљиво семе се катапултира брзином до 100 km/h. Када падне на друго дрво, лепи се за кору и почиње да расте као паразити.



2.8 Услови за клијање семена

Уводна активност

До сада сте сазнали да расејавање семена, између осталог, помаже у избегавању конкуренције са родитељском биљком и новоразвијеним изданцима из суседних семена. Каква је то врста конкуренције? Шта је биљци потребно да би клијала, расла и развијала се?

У плоду се може формирати једно или више семена, али не сва проклијају и не дају настанак нове биљке. Да би семе проклијало, прво мора бити добро формирано, са здравом клицом и хранљивим ткивом. Међутим, за клијање су потребни и повољни услови околине – влага, умерена температура и присуство кисеоника.

Вода као фактор клијања

Влага је кључни фактор за клијање семена, јер активира животни процес у њему. Када се суво семе налази у влажној средини, оно апсорбује воду, бубри и омекшава семењачу. Активирају се ензими који разграђују резервне хранљиве материје у семену, чиме се обезбеђује потребна храна за раст клице (ембриона). Са бубрењем семена почиње интензивно ћелијско дисање, које је неопходно за ослобађање енергије. Присуство воде у семену такође омогућава деобу ћелија ембриона, тј. његов раст.



Проклијало семе пшенице на влажном песку



Проклијало семе руколе један дан након сетве на влажној хранљивој подлози

Ако у земљишту нема довољно влаге, семе постаје мирно и не клија. Ако, с друге стране, има превише воде и нема кисеоника, семе може иструнути. Из овога се може закључити да умерена количина воде буди семе из стања мировања и омогућава све биолошке процесе неопходне за клијање.

Кисеоник као фактор клијања

Кисеоник је потребан ембриону да би дисао. Без кисеоника, процеси разградње резервних масти, скроба и протеина из ускладиштених хранљивих материја у семену не могу се одвијати. У овом процесу се ослобађа велика количина енергије која је потребна да ембрион прерасте у клицу. Ако нема довољно кисеоника, у семену се производе штетне материје које узрокују смрт ембриона.

Температура као фактор клијања

Температура је важна за клијање јер директно контролише брзину свих животних процеса у семену. Свака биљка има своју оптималну температуру за клијање. На пример, пшеница клија на 5 до 10 °C, а пасуљ и кукуруз на 18 до 25 °C. Ензими који учествују у животним процесима семена активни су само у одређеном температурном опсегу. Када је температура нижа, резервне материје се разграђују много спорије, док се на високим температурама ензими деактивирају. Када нема разградње резервних материја, нема довољно хране за ембрион, па се он неће развијати.

Ниска температура такође утиче на дисање, што ће се одразити на количину енергије без које нема клијања. Дељење ћелија током раста ембриона такође захтева умерену температуру. На ниским и високим температурама, дељење се зауставља и нема клијања семена.

Земљиште

Земљиште је веома важно за развој биљке, али семе може клијати и на влажном папиру, памуку или у води. Земљиште као извор хранљивих материја и воде је много важније за раст и развој клице у одраслу биљку.



Проклијало семе броколија на влажном папиру



Метод клијања семена код куће – проклијало семе на влажном папиру и младе клице паприке

Већина семена вишегодишњих биљака клија директно у земљишту. У овом случају, свакој врсти је потребна посебна врста земљишта са одређеним карактеристикама (на пример: садржај одређених минерала и количина влаге).

Светлост

За већину биљака светлост није неопходна за процес клијања, па семе подједнако клија и у мраку и на светлости. Међутим, када се појаве клица и листови, светлост је важна да би биљка започела фотосинтезу и створила храну која ће додатно стимулирати њен раст.

Велики број биљака (разне врсте салата, лиснато поврће, зачинско биље итд.) гаји се у контролисаним затвореним условима, у такозваним хидрофармама. Семе клија и расте у присуству светлости и посебног влажног супстрата. Чим се појави клица са 2-4 листа, пребацује се на текући хранљиви супстрат, у условима оптималне температуре, чиме се постиже брз раст. На овај начин се гаје биљке са малим кореном, а предност је што обезбеђује континуирану бербу свежег, здравог и чистог поврћа.



Производња зелене салате у затвореним условима у хидрофармама

Активност

Тестирање услова за клијање семена

Материјали – семе пшенице и сунцокрета, 8 пластичних чаша, папирни убруси/памук, вода, услови температуре/светла, табела посматрања.

Поделите се у четири групе и нека свака група узме једну чашу. Ставите влажан убрус или влажан памук у прве три чаше. У сваку чашу ставите 10 семенки пшенице или сунцокрета.

Поставите четири чаше под различите услове и означите их у складу са тим.

Прва чаша – контролна – оставља се на собној температури, на светлости и вода се додаје сваког дана.

Друга чаша – ставља се на хладно и светло место и вода се додаје сваког дана.

Трећа чаша – ставља се у мрак на собној температури и вода се додаје сваког дана.

Четврта чаша – оставља се на собној температури, на светлости, али семењу се не додаје вода.

Свака група треба да забележи да ли је дошло до клијања, број проклијалих семена и дужину корена током седам дана.

Разговарајте у разреду шта ће се десити са семеном у свакој чаши и након 7 дана проверите да ли су ваша предвиђања била тачна.

Семе би требало најбрже да клија у контроли где постоје повољни услови, спорије на хладноћи, у мраку семе клија, али касније спорије расте, и без воде неће клијати. Семену су потребни вода и топлота да би клијало, али не и светлост.

Проверите шта сте научили

1. Зашто је влажна средина неопходна за клијање семена?
2. Како ниске и високе температуре утичу на клијање?
3. У ком случају се зауставља развој ембриона и не долази до клијања семена?
4. Током ког периода клијања семена и развоја клице је неопходна светлост?
5. Који је значај земљишта за клијање семена и раст садница?

Истражите ...



... услове потребне за клијање баштенских биљака и дивљих врста у окружењу у којем живите. Групишите их према томе да ли боље клијају на светлости или у мраку, у топлоту, хладном, влажном или сувом окружењу, у земљишту богатом хумусом или у песковитом и у земљишту сиромашном хранљивим материјама.

Занимљива биологија



Неким врстама еукалиптуса потребни су посебни услови за клијање. Њихово семе је затворено у тврду смоласту капсулу која се отвара тек након излагања високим температурама (око 80 до 100 °C). Пожари уништавају старе биљке, али ватра „ослобађа“ семе, које у новоствореним условима (земљиште богато пепелом) клија и формира нове биљке.



2.9 Размножавање код животиња

Уводна активност

Шта је размножавање?

Зашто се размножавање сматра фундаменталном карактеристиком живих организама?

Шта би се десило ако размножавање не би постојало?

Размножавање је једна од најважнијих карактеристика живих организама јер омогућава наставак врсте и одржавање живота на Земљи. Без размножавања, свака врста би нестала са смрћу последњих јединки. Све животиње имају исти циљ – стварање новог потомства које личи на своје родитеље, али начин размножавања може значајно да варира.

Постоје две врсте размножавања код животиња: бесполно и полно размножавање.

Бесполно размножавање је метод размножавања где се ново потомство ствара без учешћа гамета (полних ћелија). Потребан је само један организам – родитељ, а резултујући потомак је генетски идентичан родитељу. Предност бесполог размножавања је у томе што се велики број нових јединки добија за кратко време, без утrophка велике енергије и ресурса. Мана је, међутим, што су сви потомци клонови – идентичне копије родитеља, па деле исте предности, али и слабости.

Бесполно размножавање се налази код једноћелијских и једноставних вишећелијских бескичмених организама. У ствари, овако се размножавају: бактерије, протозое, сунђери, јежеви, неки плjosнати црви итд.

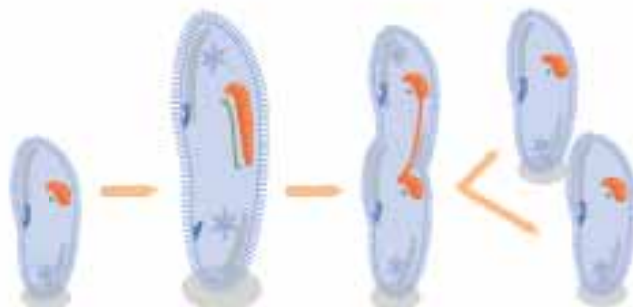
Полно размножавање је стварање потомства спајањем две полне ћелије (**гамета**) – **сперматозоида** од оца и **јајне ћелије** од мајке. Потомство добија комбинацију гена од оба родитеља, што значи да је нови организам генетски другачији од родитеља. Предност полног размножавања је генетска разноликост потомства, која омогућава

Табела: Предности и мане бесполог и полног размножавања код животиња

Начин размножавања	Предности	Мане
БЕСПОЛНО	- не троши се енергија на тражење партнера; - брзо се постиже велики број потомака у датом екосистему	генетски идентично потомство, ако се услови средине промене, опстанак целе популације је угрожен
ПОЛНО	варијабилност – добијају се нове комбинације гена које доносе различите квалитете и адаптације на спољашње услове	енергија се троши на тражење партнера, чување територије

јединкама већу отпорност на болести и промене у окружењу. Мана овог начина размножавања је што су потребна два родитеља, због чега се више времена и енергије троши на проналажење партнера. Полно размножавање је присутно код сложенијих група бескичмењака, а у потпуности је заступљено код кичмењака.

Бесполно размножавање је уобичајено код једноставнијих животиња као што су протозое. Жарњаци (хидра) и бодљокошци (морске звезде) способни су и за бесполно и за полно размножавање. Црви, зглавкари и мекушци се углавном размножавају полно.



Пракживотиње (као што је парамецијум) се размножавају бесполно



Хидре се размножавају бесполно, али и полно



Морске звезде се могу размножавати бесполно и полно



Црви се размножавају полно



Сви инсекти и други зглавкари (пауци, шкорпије и ракови) се размножавају углавном полно

Бесполно размножавање је еволутивно старији модел размножавања. Касније, како су организми постајали сложенији, полно размножавање се појавило као ефикаснији метод размножавања јер потомство добија комбинацију гена од својих родитеља. Ово омогућава генетску варијабилност и способност прилагођавања променљивим условима околине.



Пужев и други мекушци се размножавају полно

Активност

Поделите се у мале групе или парове. Ваш наставник ће вам дати слике различитих животиња које треба да групишете у два скупа према начину размножавања – бесполно и полно.

Упоредите своје одговоре са другим групама и разговарајте о нивоу сложености организама који припадају датом скупу.

Проверите шта сте научили

1. Која је основна разлика између бесполог и полног размножавања?
2. Наведите неке групе бескичмењака који се размножавају бесполно?
3. Које су предности и мане сваког начина размножавања?
4. Зашто се полно размножавање сматра еволутивно бољим?
5. Који тип размножавања је карактеристичан за кичмењаке?

Истражите ...



... размножавање морских звезда. Када и како се размножавају полно, а када и како се размножавају бесполно?

Занимљива биологија



Девичанско рађање, или партеногенеза, је процес којим женка производи потомство из неоплођене јајне ћелије, без икаквог контакта са мужјаком. Ово се често дешава у изолованим срединама где су мужјаци ретки, што омогућава врсти да преживи у критичним условима. Иако су потомци генетски веома слични мајци, овај механизам је невероватна резервна стратегија природе за спречавање изумирања.

Овај феномен је примећен код зебрастих ајкула и одређених гуштера, чак и код највећег гуштера на свету, комодог змаја.

2.10 Бесполоно размножавање код животиња

Уводна активност

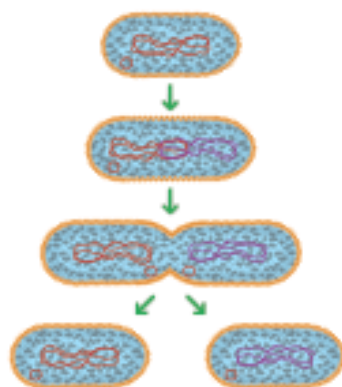
Израчунајте колико ће бактерија бити произведено за 10 сати од једне бактерије ако се она дели на пола сваких 20 минута.

Бесполоно размножавање укључује само једног родитеља и резултира генетски идентичним јединкама. Овај тип размножавања се налази код једноћелијских и једноставних вишећелијских бескичмењака – бактерија, протозоа, сунђера, жарњака, неких плjosнатих црва итд.

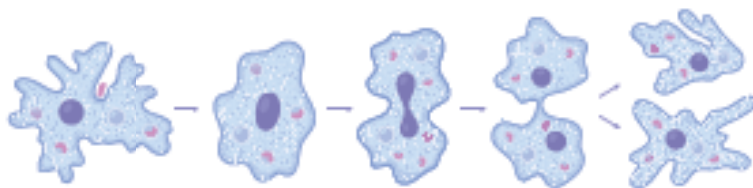
Постоји неколико начина бесполоног размножавања: деобом ћелија, пупљењем и сегментацијом (фрагментацијом).

Размножавање ћелијском деобом је најједноставнији начин размножавања у биолошком свету. То је деоба у којој се из једне родитељске ћелије добијају две „ћелије ћерке“, које су приближно једнаке родитељској ћелији или су њени идентични клонови, у зависности од врсте ћелијске деобе. Деоба ћелија омогућава веома брзо повећање броја јединки, пошто цео процес траје кратко и захтева релативно мало енергије.

Деоба ћелија је карактеристична за једноћелијске организме: протисте (бактерије и модрозелене алге) и протозое (једноћелијске еукариотске организме као што су амebe, парамецијуми итд.).



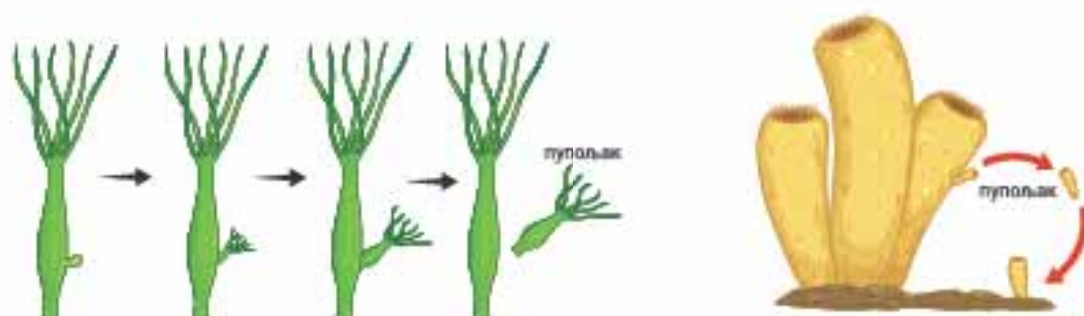
Бесполоно размножавање ћелијском деобом код бактерија



Бесполоно размножавање једноставном деобом код амebe (протозоа)

Бесполоно размножавање пупљењем се јавља код жарњака (хидра и медуза) и сунђера. Из телесног зида родитеља се формира мали израстак – пупољак, који постепено расте и развија се у нови организам. Када нова јединка постане довољно зрела, она

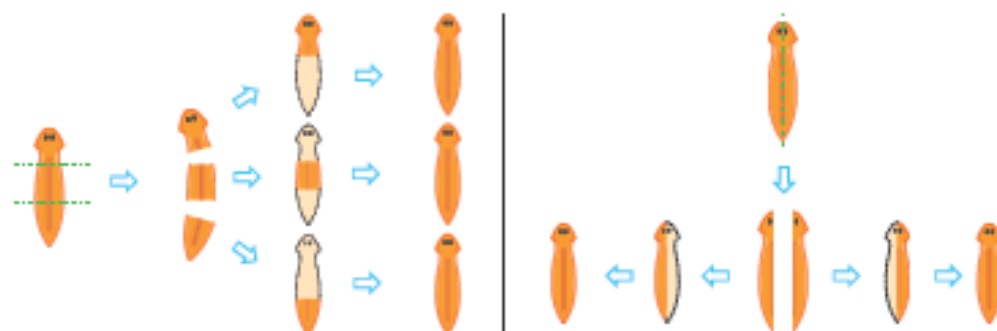
се одваја од родитеља и наставља да живи самостално. Код сунђера, пупољци се можда неће одвојити од родитеља, већ ће наставити да живе заједно, формирајући колонију.



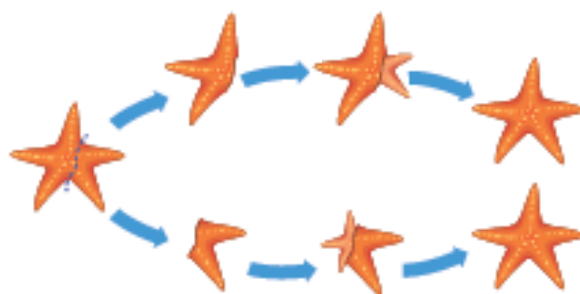
Бесполоно размножавање пупљењем код хидре и сунђера

Бесполоно размножавање фрагментацијом је размножавање у којем се тело родитеља дели на два или више фрагмената (сегмената), а сваки фрагмент се развија у нови, потпуно идентичан организам. Фрагментација је уобичајена метода размножавања код организама који се могу регенерисати као што су: планарије, морске звезде, неки сунђери итд.

Планарије су водене животиње из групе пласнатих црва. Имају способност регенерације тела и добијања нових јединки из више сегмената тела, без обзира да ли је сегментација у глави, средњем или задњем делу.



Бесполоно размножавање код планарија са попречном (ширина) и уздужном (дужина) сегментацијом тела



Бесполоно размножавање фрагментацијом код морске звезде

Активност**Анализирање слика бесполоног размножавања**

Поделите се у групама од по неколико ученика. Свака група ће од наставника добити слике које представљају различите фазе три типа бесполоног размножавања (деоба ћелија, пупљење и фрагментација).

1. Поређајте слике у три колоне тако да свака колона садржи слике само једног организма.
2. У свакој колони поређајте слике редоследом којим се одвија сваки процес размножавања.
3. Наведите назив сваког типа размножавања и наведите пример организма који се размножава на овај начин.
4. Запишите један кључни доказ са сваке слике који вас је довео до ваше одлуке. (Пример: „Одлучили смо се за пупљење јер смо видели мали израштај који расте из тела родитеља, а који касније постаје нова јединка.“)

Проверите шта сте научили

1. Зашто бесполоно размножавање производи клонове?
2. Које врсте бесполоног размножавања постоје код животиња?
3. Који организми се размножавају ћелијском деобом?
4. Опишите како се бесполоно размножавање одвија код хидри и сунђера.
5. Како се размножавају планарије?

Истражите ...

... чињеницу да нису све ћелијске деобе једноставне. По чему се једноставна ћелијска деоба разликује од других врста ћелијских деоба?

Занимљива биологија

Постоји врста медузе (*Turritopsis dohrnii*) која буквално може да „врати време уназад“ кроз специфичан процес који се назива трансдиференцијација. Када је под стресом, гладна или физички повређена, она не умире, већ претвара своје зреле ћелије у потпуно нове типове ћелија, враћајући се из фазе одрасле медузе у фазу младе колоније полипа.

Овај циклус бесполоног самообнављања теоретски омогућава медузи да живи заувек, јер може да понови процес бесконачан број пута. На овај начин избегава старење и смрт, што је чини јединим познатим „биолошки бесмртним“ организмом на планети.

2.11 Полно размножавање код животиња

Уводна активност

Шта је полно размножавање?

Како се зову полне ћелије код биљака? Где се производе?

Где се производе полне ћелије и како се називају код мужјака и женки животиња?

Полно размножавање је процес стварања нових јединки спајањем две полне ћелије (гамета) од два различита родитеља – мужјака и женке. Мушки гамети (сперматозоиди) и женски гамети (јајне ћелије) носе наследни материјал од својих родитеља. Њиховим спајањем, новодобијена јединка има јединствену комбинацију гена од оба родитеља, специфичну само за њу.

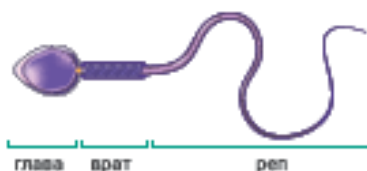
При полном размножавању долази до преношења гена са генерације на генерацију, сталним комбиновањем наследног материјала од две различите јединке. На овај начин, потомци личе на своје родитеље, али носе јединствену комбинацију наследних особина од оба родитеља. Овај метод размножавања доводи до генетске разноликости врсте, што помаже животињама да се лакше прилагоде променама у окружењу.

Полно размножавање се јавља код неких бескичмењака као што су: прстенасти црви, мекушци и инсекти, као и код свих група кичмењака: риба, водоземаца, птица, гмизаваца и сисара.

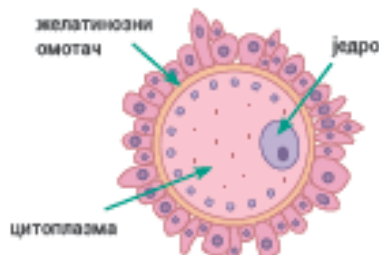
Постоје две врсте полних ћелија – гамета: сперматозоиди и јајне ћелије.

Мужјаци производе сперматозоиде у мушким репродуктивним органима. **Сперматозоиди** су мали, покретни и производе се у много већем броју. Сперматозоиди имају задатак да „препливају“ дуг пут да би стигли до зреле јајне ћелије. Њихова структура је прилагођена за брзо кретање и ношење наследног материјала од оца. Предњи део ћелије назива се глава и садржи једро са наследним материјалом. Глава је повезана са вратом у коме се ствара енергија за померање репа. Реп сперматозоида служи за кретање.

Женке производе јајне ћелије у женским репродуктивним органима. **Јајне ћелије** су много веће од сперматозоида јер садрже хранљиве материје које су потребне за почетни развој нове јединке. То су



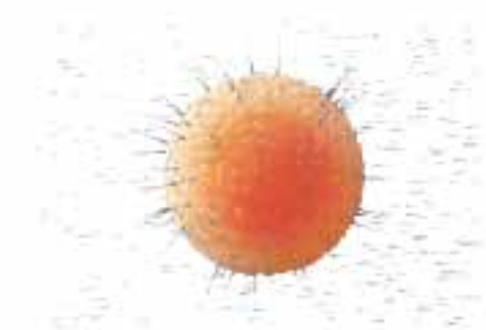
Грађа сперматозоида код људи



Грађа јајне ћелије

непокретне ћелије окружене желатинозним омотачем који спречава улазак више од једног сперматозоида током оплодње. Обично се производе у много мањем броју од мушких гаметата.

Рибе и водоземци производе хиљаде или чак милионе јајних ћелија, јер су њихова јаја изложена многим опасностима у води и често их родитељи не чувају. Ово осигурава да ће бар нека од јаја преживети. Птице улажу много енергије у изградњу гнезда и загревање јаја, па је њихов број много мањи. У природним условима, кокошка снесе око 12 јаја годишње (иако су домаће расе одабране да носе јаја скоро сваки дан), док пингвини и орлови обично производе само 1 до 2 јаја по сезону. Код сисара, ембрион се развија унутар мајке, што је најбезбеднији начин развоја. Стога, они производе најмањи број јаја. Велики сисари (слонови, коњи, људи) обично ослобађају само једну јајну ћелију по циклусу, док мањи сисари (мишеви, зечеви, пси) могу ослобађати 5 до 15 јајних ћелија, што резултира вишеструким младунцима у једном леглу.



Поређење величине јајне ћелије и сперматозоида

Активност

Нацртај обе полне ћелије у своју свеску. Означи главне делове сваке ћелије и укратко запиши функцију сваког дела.

Проверите шта сте научили

1. Објасните шта се подразумева под полним размножавањем.
2. Колико различитих полних ћелија постоји код животиња? Које су оне?
3. Како се стварају сперматозоиди?
4. Како се стварају јајне ћелије?

Истражите ...



... томе да ли се мушки и женски гамети разликују код различитих група животиња, на пример између бескичмењака и кичмењака, између водених и копнених животиња итд.

Занимљива биологија



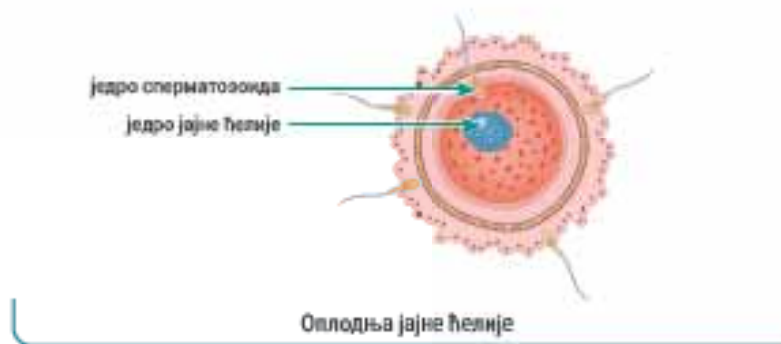
Иако су јајне ћелије огромне, а сперматозоиди мали, обе врсте гамета носе једнаку количину генетских информација – половину броја хромозома у ћелијама тела.

2.12 Спољашна и унутрашња оплодња

Уводна активност

Колико се сперматозоида сједињује са једном јајном ћелијом? Објасните одговор.

Полно размножавање подразумева спајање два гамета – мушког и женског – у једну ћелију. Ово спајање сперматозоида и јајне ћелије назива се **оплодња**. Велики број сперматозоида доспева до јајне ћелије. Међутим, када сперматозоид успе да прође кроз заштитне слојеве, површина јајне ћелије постаје непробојна и спречава продор другог сперматозоида. Ово спречава спајање више од два једра гамета.



У зависности од тога где се мушки и женски гамети сусрећу, разликују се две врсте оплодње – спољашна и унутрашња.

Спољашна оплодња

Када животиње избацују гамете из својих тела у спољашњу средину и тамо дође до оплођења, то се назива **спољашна оплодња**. Предност овог начина оплодње је у томе што није потребан физички контакт између мушких и женских јединки (парење, копулација), а мана је што ће многи гамети бити уништени због неповољних услова средине и неће бити оплођени.

Спољашна оплодња се најчешће повезује са воденом средином. Вода је потребна сперматозоидима да би пливали и стигли до јајних ћелија (јаја). Стога је спољашна оплодња посебно честа код водених животиња, посебно код бескичмењака који живе причвршћеним начином живота, као што су сунђери и корали, али и код слободноживућих облика: микроскопских шкампи, шкољки, лигњи, морских јежева и краставаца. Након што се млади излегу из јаја, они обично настављају да живе самостално.



Бескичмењаци који имају спољашњу оплодњу – сунђери, корали, микроскопски шкампи, шкољке, лигње, морски јежеви и краставци

Обично је ослобађање зрих јаја и сперматозоида изазвано неким спољашњим условом, као што су температура воде, водене струје, плима или једноставно дужина дневног светла.

Спољашна оплодња се такође примећује код неких кичмењака. Код многих риба, оплодња је спољашна и дешава се након мрешћења. Током мрешћења, јаја (икра) и сперматозоиди се ослобађају у непосредној близини, омогућавајући спољашњу оплодњу. Мрешћење је изазвано спољашњим условима, слично као код бескичмењака. Међутим, неке рибе које се размножавају у паровима бирају заштићено место где ће женка положити јаја, а мужјак ће их убрзо након тога оплодити.



Рибља јаја на дну



Чувени кавијар је заправо неоплођена јаја лосога (икра)

Код жаба, оплодња је такође спољашна. Током парења, мужјак се држи за женку која је већа, чекајући да она ослободи јаја. Када се то деси, мужјак ослобађа своју сперму и оплоди јаја.



Спољашна оплодња код жаба у воденом окружењу

Унутрашња оплодња

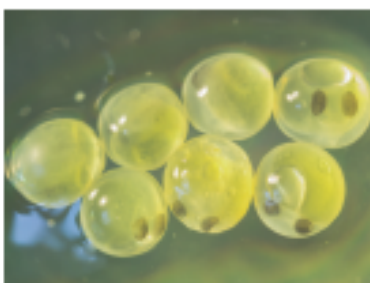
У случајевима када се оплодња дешава у репродуктивном систему женке, то се назива **унутрашња оплодња**. Да би дошло до унутрашње оплодње мора доћи до парења (копулације) између мужјака и женке и сперма мора бити унета у тело женке. Овај метод оплођења је успешнији, јер су гамети заштићени унутар тела и млади имају веће шансе за преживљавање.

Унутрашња оплодња је специфична за копнене животиње – гмизавце, птице и сисаре, али се среће и код водених кичмењака и неких бескичмењака.

У зависности од тога како рађају своје младунце, животиње које имају унутрашњу оплодњу деле се у три категорије.

- Животиње са унутрашњом оплодњом које полажу јаја: инсекти, неке хрскавичаве рибе, неке коштане рибе, неки водоземци (даждевњци), већина гмизаваца, све птице и две врсте сисара.

Јаја могу бити кожаста као код инсеката и гмизаваца или ојачана калцијумом (тврда љуска) као код птица.



Унутрашња оплодња и полагање јаја код инсеката, ајкула, коштаних риба, морских корњача, птица и ехидна (сисара)

- Животиње са унутрашњом оплодњом код којих женке држе јаја у свом телу док се не излегу, а затим рађају младунце. Њихов развој зависи од жуманцета у јајима. Примери ове групе су познате акваријумске рибе познате као гупији, неке ајкуле, неке змије (анаконде), неки гуштери, али и неки инсекти попут мадагаскарске бубашвабе.



Унутрашња оплодња са складиштењем јаја у телу код гупија, анаконди и мадагаскарских шиштајућих бубашваба

- Животиње са унутрашњом оплодњом код којих се развој младунаца одвија у телу мајке, а храну за свој развој добијају путем крвне везе, најчешће преко плаценте. Такви су сви сисари.

За разлику од спољашне оплодње где јединке морају да произведу много јаја да би било које од њих преживело и достигло зрелост за размножавање, унутрашњом оплодњом добија се мање потомака, али су шансе за њихово преживљавање много веће. Наиме, јаја су заштићена од спољашњих услова, посебно од исушивања, а развој у телу мајке нуди заштиту од предатора. Женке полажу јаја на местима где су заштићена и имају извор хране у близини. Женка такође бира партнера, омогућавајући избор пожељних карактеристика за своје потомство.

Активност

Препишите табелу у своју свеску.

	бескичмењаци	кичмењаци
спољашна оплодња		
унутрашња оплодња		

Попуните празна поља са неколико примера животиња које испуњавају дате критеријуме.

Истражите ...



... паразитском парењу код рибе удичарке (*Lophius sp.*). Како мужјак оплођује женку? Зашто се ова врста размножава на овај начин?

Проверите шта сте научили

1. Које врсте оплодње постоје у животињском свету? Нагласите разлику између њих.
2. Наведите предности и мане ове две врсте оплодње.
3. Наведите примере бескичмењака који имају спољну оплодњу. Како ове животиње успевају да синхронизују ослобађање јајних ћелија и сперматозоида?
4. Наведите примере кичмењака који имају спољну оплодњу.
5. Наведите примере кичмењака који имају унутрашњу оплодњу.

Занимљива биологија



Морски коњици (група риба) су једине врсте у животињском царству где мужјак носи и рађа младунце. Морски коњиц има специјализовану торбицу на стомаку која може да прими до 2 000 беба истовремено. Женка производи јаја и полаже их у торбицу на мужјаковом стомаку. Мужјак носи јаја 9 до 45 дана док се морски коњићи потпуно не развију.

Велика бела ајкула је позната по томе што јаја држи у материци. Када се излегу, већи младунци ће појести сва остала јаја и мање младунце. Ово осигурава да се рађају велике и јаке јединке.

Рибе клоновни се рађају као мужјаци, али се могу претворити у женке. Ако доминантна женка у групи угине, највећи мужјак ће променити пол да би заузео њено место и наставио да се размножава.



2.13 Развој младих животиња

Уводна активност

Можете ли препознати која је животиња представљена на слици? Да ли знате шта ће се даље десити?



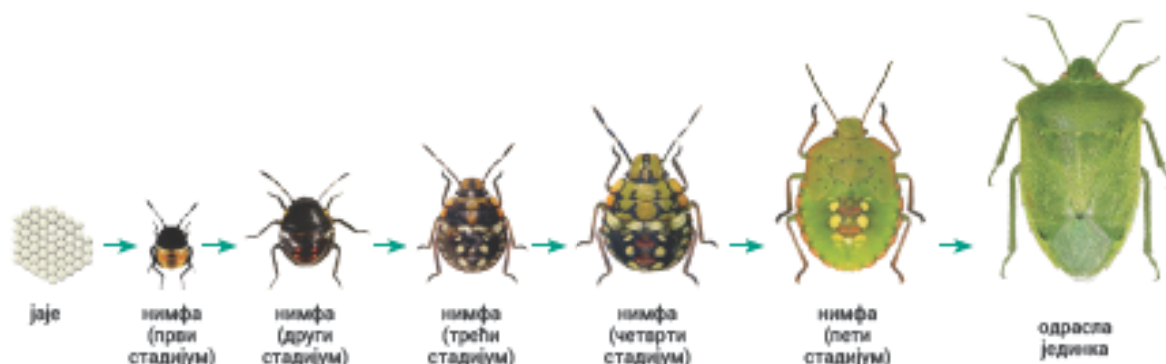
Након оплодне јајета, па све до рођења или излегања, нова јединка пролази кроз период који се назива ембрионални развој. Током овог времена, млада јединка развија све органске системе који ће јој бити потребни за самосталан живот. Међутим, младе јединке настављају да се развијају и након рађања (постембрионални развој).

Развојне фазе код бескичмењака

Инсекти су највећа група животиња на планети са више од милион врста. У већини група инсеката, након излегања из јајета, млади не подсећају у потпуности на одрасле облике. Период од излегања јединке из јајета до формирања одрасле јединке укључује промену облика и изгледа инсекта – **метаморфозу** (трансформацију).

Развој код инсеката се одвија углавном кроз два различита типа: непотпуна метаморфоза и потпуна метаморфоза.

- **Непотпуна метаморфоза:** У непотпуној метаморфози, инсекти пролазе кроз три развојне фазе – јаје, нимфа (ларва) и одрасла јединка. Након излегања из јајета, млада јединка по општем изгледу подсећа на одраслу јединку, али су присутни само рудименти крила и привремени ларвни органи. Ова фаза инсекта назива се ларва, или нимфа. Пролази кроз неколико пресвлачења свог спољног скелета, и са сваким пресвлачењем губи своје ларвалне органе и све више личи на одраслу јединку.



Развој са непотпуном метаморфозом код смрдљиве бубе (полукрилице)

Непотпуну метаморфозом се развијају: скакавац, лисне уши, ваши, цврнци, богомољке, бубашвабе, вилински коњици, полукрилци и други.



Нимфа и одрасли вилински коњиц



Метаморфоза нимфе вилинског коњица

- **Потпуна метаморфоза:** У потпуној метаморфози, инсекти пролазе кроз четири развојна стадијума – јаје, ларва, лутка (кукуљица) и одрасла јединка. Након излегања из јајета, ларва се веома разликује од одрасле јединке – нема зачетке крила, има другачији број удова или их уопште нема, може имати специфичне ларвалне органе, има другачији усни апарат, може живети у другачијем окружењу од одрасле јединке итд. У овој фази, инсекти су најактивнији – хране се и могу се пресвладати 4-6 пута (различити ларвални стадијуми).

Током последњег пресвладивања, прелазе у стадијум лутке. У овој фази су неактивни, не хране се, а унутар лутке се органи и ткива ларве распадају и формирају се нови органи, карактеристични за одрасле јединке. Само се нервни систем и делови трахеалног система (за дисање) не распадају. У овој фази се заправо одвија потпуна метаморфоза. Лутка се отвара и излази одрасли инсект.



Развој са потпуном метаморфозом код бубамара

Потпуном метаморфозом развијају се инсекти са сложенијом организацијом: лептири, мољци, муве (двокрилци), комарци, бубамаре (тврдокрилци), осе, пчеле, стршљенови, мрави и други.

Код лептира, током потпуне метаморфозе, усни делови гусенице, који су служили за грицање биљног материјала, трансформишу се у усне делове одрасле јединке за усисавање нектара из цветова. Лутка може бити заштићена очврслим покривачем, као код лептира, или чауром, као код свилених буба.

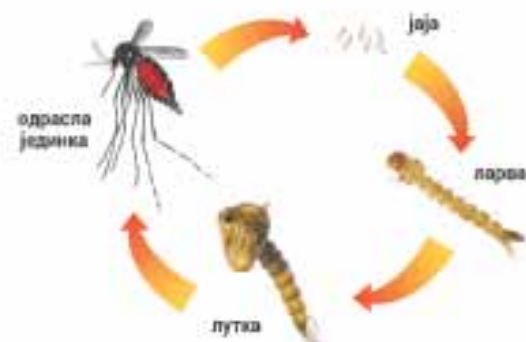


Развојни циклус великог купусара



Фазе развоја код свилене бубе: јаја, ларва, свилена чаура у којој се налази лутка, лутка, одрасла јединка

Комарци се такође развијају са потпуном метаморфозом, при чему незрели облици (ларве и лутке) живе у воденом окружењу.



Развој са потпуном метаморфозом код комараца



Одрасла јединка комарца изнад воде, са незрелим облицима (ларве и лутке) у воденом окружењу

Метаморфоза је изузетно честа појава код бескичмењака. Поред инсеката, метаморфоза се јавља и код ракова (најпознатији ларвални облик назива се науплијус), мекушаца (шкољке, неки пужеви и неке медузе), бодљокожаца (као ларве имају билатералну симетрију), жарњака (где је ларвални стадијум причвршћени полип) итд. Главна предност метаморфозе код бескичмењака је у томе што се млади и одрасли не такмиче за исту храну.

Фазе развоја код кичмењака

Постембрионални развој код кичмењака је период који почиње након излегања из јајета (код птица, гмизаваца, водоземаца и риба) или након рођења (код сисара) и траје док јединка не постане одрасла и способна за размножавање. Код кичмењака постоје два основна типа постембрионалног развоја: директан и индиректан.

- Директан развој је карактеристичан за гмизавце, птице и сисаре. Младунче, који се роди или излегне из јајета, по свом изгледу и структури подсећа на своје родитеље. Има све основне органе као и одрасла јединка, само у мањој величини. Главна карактеристика овог развоја је раст. Млади се хране, расту и постепено постају полно зрели. Тако, мало штене изгледа као одрасли пас, мала птица (иако у почетку можда нема перје) има исти облик тела као одрасла птица.



Млади крокодил потпуно подсећа на одраслог крокодила



Птиче ласте подсећа на одраслу ласту



Теле подсећа на одраслу краву

- Индиректни развој (са метаморфозом) карактеристичан је за водоземце и неке врсте риба. Млада јединка (ларва) се значајно разликује од родитеља по изгледу, дисању и кретању. Често живи у другачијем окружењу (на пример: у води, док су одрасли на копну). Да би постала одрасла јединка, ларва мора проћи кроз сложен процес трансформације који се назива метаморфоза. У овом процесу долази до великих промена: неки органи нестају (као што су реп или шкрге код жаба) и појављују се нови (плућа, ноге).

Животни циклус жаба је најбољи пример индиректног развоја код кичмењака. Женке жаба полажу јаја у воду. Свако јаје је обложено слузавом супстанцом која их одржава влажним и штити од предатора. Женка полаже јаја на једном месту и у великом броју како би осигурала да ће их мужјак оплодити. Из оплођеног јајета се излеже ларва која веома личи на рибу. Ларва се назива пуноглавац. Дише шкргама и плива дугим репом, попут пераја. Након неког времена, ларва прво развија задње удове, а затим

предње. Млада жаба прво има реп. Реп почиње да се смањује, а плућа се развијају. Тако је развој завршен и она се претвара у одраслу жабу.



Индиректан развој са метаморфозом код жабе



Жаба са положеним јајима



Две различите фазе развоја жабе

Активност

1. Поделите се у мале групе или парове и направите дијаграм развоја у одређеној групи инсеката наведених у лекцији. Представите свој дијаграм и фазе њиховог развоја осталим ученицима и заједно разговарајте о сличностима и разликама између описаних инсеката.
2. Поделите се у мање групе или парове. Добићете картице са животним циклусом жабе. Потребно је да направите тачан дијаграм и опишете фазе развоја: јаје, ларва (пуноглавац), млада жаба са репом и одрасла жаба без репа. Дискутујте о разликама у спољном изгледу и грађи пуноглавца у односу на спољни изглед и грађу одрасле жабе.

Истражите ...

... анатомске промене које се јављају током метаморфозе пуноглавца у одраслу жабу.



Проверите шта сте научили

1. Који тип развоја је карактеристичан за бескичмењаке?
2. Која је разлика између потпуне и непотпуне метаморфозе код инсеката?
3. Које групе инсеката се развијају са непотпуном, а које са потпуном метаморфозом?
4. Опишите шта се дешава у стадијуму лутке.
5. Како се развијају кичмењаци?
6. Опишите развој код жаба.

Занимљива биологија



Иако је метаморфоза обавезан процес за већину водоземаца за прелазак у одраслу форму, постоје изузеци где ларве никада не напуштају свој „јувенилни“ облик. Код ових врста, животиња постаје полно зрела и може се размножавати док и даље има ларвалне карактеристике (као што су спољне шкрге и репно пераје).

Најпознатији пример овог феномена је аксолотл, врста даждевњака (водоземца). Он задржава свој ларвални изглед (велике пернате спољашње шкрге и пераје) чак и када је способан да произведе потомство и остаје да живи у води током целог живота. Сличан пример је човечја рибица, водоземац који живи у подземним пећинским водама (карактеристично за Балкан, укључујући Словенију).



2.14 Развој код гмизаваца и птица

Уводна активност

Где се развијају пилићи? Који су услови потребни да би се то догодило? Да ли знате за неке друге животиње које се такође развијају из јајета?

Полно размножавање са унутрашњом оплодњом значи да се оплођене јајне ћелије налазе унутар тела мајке. Код гмизаваца и птица, развој ембриона се одвија у јајима. **Јаје** је оплођена јајна ћелија и садржи храну за развој фетуса док се не излегне из јајета.

Појава јаја отпорних на исушивање код гмизаваца и птица је еволутивна адаптација којом су се ове животиње ослободиле зависности од водене средине за размножавање (која је и даље присутна код водоземаца). Унутар јајета, ембрион има све потребне хранљиве материје, а љуска штити плод од исушивања и неповољних спољашњих услова.



Гмизавци и птице се развијају у јајима

Развој гмизаваца

Јаја гмизаваца су кожаста и еластична на додир. Кожна љуска је пропусна и јаја могу да апсорбују воду из влажног земљишта или околине како ембрион расте. Стога, гмизавци полажу јаја на заштићеним местима где има довољно топлоте и влаге.

Морске корњаче полажу јаја у великом броју у рупу коју копају у ситном топлем песку морског приобаља. Млади се развијају испод песка,



Излегање младих морских корњача из гнезда

заштићени од предатора, али са довољно топлоте. Када се излегу, млади копају пут до површине песка и одлазе у морску воду где настављају свој самосталан живот.

Женке крокодила и алигатора граде гнезда у која полажу јаја. Обично их покривају вегетацијом. Затим остају у близини и чувају гнездо од предатора. Када се излегу, помажу младима да изађу из воде и штите их наредних неколико месеци њиховог живота.

Занимљиво је да пол младих крокодила зависи од температуре на којој се јаја развијају. Код већине крокодила, хладније температуре (око 30 °C или ниже) резултирају женкама, док топлије температуре (око 34 °C или више) резултирају мужјацима, иако се специфични прагови разликују у зависности од врсте.

Змије и гуштери такође полажу јаја на заштићеним и топлим местима са довољно влаге. Неке змије брину о својим гнездима док се млади не излегу. Млади затим настављају да живе самостално и хране се лови маје мале животиње.



Излегање младог крокодила у гнезду



Мајка питон чува своја јаја

Развој код птица

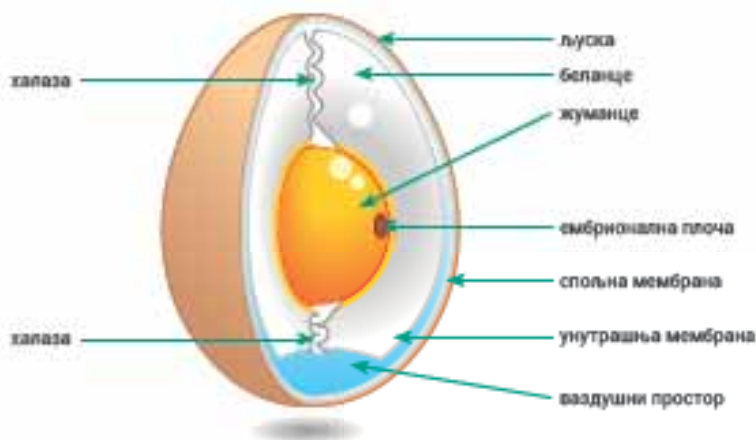
Птице, за разлику од гмизаваца, полажу јаја која имају тврду калцијумову љуску. Она пружа додатну заштиту и чврстину, јер већина птица покрива јаја својим телом како би обезбедила довољно топлоте за развој ембриона унутра. Птичја јаја могу бити различитих величина, боја и шара у зависности од врсте. Птичје јаје обезбеђује све потребне хранљиве материје, воду и заштиту ембриона током његовог развоја ван мајчиног тела.

Љуска је углавном изграђена од калцијум карбоната. Чврста је како би заштитила ембрион, али је и порозна. Размена гасова (кисеоник улази, угљен-диоксид излази) и вишак влаге испарава кроз хиљаде ситних пора.

Испод љуске налазе се две мембране, једна лежи на љусци, а друга на беланцету. Оне су еластичне и штите јаје и ембрион од бактерија. У најширем делу јајета, ове две мембране се раздвајају и формирају ваздушну комору. Пиле користи овај ваздух за свој први дах непосредно пре него што напусти јаје.

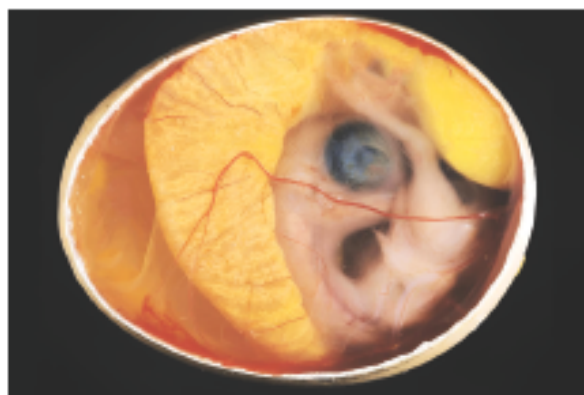
Беланце је главни извор воде и протеина за ембрион. Такође служи као „јастук“ који штити жуманце и ембрион од потреса и удара.

Жуманце је главно „складиште“ хране. Жуманце је богато мастима, витаминима и минералима који су неопходни за енергију и раст младих. На оба краја жуманца налазе се спиралне нити дебелог беланцета познате као халазе. Њихова функција је да држе жуманце у средини јајета, спречавајући га да се залепи за љуску. На површини жуманца налази се ембрионална плоча (мала бела мрља) – место где фетус почиње да се развија ако је јаје оплођено.



Шематски приказ грађе птичјег јајета

Већина птица полаже јаја у унапред направљена гнезда и користи телесну топлоту да загреје јаја (инкубира их). Времена инкубације варирају за различите птице. Након излегања, одрасле јединке брину о својим младунцима, хране их и штите их од предатора и временских непогода.



Фотографија ембриона кокошке у јајету

Активност

Пажљиво разбијте кокошје јаје. Анализирајте оно што видите и покушајте да пронађете претходно описане делове јајета.

Истражите ...



... структуру јајета код гмизаваца. По чему се разликују од птичјих јаја?

Проверите шта сте научили

1. Где се одвија ембрионални развој код птица и гмизаваца?
2. Како изгледају јаја гмизаваца?
3. Опишите како се инкубирају јаја гмизаваца и птица.
4. Наведите градивне делове птичјих јаја.
5. Која је функција жуманца у јајету?

Занимљива биологија



Нојево јаје је убедљиво највеће јаје од свих животиња које данас постоје. Дугачко је око 15–18 cm и широко око 13 cm. Тежи између 1,4 и 2 килограма (што је еквивалентно око 24 кокошјих јаја). Иако је највеће у апсолутном смислу, заправо је најмање јаје у односу на величину мајчиног тела (само 1–2 % тежине ноја).



Најмање птице на свету, колибрији, такође полажу најмања јаја. Јаје пчелињег колибрија је отприлике величине зрна грашка или кафе и тежи само око 0,5 грама. Иако сићушно, ово јаје представља огроман напор за женку колибрија, јер представља око 10–15 % њене телесне тежине.



2.15 Ембрионални развој код сисара

Уводна активност

Која врста оплодње је присутна код сисара?
Где се одвија ембрионални развој код сисара?

Ембрионални развој код сисара је процес који почиње унутрашњом оплодњем јајне ћелије, а завршава се **рађањем** младунца.

Код већине сисара (плаценталних сисара), овај развој се одвија унутар тела мајке, у посебном органу који се назива материца. Након оплодње, ембрион се спушта у материцу и причвршћује се за зид материце. Формира се привремени орган – плацента, из које ембрион добија храну и кисеоник преко пупчане врпце.



Новорођено штене са видљивом пупчаном врпцом, којом је било повезано са плацентом

Трајање ембрионалног развоја зависи од врсте, и различито је код различитих сисара. Најдужи ембрионални развој је код слонова – од 18 до 22 месеца. Најкраћи ембрионални развој је код кућног миша (око 20 дана).

Број ембриона у једној трудноћи варира код различитих сисара. Велике животиње обично рађају једно или два младунца, али већина сисара може да роди неколико младунаца одједном. Рођење неколико младунаца обично значи краћи ембрионални развој у мајчиној утроби.

Код различитих врста сисара, младунци се рађају са различитим степеном спремности за самосталан живот. Тако, код месождера – мачака, вукова, медведа и сличних, младунци се рађају слепи и неспособни да живе без сталне бриге својих мајки. На супрот томе, младунци антилопа и зебри морају брзо да стану на ноге и трче, јер им живот може зависити од тога. Младунци китова и делфина морају бити у стању да пливају одмах након рођења како би испливале на површину воде и удисале ваздух.

Код сисара, након рођења младунца, мајка га храни (доји) мајчиним млеком које се лучи из млечних жлезда. Родитељи брину о својим младунцима у почетном периоду живота. Млади сисари расту и развијају се док не постану одрасли и репродуктивно сазрели, спремни да створе нови живот.

Специфичан начин развоја постоји код групе сисара који се називају торбари, а живе у Аустралији, Океанији и Јужној Америци. У ову групу спадају: кенгури, опосуми, вомбати, коале и други. Код њих, баш као и код плаценталних сисара, оплодња је унутрашња и развој ембриона почиње у материци мајке. Међутим, за разлику од плаценталних сисара, ембрионални развој код торбара је кратак јер материца не може дуго да храни ембрион без плаценте. Младунчад се рађају као „неразвијени ембрион“.

Након рођења, пузе дуж мајчиног крзна до њене торбе на стомаку. У торби је младунчад заштићена од спољних промена и предатора, а тамо се налазе и млечне жлезде. Младунчад се причвршћују за млечну жлезду и завршавају свој развој храњењем млеком.



Незрели ембрион кенгура у мајчиној торби



Одрасла беба у мајчиној торби

Еволуционо најстарији сисари, кљунар и ехидна, једини су сисари код којих се ембрионални развој завршава у јајету ван тела. Зато се називају овипарни сисари. Они полажу јаја из којих се излегу младунци. Затим хране младунце млеком које се у виду капи слива низ крзно на стомаку.



Овипарни сисари: кљунар и ехидна

Активност

Поделите се у мање групе или парове и изаберите сисара (на пример: кљунар, кенгур, слон, мајмун). Истражите на мрежи о врсти размножавања, начину оплодње, развоју младунаца (ембриона), трајању ембрионалног развоја, броју и развоју младунаца итд. Презентујте своје истраживање осталим ученицима и заједно извуците закључак о ембрионалном развоју сисара.

Истражите ...



... ембрионални развој кенгура. Колико дуго се младунче развија у материци, а колико дуго у мајчиној торби?

Проверите шта сте научили

1. Где се ембрион развија након оплодње код већине сисара?
2. Какав је ембрионални развој младунаца код кљунара и ехидне?
3. Како се развијају младунци торбара?
4. Зашто је код сисара неопходан дужи период развоја у материци?
5. Која је функција плаценте у развоју сисара?

Занимљива биологија



Плацента је заједнички орган и представља везу између ембриона и мајке. Она делује као „користан паразит“. Плацента користи очеве гене да биолошки преобликује мајчине крвне судове и прошири их како би обезбедила максималан проток крви до бебе. Ако се ова равнотежа поремети, могу се родити бебе које су превелике или премале.

За разлику од већине копнених сисара који се рађају главом напред, китови се скоро увек рађају репом напред. На овај начин, отвор за дисање главе излази последњи како би се спречило да младунче удахне воду и удави се док је још у порођајном каналу. Одмах након рођења, мајка (а често и „тетке“ – друге женке у јату) гурају младунче на површину како би први пут удахнуло.

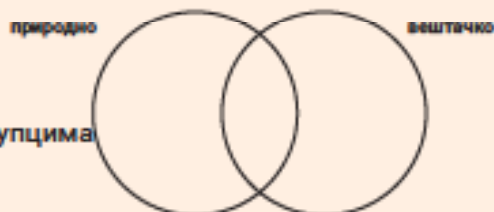
Питања за проверу знања из Теме 2

1. Напишите (Т) за тачно или (Н) за нетачно за следеће тврдње о полно и бесполном размножавању.

Тврдња	Т / Н
1. Полно размножавање омогућава комбиновање генетских информација оба родитеља.	
2. Бесполно размножавање је резултат само једног родитеља и не ствара генетску разноликост.	
3. Полно размножавање обично доводи до бржег раста популације у односу на бесполно размножавање.	
4. Бесполно размножавање често укључује процесе као што су деоба ћелија, пупљење или вегетативно размножавање.	
5. Полно размножавање је економичније и захтева мање енергије од бесполног размножавања.	
6. Полно размножавање доприноси бољем расејавању и распрострањивању у поређењу са бесполним размножавањем.	

2. Упоредите природне и вештачке методе вегетативног размножавања према датим карактеристикама и упишите слова у дијаграм. Које заједничке карактеристике се могу разликовати?

- А – уз активно учешће човека
 Б – без учешћа човека
 В – са модификованим органима
 Г – са лабораторијским техникама и поступцима
 Д – потомство је идентично родитељу
 Ђ – резнице, калемљење, култура ткива
 Е – брзи метод размножавања
 Ж – примена у пољопривреди, воћарству, хортикултури



3. Попуните празна места у табели информацијама о различитим методама вегетативног размножавања биљним органима или њиховим модификацијама, примером биљне врсте са таквим размножавањем и кратким објашњењем процеса.

Метод вегетативног размножавања (орган и порекло)	Пример (која биљка)	Објашњење процеса
		Биљка се може размножавати резницама (стабљика се сече и сади у хранљиво земљиште)
	црни лук, бели лук	
корен		
ризом ()		
		Биљка може да створи нови корен и биљке из листова (окорењивањем листа)
	јагода	

4. Попуните празна места у реченицама.

Цветови који имају прашнике и тучак називају се _____. Први цветни круг састоји се од _____. Они су _____ (боја) и имају _____ функцију. Други круг састоји се од _____. Када су окоцветни листови једнобојни, могу бити _____ или _____. Нектарне жлезде се налазе у _____ и играју улогу у _____.

5. Одговорите на следећа питања.

- Где се формирају мушке и женске полне ћелије код једнодомих и дводомих биљака?
- Која је улога полена у полном размножавању биљака, где се формира и како се распршава?
- Како је грађен тучак и која је функција сваког његовог дела?
- Колико семених земака може бити у тучку и који је њихов значај?

6. Означите и наведите делове на слици и објасните приказани процес.



7. Која је главна разлика у структури семена код монокотиледоних и дикотиледоних биљака?

- Монокотиледони имају један котиледон и одсуство хранљивог ткива.
- Дикотиледони имају два котиледона и веома добро развијено хранљиво ткиво.
- Дикотиледони имају два котиледона и слабо развијено или одсуство хранљивог ткива.
- Монокотиледони су без котиледона и развијеног хранљивог ткива.

8. Поређајте следеће плодове у одговарајуће колоне према њиховим карактеристикама.

малина | орах | пасуљ | пиринач | лешник | купина | трешња | ананас | ротква | шљива | смоква | кајсија | кестен | грашак | пшеница | јечам | боранија | бресква | вишња | соја | купус | маслина

Прости сочни плодови	Прости суви плодови који пуцају	Суви плодови који не пуцају	Сложени плодови

9. Наведите примере саморасејавања код биљака, објашњавајући значај грађе и врсте плода.
10. Зашто је расејавање семена важно и објасните како је грађа плода или семена повезана са начином расејавања?
11. Попуните празна места у реченицама.
- Ако нема довољно влаге у земљишту, онда семе _____.
 - Ако има превише воде и нема кисеоника у околини, семе _____.
 - Ниска температура утиче на дисање, што ће утицати на количину енергије и семе _____.
 - Присуство воде у семену активира _____.
 - Када нема разграђивање резервних супстанци у семену, онда нема довољно хране за _____.
12. Која је предност бесполог размножавања?
- Висока генетска разноликост
 - Брзо стварање потомства
 - Потребна су два родитеља
 - Потомство се разликује од родитеља
13. Одговорите на питања.
- Које полне ћелије учествују у полном размножавању?
 - Који начин размножавања обезбеђује дугорочну стабилност врсте. Објасните зашто.
 - Објасните зашто полно размножавање код животиња, као што су мачка или орао, омогућава већу разноликост потомства.
14. Попуните празна места у реченицама.

Према томе _____ се мушки и женски гамети _____, разликују се две врсте оплодње: спољна и _____ оплодња. Спољна оплодња је најчешће повезана са _____ средином, јер сперматозоиди могу да пливају и доспеју до _____. Спољна оплодња је посебно честа код водених животиња, посебно бескичмењака који имају причвршћени начин живота попут _____, али и слободноживућих облика попут _____.

15. Распоредите следеће животиње на одговарајуће место у табели.

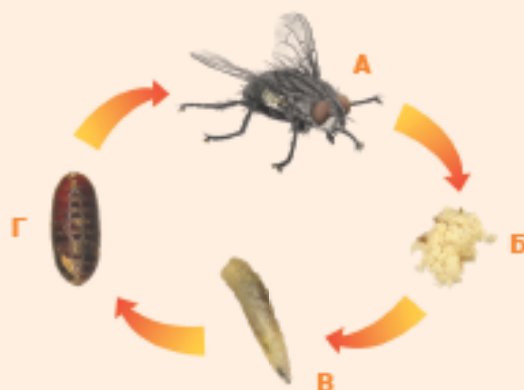
пастрмка | орао | јеж | сунђер | жаба | морски јеж | слепи миш | кит | шаран | даждевњак | голуб | лав | гуштер | шимпанза | шкољка | корњача

Спољна оплодња	Унутрашња оплодња

16. Узгајате рибе у акваријуму и држите пса кућног љубимца у дворишту. Одговорите.
- Која врста оплодње је заступљена код сваке од ових животиња?

б) Објасните зашто је та врста оплодње погодна за окружење у којем живе.

17. Погледајте слику која приказује животни циклус муве.



- а) Која врста развоја је карактеристична за муве?
- б) Како се називају развојне фазе означене словима на слици.
- в) Шта се дешава са органима животиње у фази означеној словом Г?
- г) Како се могу разликовати јединке из фаза А и Б?
- д) Зашто се ова врста развоја тако назива?

- 18. Која врста развоја код бескичмењака је успешнија у смањењу конкуренције за храну – непотпуна или потпуна метаморфозом?
- 19. Упоредите развој ембриона код птице и краве. Објасните коју предност има развој унутар кравље материце?
- 20. Колике су шансе за преживљавање младих риба у поређењу са малим штенацима. Објасните/образложите свој одговор.
- 21. Упоредите индиректни развој код жабе и директан развој код птице. Зашто жаба полаже толико јаја? Како ласта брине о својим младунцима, а како жаба?
- 22. Попуните празна места у реченицама.

Љуска јајета гмизаваца је _____ и разликује се од љуске јајета птица која је _____ и састоји се углавном од _____. Испод љуске птичјих јаја налазе се _____ мембране, једна лежи на љусци, а друга на _____. Беланце је главни извор _____ и _____ за ембрион. _____ је главно „складиште“ хране, богато мастима, витаминима и минералима који су неопходни за енергију и раст младунца.

- 23. Објасните специфичан начин развоја код групе сисара који се називају торбари.

Размножавање и развој код људи

Магија стварања: Како почиње наша прича?

Ова тема истражује пут људског стварања – од ембриона до сложеног организма.

Све почиње сазревањем репродуктивног система у пубертету и чином оплођења, који поставља темеље новог организма. Кроз фазе ембрионалног и феталног развоја, једна ћелија се трансформише у сложени организам спреман за спољашњи свет.

Међутим, тема није само о биологији – она наглашава важност зрелог и одговорног понашања. Планирање породице и заштита од полно преносивих болести представљени су као кључни елементи за очување здравља и свесно управљање сопственом будућношћу.

У овој теми ћете открити како се једна ћелија развија у тако савршено биће као што је човек.

-
- ▶ Мушки и женски репродуктивни органи
 - ▶ Сексуални однос, оплодња код људи
 - ▶ Ембрионални и постембрионални развој/Фетални развој
 - ▶ Трудноћа и порођај
-

- ▶ Људски животни циклус
 - ▶ Контрацепција
 - ▶ Сексуалне/ полно преносиве болести
 - ▶ Планирање породице
 - ▶ Популација – проблеми повећане популације
-



У овој теми ћете научити:

1. да опишете мушки и женски репродуктивни систем код људи, његову грађу и функцију током полног размножавања, добијања нових јединки и наставка људске врсте;
2. да идентификујете фазе људског животног циклуса и да препознате промене које се примећују код људи у свакој појединачној фази;
3. да повежете контрацепцију са планирањем породице, заштитом од сексуално преносивих болести и нежељене трудноће и да сумирате да свака особа има и треба да зна своја сексуална и репродуктивна права;
4. да објасните да стопа наталитета и стопа морталитета утичу на величину популације, а људска популација показује тренд експоненцијалног раста.

3.1 Репродуктивни систем код људи

Уводна активност

Како јединке настављају своју врсту?

Који су различити начини размножавања код биљака и животиња? Која је разлика међу њима?

Који начин размножавања је еволутивно напреднији?

Репродуктивни (полни) систем састављен је од органа чија је главна функција **размножавање** организма и стварање нових јединки, тј. потомства. Репродуктивни систем је различит код мушкараца и жена и прилагођен је за унутрашње оплођење и унутрашњи развој ембриона. Репродуктивни органи код људи налазе се у доњем делу трбушне дупље, у карличном простору, и могу се груписати у спољашње и унутрашње полне органе и жлезде.

Мушки репродуктивни систем

Мушки репродуктивни систем састоји се од унутрашњих полних органа: тестиса, надсеменика, семеновода, простате и уретре и спољашњих полних органа: пениса и скротума (мошнице).

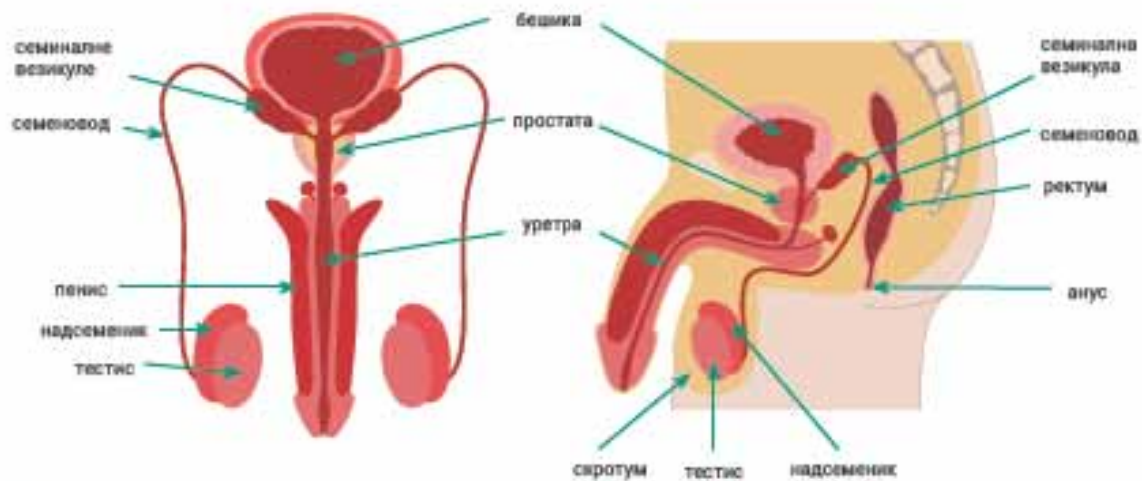
Семеници (тестиси) су парни органи који имају двоструку улогу. Они производе мушке полне ћелије – гамете и луче мушки полни хормон – тестостерон. Имају јајолики облик и налазе се у посебној кожној кесици – **скротуму**, ван тела. Унутрашњост тестиса чине бројни канали у којима се стварају мушки гамети – **сперматозоиди**. У њима се свакодневно стварају милиони сперматозоида, који су у почетку незреле полне ћелије.

Из унутрашњости сваког тестиса настављају се канали који транспортују сперматозоиде до **надсеменика**. Овде полне ћелије сазревају и постају покретне. Из сваког надсеменика излази један **семеновод**, који се протеже кроз трбушну дупљу и повезује се са мокраћним каналом (уретром). На свом путу, семеновод пролази кроз простату.

Простата је орган који се налази испод бешике и у њој се ствара део семене течности. Семена течност је медијум кроз који се сперматозоиди лакше крећу. Већина семене течности се ствара у **семиналним везикулама** које се налазе близу простате. Оне такође луче шећере (фруктозу), који обезбеђују енергију за кретање сперматозоида.

Смеша семене течности и сперматозоида се избацује из тела кроз уретру. Код мушкараца, **мокраћни канал (уретра)** је заједнички дренажни канал и за репродуктивни и за екскреторни систем.

Већи део уретре се налази у **пенису**. Пенис је спољашњи полни орган, састављен од сунђерастог ткива богатог крвним судовима и просторима испуњеним крвљу. Када су простори празни, пенис је опуштен. Током ерекције, простори се пуне крвљу и пенис постаје усправан.



Грађа мушког репродуктивног система (поглед са предње и бочне стране)

Табела: Функција мушких репродуктивних органа

Мушки репродуктивни орган	Функција
Тестис (семеник)	Производња сперматозоида и мушких полних хормона
Надсеменник	Сазревање сперматозоида
Семеновод	Транспорт сперматозоида до уретре
Простата	Производња семене течности
Семинална везикула	Производња семене течности
Уретра	Спровођење сперматозоида ван тела
Пенис	Спровођење и избацивање сперматозоида и урина
Скротум	Заштита тестиса

Женски репродуктивни систем

Женски репродуктивни систем састоји се од унутрашњих гениталних органа: јајника, јајовода, материце и вагине. Спољашњи органи су мале и велике усне и осетљиви део, назван клиторис.

Јајници су женски генитални органи изгледа, облика и величине бадема. Јајници такође имају двоструку улогу, да стварају женске полне ћелије – јајне ћелије и да луче полне хормоне (естроген и прогестерон). То су парни органи и налазе се у доњем делу трбушне дупље.

Унутар јајника, под утицајем хормона из хипофизе, стимулише се сазревање и ослобађање женских гамета – **јајних ћелија**. Јајне ћелије се формирају у такозваним фоликулима у којима се одвија процес њиховог сазревања. Чак и пре рођења, јајници садр-

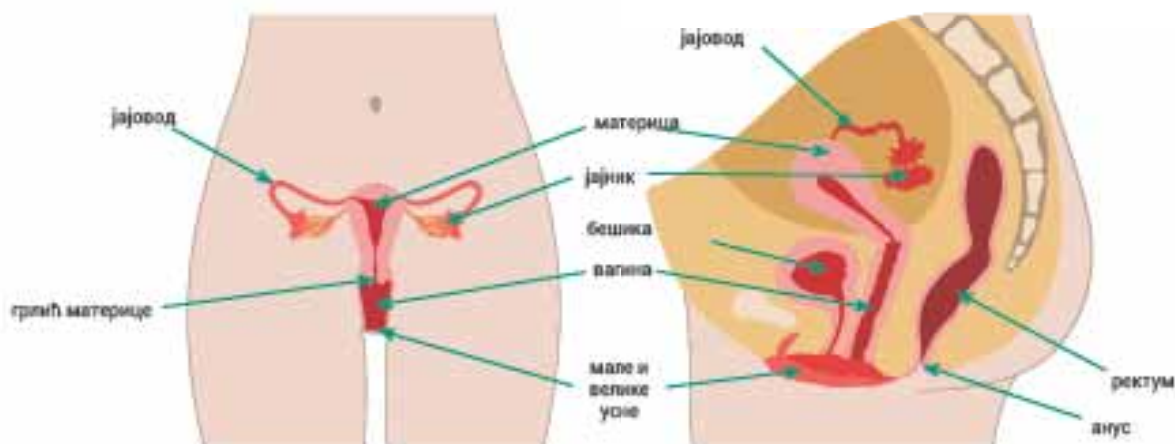
же од 1 до 2 милиона незрелих јајних ћелија. Оне су у стању мировања до пубертета када се њихов број смањује на око 300 до 400 хиљада.

Јајоводи су мишићаве цеви дужине око 12 cm. Слободан крај јајовода има ресасте наставке и налази се близу јајника, а други крај је повезан са материцом. Када јајна ћелија напусти јајник, ресасти наставци је прихватају и воде кроз јајовод. Унутрашњи зид јајовода је обложен трепљама које омогућавају транспорт јајне ћелије до материце. Оплођење јајне ћелије најчешће се дешава у јајоводу, тачније у његовој првој трећини.

Материца је мишићави орган који се налази дубоко у карличној дупљи и облика је обрнуте крушке. Повезана је са јајоводима кроз које јајна ћелија стиже у њу. Током трудноће, плод се развија у материци. Унутрашњи зид материце је посебна врста епитела која се назива ендометријум, у који се оплођена јајна ћелија усађује, или, ако није оплођена, избацује се приликом менструације.

Доњи део материце се сужава и формира **грлић материце** (цервикс). Повезан је са порођајним каналом - **вагином**, која се отвара према спољашњој средини. Вагина има улогу прихватања сперме током сексуалног односа.

Велике и мале усне су део спољашњих женских репродуктивних органа чија је функција да заштите унутрашњост вагине од спољашњих утицаја. Клиторис је мали, веома осетљив орган, који се налази у предњем делу између малих усана. Богато је снабдевен нервним завршцима и игра важну улогу током сексуалног односа.



Грађа женског репродуктивног система (поглед са предње и бочне стране)

Табела: Функција женских гениталних органа

Женски полни орган	Функција
Јајник	Стварање јајних ћелија и женских полних хормона
Јајовод	Пренос јајних ћелија из јајника у материцу, место где долази до оплођења јајне ћелије
Материца	Развој плода
Вагина	Место за уношење сперматозоида

Активност**Пут сперматозоида и јајне ћелије**

Ваш наставник ће вам дати картонске стрелице, картице са репродуктивним органима (јајник, јајовод, материца, вагина, тестис, надсеменик, семеновод, уретра) и велики лист папира.

Поставите картице са мушким и женским полним органима и користите стрелице да означите путању којом се сперматозоид и јајна ћелија крећу. Опишите редослед органа у репродуктивном систему, путању којом се крећу гамети и функцију сваког органа.

Проверите шта сте научили

1. Наведите мушке и женске полне органе.
2. Упоредите тестисе и јајнике.
3. Где се производе мушки и женски гамети и како се називају?
4. Која је улога уретре код мушкараца?
5. Која је функција материце?

Истражите ...

... да ли тестиси и јајници производе полне хормоне супротног пола и која је њихова улога.

Занимљива биологија

Температура тестиса је око 2–3 °C нижа од телесне температуре, што је неопходно за стварање сперматозоида. Због тога се налазе ван тела.

Код полно зрелих мушкараца, сперматозоиди се стално стварају. Просечан мушкарац производи око 1 500 сперматозоида сваке секунде, што је преко 100 милиона дневно.

За разлику од мушкараца, жене се рађају са свим јајним ћелијама које ће икада имати (око 1 до 2 милиона). До пубертета, тај број се смањује на око 300 000, а само око 400–500 њих ће бити ослобођено током њиховог живота.

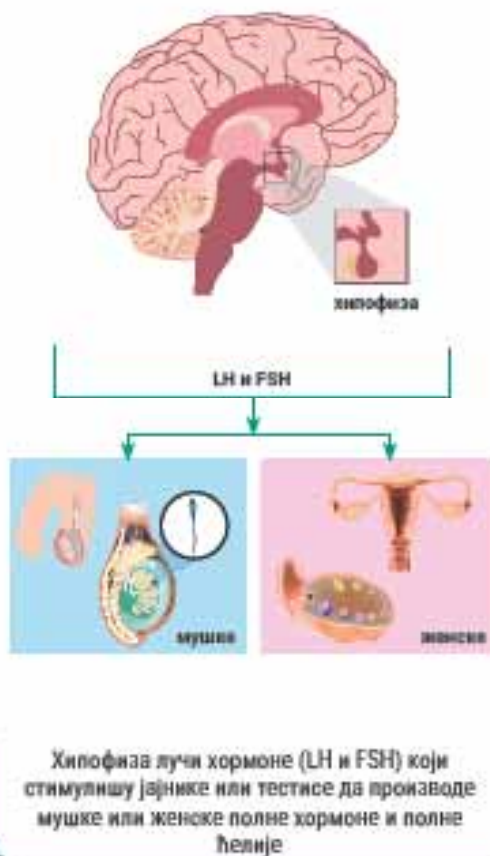
3.2 Полно сазревање код људи

Уводна активност

Разговарајте о томе шта значи полна зрелост? У ком периоду живота мислите да се јавља полна зрелост? Како се називају мушке и женске полне ћелије?

Мушки и женски репродуктивни органи одређују **примарне полне карактеристике** код људи. Они одређују пол јединке. Раст и развој дечака и девојчица је приближно исти до отприлике десете године. У том узрасту људи улазе у пубертет. **Пубертет** је фаза људског живота у којој дечаки и девојчице достижу полну зрелост и постају способни за размножавање.

Полно сазревање покрећу посебне супстанце које се називају хормони. **Хормони** су активне супстанце које се производе у веома малим количинама, у ендокриним жлездама, и директно се луче у крв. Хипофиза (жлезда која се налази у мозгу) почиње да ослобађа хормоне (LH – лутеинизирајући хормон и FSH – фоликулостимулишући хормон) који стимулишу јајнике (код девојчица) или тестисе (код дечака) да производе мушке или женске полне хормоне (тестостерон или естроген). Под утицајем полних хормона, **секундарне полне карактеристике** се јављају и код дечака и девојчица. Од тада почиње функционисање мушког и женског репродуктивног система, односно почиње производња јајних ћелија и сперматозоида.



Менструални циклус - стварање зреле јајне ћелије

Јајне ћелије су женске полне ћелије (гамети). Имају округли облик. То су највеће ћелије у људском телу. Унутар њих се налази цитоплазма богата хранљивим материјама које помажу ембриону у најранијим фазама развоја.

Иако јајници код девојчица садрже све потенцијалне јајне ћелије, оне не почињу да сазревају до пубертета. Код девојчица, месечно крварење или менструација се јавља током пубертета. Међутим, менструација је само део цикличног процеса који

се назива менструални циклус. **Менструални циклус** обухвата низ месечних промена у женском телу (промене у јајницима, материци и хормонима) које производе зrelu јајну ћелију и припремају тело за потенцијалну трудноћу.

Дужина менструалног циклуса варира, али у просеку је 28 дана, при чему је први дан почетак крварења (менструације). Свака жена је другачија и менструални циклус може варијати од особе до особе. Временом се успоставља стабилан и редован менструални циклус.

Менструални циклус се може поделити у 4 фазе.

- **Прва фаза – Менструална фаза (од 1. до 5. дана)**

Први дан крварења означава почетак менструалног циклуса. Током овог периода, ендометријум (унутрашњи зид материце) се разграђује и избацује преко крварења јер није дошло до оплодње.

- **Друга фаза – Фоликуларна фаза (од 1. до 14. дана, паралелно са менструалном фазом)**

Током ове фазе, повећава се лучење FSH (фоликулостимулирајућег хормона) из хипофизе. Под његовим дејством, раст и sazревање фоликула у јајницима почиње снажно да се стимулише. Обично у јајнику sazрева по један фоликул који се назива **Графов фоликул**. Он лучи **естроген**, па ниво овог хормона у крви почиње да расте. Естроген обнавља и задебљава ендометријум, припремајући га за могући пријем оплођене јајне ћелије. Висок ниво естрогена сигнализира хипофизи да ослобађа више LH (лутеинизујућег хормона).

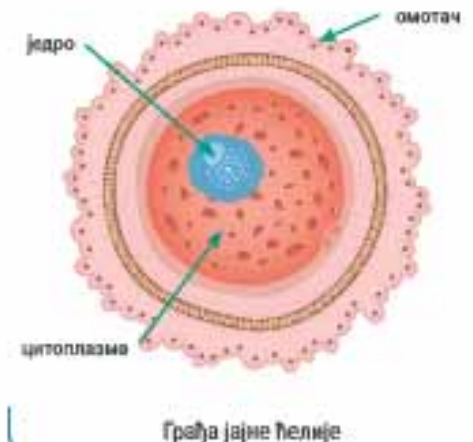
- **Трећа фаза – Овулација (14. дан циклуса)**

Високи нивои LH узрокују пуцање Графовог фоликула и ослобађање зреле јајне ћелије из јајника. Ослобађање зреле јајне ћелије назива се **овулација** и траје само један дан (око 14. дана). Након овулације, јајна ћелија наставља путовање кроз јајовод. Ако се сусретне са сперматозоидом, може бити оплођена..

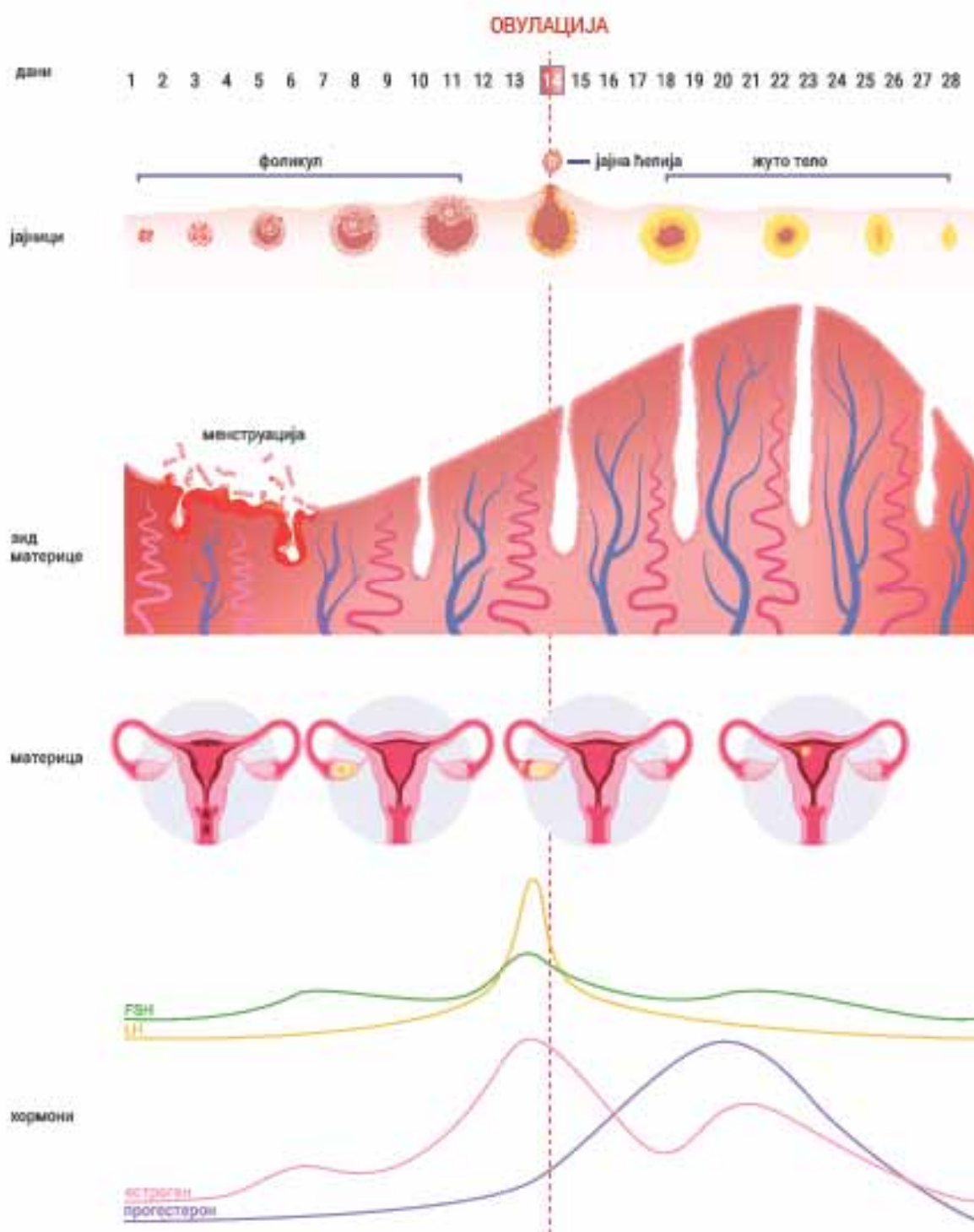
- **Четврта фаза – Лутеална фаза или формирање жутог тела (15. до 28. дан)**

Након овулације, остатак Графовог фоликула се претвара у структуру која се назива **жуто тело**. Жуто тело почиње да лучи велике количине **прогестерона** и мање количине естрогена. Прогестерон стабилизује и додатно задебљава ендометријум, стварајући идеалне услове ако дође до оплодње и имплантације оплођене јајне ћелије.

Ако се јајна ћелија не оплоди, жуто тело се постепено разграђује, а са њим се смањује и количина естрогена и прогестерона у крви. Смањење прогестерона и естрогена је сигнал да се ендометријум више не може одржавати и почиње његово уклањање путем крварења (менструације). Јајна ћелија се такође разграђује и избацује заједно са ендометријумом.



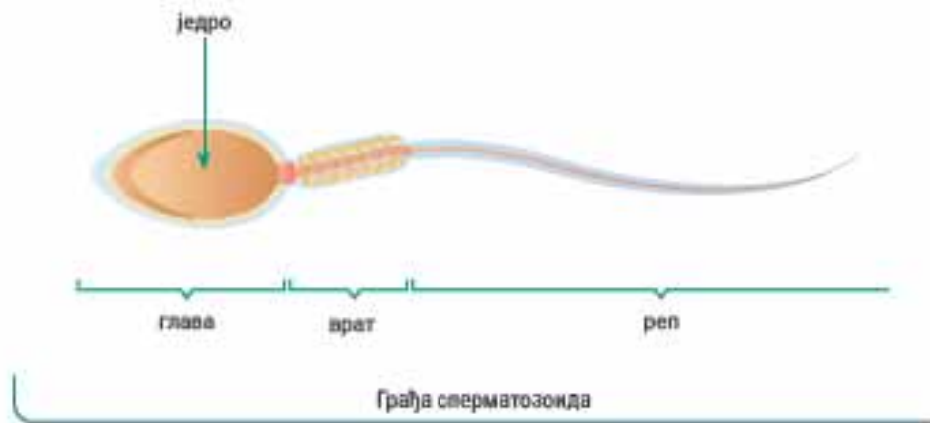
Ако дође до трудноће, нивои естрогена и прогестерона значајно се повећавају и остају високи током целе трудноће како би се одржао и подржао развој фетуса.



Шематски приказ промена у јајницима, зиду материце и количинама хормона хипофизе (LH и FSH) и хормона јајника (естроген и прогестерон) током менструалног циклуса

Стварање зрелих сперматозоида

Сперматозоиди су мушке полне ћелије. То су специјализоване ћелије које имају карактеристичан издужени облик са јасно дефинисаном главом и дугим репом који им омогућава активно кретање. Глава садржи једро са генетским материјалом. Имају малу количину цитоплазме. Захваљујући својој покретљивости, сперматозоиди могу пронаћи и оплодити јајну ћелију.

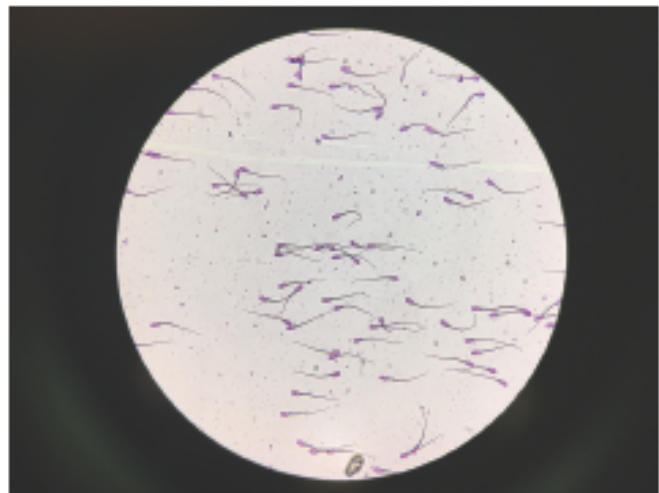


За разлику од девојчица, које од рођења имају велики број фоликула у јајницима, код дечака се сперматозоиди почињу производити тек током пубертета.

Сперматозоиди се стварају у семиниферним тубулама у тестисима под утицајем хормона **тестостерона**, који се тамо производи. Затим се транспортују до надсеменика. Тамо сазревају током периода од 10-15 дана, стичући способност кретања и оплодње. Зрели, покретни сперматозоиди се чувају у посебном делу надсеменика, где остају неколико недеља.

Процес стварања зрелих сперматозоида траје око 64-72 дана. Мушкарци стварају милионе нових гамета сваког дана, и то се наставља током целог њиховог живота.

Ако у крви нема довољно тестостерона, процес производње мушких полних ћелија се успорава или је поремећен. То може проузроковати смањен број сперматозоида и проблеме са плодношћу.



Сперматозоиди посматрани под микроскопом при увећању од 40 пута

Активност

Размотрите дијаграм који приказује дебљину зида материце током менструалног циклуса и одговорите на питања:

- Када се зид материце задебља?
- Када се зид материце тањи?
- Када се јавља менструација?
- Како се менструални циклус израчунава нумерички?
- Када се ослобађа јајна ћелија?
- Како изгледа слузокожа материце када се јајна ћелија ослободи?
- Колико дуго траје менструални циклус на датом дијаграму?

Проверите шта сте научили

1. Шта се дешава са мушким и женским репродуктивним системом током пубертета?
2. Који хормони се производе у јајницима, а који у тестисима?
3. Које су фазе менструалног циклуса?
4. Шта је Графов фоликул?
5. Која је улога естрогена и прогестерона у менструалном циклусу?
6. Како почиње производња сперматозоида током пубертета?

Истражите ...



...о томе како стрес, исхрана, физичка активност или одређене болести могу утицати на сазревање и функцију полних ћелија.

Занимљива биологија



Јајна ћелија је највећа ћелија у људском телу. Има пречник од око 0,1 милиметара. С друге стране, сперматозоид је око 20 пута мањи од ње. Величина јајне ћелије је последица чињенице да мора да садржи резерве хранљивих материја за развој ембриона док се не причврсти за зид материце.

3.3 Оплодња код људи

Уводна активност

Шта се дешава са јајном ћелијом након овулације?

Који метод оплодње је карактеристичан за сисаре и зашто?

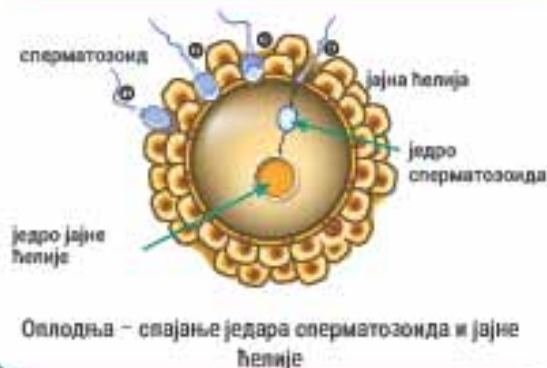
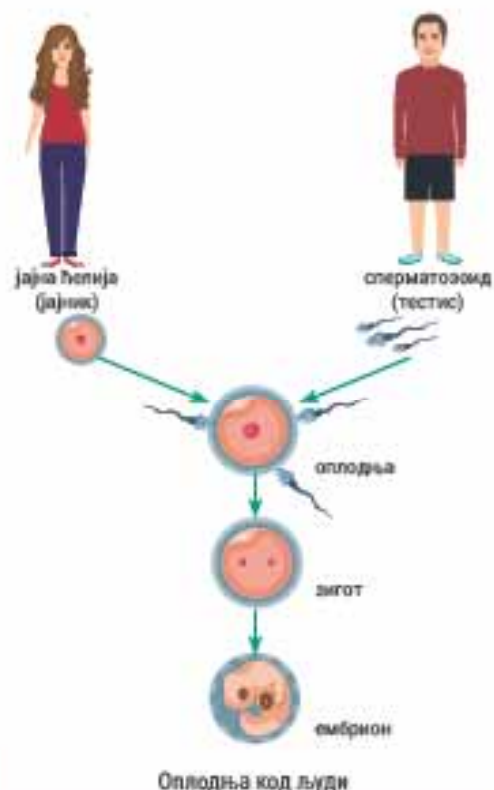
Где се нова јединка развија код сисара и који су услови неопходни за њен развој?

Људска репродукција је сложен процес који почиње полним односом. Процес којим се сперма (мешавина сперматозоида и семене течности) избацује кроз пенис у тело жене назива се **ејакулација**. Током сексуалног односа, односно ејакулације, велики број сперматозоида улази у вагину жене. Они пливају кроз грлић материце уз помоћ својих репова, пролазе кроз материцу и улазе у јајоводе.

Ако се у јајоводима налази зрела јајна ћелија (након овулације), сперматозоиди се окупе око ње и, уз помоћ ензима, растварају њен омотач. Од великог броја сперматозоида, само један ће успети да продре у цитоплазму јајне ћелије и језгро сперматозоида ће се спојити са језгром јајне ћелије. Треба нагласити да само глава сперматозоида, где се налази језгро, улази у унутрашњост јајне ћелије, док врат и реп остају изван ње.

Процес спајања једра сперматозоида и једра јајне ћелије назива се **оплодња**. Резултат је зигот (оплођена јајна ћелија).

Након овулације, ослобођена јајна ћелија може бити оплођена око 24 сата, док сперматозоиди могу остати активни у телу жене 3 до 5 дана. Постоји само кратак период од око 4 дана сваког месеца када може доћи до оплодње.



Током оплодње и формирања зигота, генетски материјал из сперматозоида и јајне ћелије се комбинује. Из зигота почиње да се развија нова јединка, која ће имати јединствену комбинацију гена примљених од оба родитеља.



Зигот носи комбинацију генетског материјала родитеља



Микрографија оплођене јајне ћелије – зигота, са два видљива једра

Бливанци

Код људи се најчешће оплођује једна јајна ћелија, из које се развија једна јединка. Међутим, понекад две или више јајних ћелија сазревају и оплоде се отприлике у исто време. Тада се у материци истовремено развија више јединки, па кажемо да се формирају **бливанци**. Најчешће се развијају и рађају две бебе одједном (бливанци), али понекад се могу родити тројке, четворке, а веома ретко се јављају вишеструке трудноће.

Разликујемо две врсте бливанца: идентичне и неидентичне бливанце.

Идентични бливанци су две јединке које се развијају из једне јајне ћелије оплођене једним сперматозоидом. Добијени зигот се рано дели на две одвојене структуре које се настављају развијати одвојено. Оне ће се развити у два ембриона која имају идентичне гене и увек су истог пола. Идентични бливанци имају исту генетску гарнитуру, па су физички веома слични.

Неидентични бливанци се развијају из две различите јајне ћелије оплођене од стране два сперматозоида. То се дешава када у јајницима има више овулација у истом менструалном циклусу. Свака оплођена јајна ћелија се развија одвојено и формира ембрион. Неидентични бливанци могу бити истог или различитог пола, јер немају исти генетски материјал. Слични су као и друга браћа и сестре који нису бливанци.



Шематски приказ развоја бливанца

Активност

Подељени у мање групе, направите кратку презентацију под називом „Путовање сперматозоида“, у којој ћете представити путовање сперматозоида од тестиса до јајне ћелије, њену оплодњу у јајоводу, спуштање оплођене јајне ћелије у материцу и њено унежђивање у зид материце. Затим презентујте ученицима и кроз дискусију утврдите тачност.

Проверите шта сте научили

1. Како бисте објаснили термин оплодња? Где се дешава?
2. Кроз које женске репродуктивне органе пролазе сперматозоиди да би оплодили јајну ћелију?
3. Шта је зигот?
4. Како се формирају близанци?
5. Која је разлика између идентичних и неидентичних близанаца?

Истражите ...



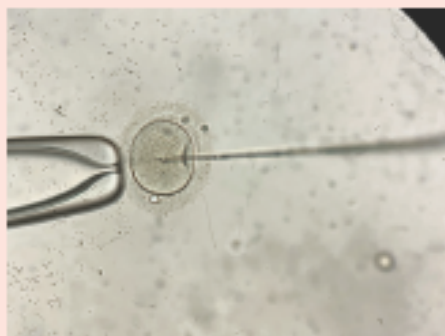
... како јајна ћелија привлачи сперматозоиде.

Занимљива биологија



Око 500 милиона сперматозоида улази у вагину, али само један сперматозоид ће оплодити јајну ћелију. Преостали сперматозоиди ће угинут. Сперматозоиди пливају ритмичним покретима репа. У женском репродуктивном систему, морају да пређу раздаљину од око 15-20 cm, што је за њих веома дуга и тешка трка. Прва препрека је вагина, где је средина кисела, готово непријатељска, па већина сперматозоида одмах угине. Следећа зона је материца, где их њене контракције гурају напред, али их бела крвна зрнца препознају као страна тела и нападају. Затим морају да „одлуче“ да ли да скрену лево или десно и изаберу одговарајући јајовод. Коначно, након што пронађу јајну ћелију, разбијају све одбрамбене слојеве око ње. На крају, само један сперматозоид је победник!

Вештачка оплодња је медицински поступак који помаже паровима који имају потешкоћа да природно добију дете. У овом поступку, женска јајна ћелија и мушки сперматозоид се спајају ван тела, у лабораторији. Када дође до оплодње и формира се ембрион, он се пажљиво убацује у материцу жене, где наставља да се нормално развија. Прва таква беба на свету била је Луиз Браун, рођена 1978. године, а данас је она одрасла особа која има своју децу зачету природним путем. То показује да се бебе зачете вештачком оплодњом развијају на исти начин као и друга деца.



3.4 Ембрионални развој

Уводна активност

Које ћелије учествују у стварању новог организма? Како се зове прва ћелија која се формира након оплодње? Како се цео организам може развити из једне ћелије?

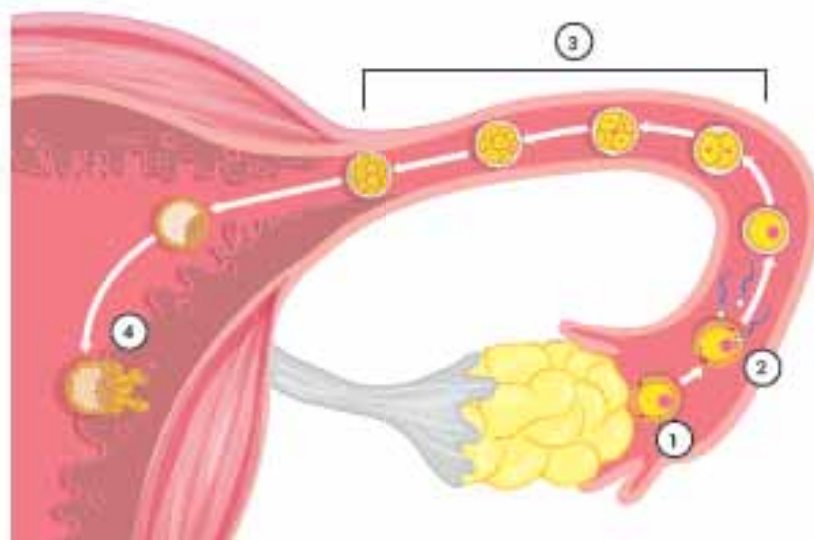
Свака полна ћелија код људи (јајна ћелија или сперматозоид) носи 23 хромозома у свом једру, половину броја хромозома које имају остале (телесне) ћелије код људи. Њиховим спајањем (оплодњом) добија се зигот са 46 хромозома (23 из сперматозоида и 23 из јајне ћелије).

Ових 46 хромозома је распоређено у 23 пара. Од њих, 22 пара се називају **телесни хромозоми**, а хромозоми у последњем – 23. пару, називају се **полни хромозоми**. Полни хромозоми одређују пол бебе. Постоје два полна хромозома – X и Y (означени великим латиничним словима). Женске јединке имају пар X хромозома (XX), а мушкарци један X и један Y хромозом (XY). Током формирања, сваки гамет добија само један полни хромозом, тако да јајна ћелија садржи само X хромозом, а сперматозоид може имати или X или Y хромозом. У зависности од тога који полни хромозом носи сперматозоид који оплоди јајну ћелију, зигот се развија у мушку или женску јединку.



Након оплодње, зигот, крећући се кроз јајовод, почиње да се дели, и свака од нових ћелија се поново дели док се не формира вишећелијска структура у облику лоптице која се спушта кроз јајовод до материце. Ова вишећелијска структура се назива **ембрион**.

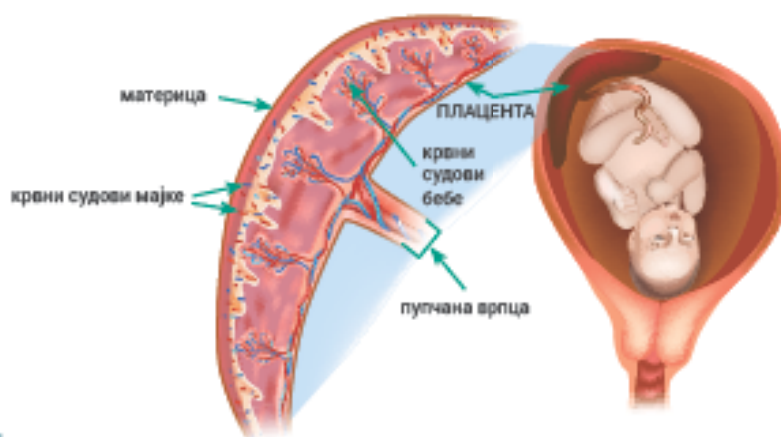
Након 6 – 7 дана, ембрион се угнежђује у зид материце. Овај процес се назива **имплантација**. Материца пружа безбедно окружење за раст и развој, константну температуру, довољну исхрану и заштиту за ембрион у развоју.



Процес овулације (1), оплодње (2), формирања ембриона (3) и имплантације ембриона (4) у задебљали энд метрице

Након имплантације, деоба ћелија се наставља. Да би се правилно развио, ембриону су потребни храна и кисеоник. Стога се у материци развија привремени орган у облику диска који се назива **плацента**. Плацента је повезана са зидом материце мајке са једне стране и са ембрионом са друге стране преко **пупчане врпце**.

Плацента садржи бројне крвне судове који носе крв богату хранљивим материјама и кисеоником од мајке. Крв ембриона стиже до плаценте преко крвних судова у пупчаној врпци. Кроз танке зидове крвних судова, хранљиве материје и кисеоник из мајчине крви (из плаценте) улазе у крвне судове ембриона селективном дифузијом. Истовремено, отпадни производи из ембриона се преносе у мајчину крв, која их носи до њеног тела, а затим их избацује у спољашњу средину. То значи да се мајчина крв не меша директно са крвљу ембриона.



Шематски приказ грађе плаценте

У материци, ембрион је споља окружен амнионском мембраном. Ова мембрана ствара амнионску течност – **амнион** у којој ембрион „плива“ током целог свог ембрионалног развоја. Амнион му пружа заштиту од потреса и удараца.



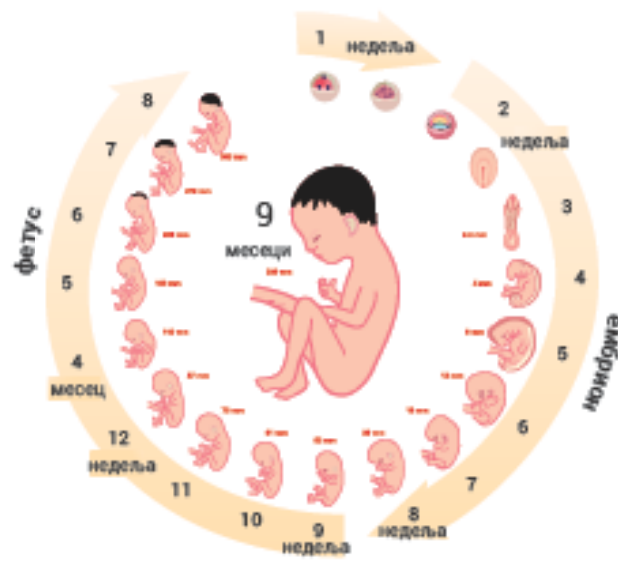
Развој ембриона у материци

Свака особа почиње свој развој из једне ћелије. Ембрионални развој бебе траје око 280 дана или 40 недеља и овај период се назива **трудноћа**. Почиње одмах након оплодње јајне ћелије, првом деобом зигота, а завршава се рађањем.

Током трудноће, из оплођене јајне ћелије бројним деобама и специјализацијом ћелија, развиће се сва ткива и органи и формираће се беба која мора да настави свој развој ван мајке.

Од оплодње до краја 8. недеље трудноће, нова јединка се назива **ембрион**. Током овог периода, она брзо расте и развија се. У почетку је веома мали и једва видљив, док до краја осме недеље достиже дужину од приближно 2,5 до 3 центиметра. Током овог периода, сви главни органи почињу да се развијају, срце већ активно куца и пумпа крв кроз крвне судове. Срчана акција у ембриону почиње веома рано, око 22.-23. дана након оплодње.

Од девете недеље трудноће до рођења, нова јединка се назива **фетус**. Органи и системи органа који су се формирали у ембрионалној фази настављају да расту, сазревају и усавршавају своју функцију. Фетус значајно повећава величину и тежину, појављују се први покрети, а тело постепено поприма из-

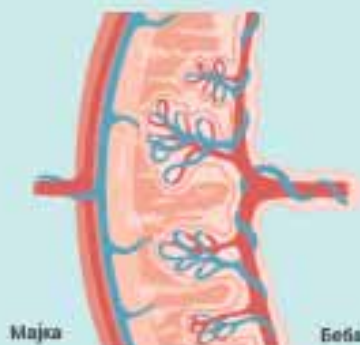


Ембрионални развој

глед сличан новорођенчету. На крају трудноће, фетус је потпуно развијен и спреман за рођење.

Активност

На дијаграму који ћете добити од наставника/наставнице, означите стрелицама кретање кисеоника и хранљивих материја од мајке до ембриона/фетуса и кретање угљен-диоксида и других отпадних производа од ембриона/фетуса до мајке.



Проверите шта сте научили

1. Који хромозоми одређују пол?
2. Како се формира ембрион и где се имплантира?
3. Како се ембрион снабдева храном и кисеоником?
4. Која је функција амнионске течности?
5. Који период се назива трудноћа и колико траје код људи?
6. Која је разлика између ембриона и фетуса?
7. Који родитељ одређује пол нове јединке (бебе)?

Истражите ...



... развој људског фетуса, посебно фазе до 8. недеље, до 11. недеље и у време рађања. Опишите спољашњи изглед ембриона/фетуса, његову дужину и развој органа у свакој фази.

Занимљива биологија



Ћелије фетуса могу остати у мајчином телу годинама након порођаја. Ово је научно доказани феномен који се назива фетални микрохимеризам. Феталне ћелије (од бебе) могу прећи преко плаценте у у мајчину крв и ткива током трудноће и настанити се у различитим органима. Оне могу остати тако неколико деценија након што се беба роди.

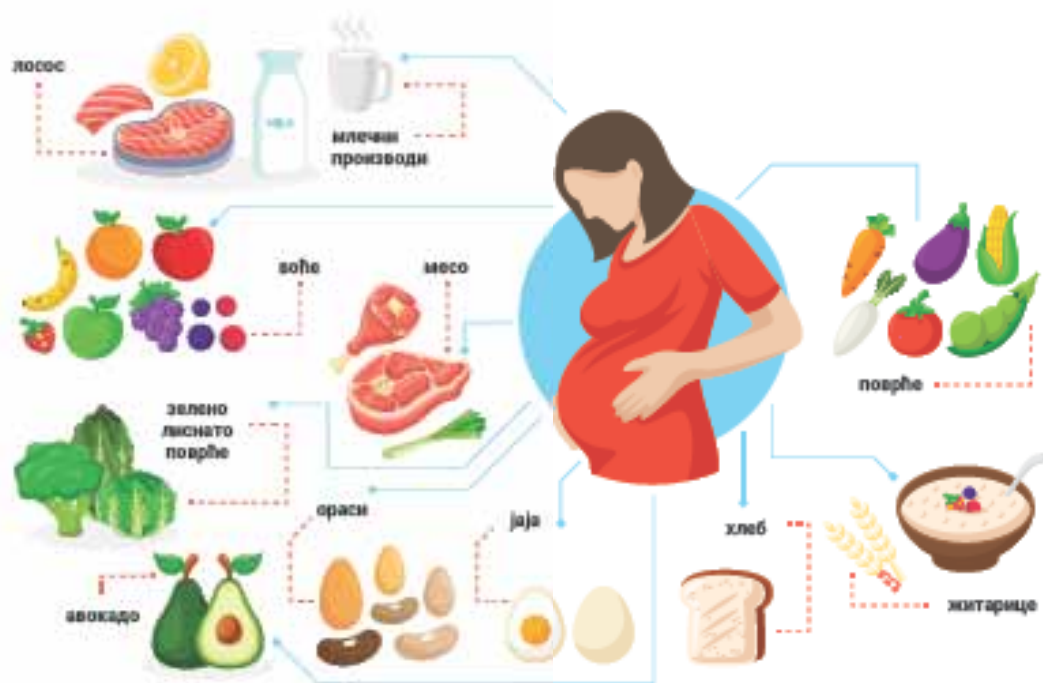
3.5 Одржавање здравља током трудноће

Уводна активност

Направите списак здравих навика које мајка треба да практикује током трудноће. Зашто су сан, редовне шетње и умерена физичка активност важни за трудницу? Коју храну и пића мислите да мајка треба да конзумира, а шта треба да избегава?

Развој бебе пре порођаја зависи од здравља и начина живота мајке. Стога, бринући се о свом здрављу током трудноће, мајка брине и о здрављу своје бебе.

Велики део супстанци које мајка уноси у свој организам кроз плаценту лако може прећи у крвоток бебе. Стога је правилна и разноврсна исхрана веома важна за нормалан развој бебе. Уравнотежена исхрана треба да садржи производе који садрже угљене хидрате, протеине, масти, витамине и минерале. Посебно су важни фолна киселина, гвожђе, магнезијум и калцијум, који доприносе правилном развоју органа, костију и крви фетуса.



Намирнице које се препоручују током трудноће

Фолна киселина је витамин Б (Б9), који је веома важан за здравље, посебно за развој бебе. Помаже у синтези ДНК и формирању нових ћелија. Недостатак фолне киселине може довести до поремећаја у развоју нервног система бебе. Намирнице богате фолном киселином су зелено лиснато поврће (спанаћ, броколи), сочиво, пасуљ, грашак, јаја и млеко, житарице итд. Због његовог великог значаја, препоручује се додатни унос овог витамина у првим месецима трудноће.



Храна богата фолном киселином, витамином Б9

Гвожђе је минерал потребан за стварање хемоглобина, који се налази у црвеним крвним зрнцима и одговоран је за транспорт кисеоника. Недовољно гвожђа током трудноће може изазвати анемију - смањен број црвених крвних зрнаца, а самим тим и недостатак кисеоника. Ако мајка нема довољно гвожђа, ни беба не добија довољно кисеоника, што може успорити њен раст и развој. Намирнице богате гвожђем укључују месо, рибу, јаја, пасуљ, сочиво и лиснато зелено поврће.



Намирнице богате гвожђем

Калцијум је минерал који је кључан за развој костију бебе. Такође је потребан за правилно функционисање мишића и нервног система. Недостатак калцијума код мајке може пореметити развој скелета фетуса и довести до слабљења костију мајке. Калцијум се налази у млеку, јогурту, сиру, броколију, орашастим плодовима итд.



Намирнице богате калцијумом

Поред исхране, за здраву трудноћу се препоручује и око 2,5 сата недељно умерене активности (ходање, пливање), осим ако лекар не препоручи другачије, и довољан одмор по потреби. Трудницама се препоручује и пренатална нега - редовни прегледи код лекара, узимање прописаних пренаталних суплемената (посебно фолне киселине и гвожђа) и одржавање здравог повећања телесне тежине према савету лекара.

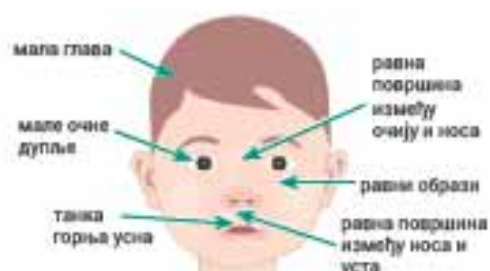
Одређене супстанце и навике штетно утичу на развој бебе. Што се тиче исхране, не препоручују се слатка, масна и слана храна и непастеризовани млечни производи, као ни прекомерне количине кафе. Треба избегавати сирово или недовољно кувано месо, јаја, морске плодове итд. због ризика од салмонеле. Треба избегавати употребу цакузија и сауна, као и чишћење мајчег песка због ризика од токсоплазмозе.

Познато је да конзумирање **алкохола** током трудноће може изазвати оштећење ембриона. Алкохол присутан у мајчиној крви лако прелази у крв бебе. Беба нема развијену јетру за разградњу алкохола, па то доводи до оштећења мозга и органа.

Када одрасту, таква деца имају проблема са учењем и памћењем, а имају и карактеристичан изглед. Ова појава се назива **фетални алкохолни синдром (ФАС)**. Фетални алкохолни синдром је озбиљан поремећај и представља трајно стање које се не може излечити. Уз правилну подршку и негу, квалитет живота детета са ФАС-ом може се побољшати.

Употреба **дрога** попут кокаина и хероина током трудноће има штетан утицај на развој бебе (фетуса). Дроге, попут алкохола, лако улазе у бебин организам кроз плаценту и могу изазвати озбиљне последице као што су: превремени порођај, мала порођајна тежина, оштећени развој мозга, срчане и друге урођене аномалије и тешкоће након порођаја. Употреба дрога од стране мајке такође може изазвати зависност од дрога код новорођенчета.

Пушење дувана (цигарета) има штетан утицај на репродуктивни процес и код мушараца и код жена. Дим цигарете садржи велики број токсичних супстанци које негативно утичу на здравље бебе током њеног развоја у материци. Ове штетне супстанце, пре свега никотин, доспевају до бебе кроз плаценту и смањују количину кисеоника коју прима. Истовремено, никотин може убрзати срчани ритам бебе. Као резултат пушења цигарета, постоји повећан ризик од побачаја, успорен раст и развој бебе, мања порођајна тежина и повећан ризик од превременог порођаја. Бебе изложене диму цигарете имају већу вероватноћу да имају проблеме са дисањем, инфекције као и нарушени развој плућа и мозга.



Карактеристичан изглед детета са феталним алкохолним синдромом



Супстанце које не треба користити током трудноће

Стога је од највеће важности да мајка не конзумира алкохол, дроге, не пуши цигарете или не користи друге штетне супстанце током трудноће.

Лекове такође треба избегавати током трудноће, јер могу утицати на здравље фетуса. Стога, трудница треба да узима лекове само по препоруци и под надзором свог гинеколога или породичног лекара.

Одређене болести такође могу негативно утицати на развој фетуса. Особе са дијабетесом не могу да регулишу нормалан ниво шећера у крви. Висок ниво шећера у крви код мајке током трудноће може довести до повећања телесне тежине код бебе, поремећаја у развоју органа, посебно срца, а понекад и до превременог порођаја.

Маларија је болест коју изазивају протозое, а преноси је маларични комарац. Ако се трудница зарази, болест може изазвати слаб раст и анемију код фетуса. Болест је честа у тропским регионима и стога, за путовање у те земље, треба примити вакцину против маларије.

Рубеола је вирусна болест и ако се мајка зарази у првих 12 недеља трудноће, може доћи до озбиљног оштећења слуха, вида и срца бебе. Да би се спречила таква стања током трудноће, девојнице се требају вакцинисати против вируса рубеоле.

Уринарни и генитални органи често могу бити заражени разним инфекцијама изазваним вирусима и бактеријама. Због близине ових органа материци, инфекције се лако могу проширити и заразити фетус. Најчешће болести гениталних органа су хламидија, гонореја, сифилис, генитални херпес, ХПВ инфекција итд.

Стога су здрава исхрана, избегавање штетних навика и редовна здравствена заштита од пресудног значаја за здраву трудноћу.

Редовни лекарски прегледи су кључни за праћење правилног развоја фетуса и благовремено откривање потенцијалних здравствених ризика код мајке. Они пружају стручне савете о исхрани и начину живота, што значајно смањује шансе за компликације током трудноће.



Медицинска контрола током трудноће

Активност**Здравствена заштита мајке током трудноће**

Направите брошуру са саветима и бригом о здрављу мајке током трудноће. Брошура треба да садржи:

- Која врста исхране је потребна током трудноће и зашто?
- Анализирајте како пушење, алкохол и дроге могу негативно утицати на зачеће и развој фетуса. Наведите конкретне последице по здравље бебе.
- Опишите како се одређене болести код мајке могу пренети на фетус или утицати на њега.
- Објасните зашто су редовни лекарски прегледи важни током трудноће.
- Извуците закључак о томе како исхрана, пушење, алкохол, дроге и болести могу утицати на зачеће, раст и развој фетуса.

Проверите шта сте научили

1. Коју храну мајка треба да конзумира током трудноће, а коју храну треба да избегава?
2. Зашто је важно да мајка има довољно витамина Б9 (фолне киселине) у свом телу?
3. Која је улога гвожђа у развоју фетуса и у којим намирницама га има највише?
4. Зашто алкохол има негативне последице по развој бебе?
5. Како пушење током трудноће утиче на развој бебе?

Истражите ...

... о дијабетесу током трудноће.

Занимљива биологија

Током трудноће, мајчино срце пумпа до 50 % више крви него обично како би беби обезбедило кисеоник и хранљиве материје. Стога је брига о здрављу мајке кључна за здравље бебе.

Све што мајка једе током трудноће може променити „укус“ амнионске течности која је окружује. Беба „осећа“ овај укус док је још у материци и касније може лакше да прихвати исте укусе када почне да једе чврсту храну!

3.6 Раѓање

Уводна активност

Објасните шта се дешава са фетусом када је ембрионални развој завршен.
Како мајка зна да ће се породити?
Да ли је рођење бебе случајно? У којој фази трудноће се то дешава? Објасните.

Раѓање (порођај) је процес којим се трудноћа завршава и беба излази у спољашњи свет. Порођај је природан и веома сложен процес који се дешава када је фетус потпуно развијен и спреман за живот ван мајчиног тела. Најчешће, неколико дана пре порођаја, када је спремна за рођење, беба окреће главу надолу према отвору материце.

Непосредно пре порођаја, жена почиње да осећа **порођајне болове** изазване стегањем и опуштањем материце, који се називају контракције.

Процес порођаја се састоји од три фазе.

У првој фази, грлић материце се шири. Уз помоћ контракција, отвор (врат) материце се шири тако да беба може да прође кроз њега. Контракције мишића материце се у почетку јављају сваких пола сата. Затим се контракције интензивирају и постају чешће. Оне помажу у истискивању бебе из материце.



положај пре порођаја



припрема за порођај



ширење грлића материце



излазак главе



излазак целог тела



излазак плаценте

Фазе порођаја

Друга фаза укључује излазак бебе. Када се грлић материце довољно прошири, фетус почиње да излази из порођајног канала. Беба излази главом напред и окренута је лицем надолу. Мајка стално учествује у напрезању како би помогла беби да лакше изађе. Када беба дође у контакт са спољашњом средином, она први пут удахне ваздух и њена плућа се пуне ваздухом. Тада се чује први плач бебе. Након изласка бебе, пупчана врпца се пресеца, чиме се прекида веза новорођенчета са мајком.

Трећа фаза подразумева избацивање плаценте из материце. Након изласка бебе, мајка и даље има контракције које узрокују избацивање плаценте и остатка пупчане врпце из материце. То су постпорођајни болови и тиме се завршава порођај.

Читав процес порођаја је под контролом хормона који изазивају контракције материце, лучење млека из млечних жлезда и смањење бола.

Порођај је посебан тренутак којим почиње нова фаза у животу мајке и бебе. Правилна припрема мајке пре порођаја и њена свест о самом процесу помажу у смањењу ризика и стварању безбедног окружења за порођај.

Након порођаја, следи период везивања мајке и новорођенчета и његовог дојења.

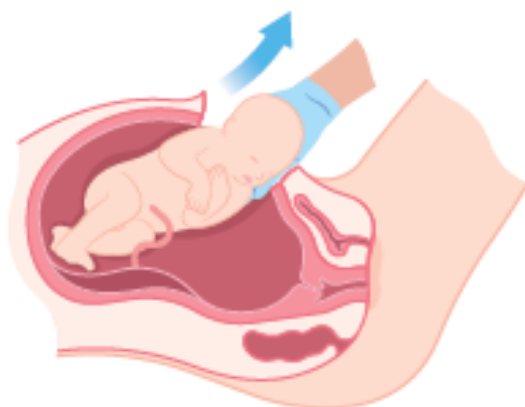


Мајка са својим новорођенчетом

Врсте порођаја

Када се беба роди природним путем, без хируршких интервенција, то се назива природни (спонтани, вагинални) порођај.

Постоји и хируршка метода порођаја која се назива царски рез. Изводи се ниским резом у доњем делу стомака. Опоравак након такве хируршке интервенције траје дужи него код природног порођаја. Ова метода се користи када је здравље мајке и бебе угрожено, када мајка носи велики фетус, када је беба окренута карлично или када жена носи близанце.



Хируршки порођај – царски рез

Активност

Наставник/ца ће вам дати картице са написаним појмовима или исказима. На пример: хормони, плацента, порођајни болови, отварање грлића материце, пупчана врпца, излазак бебе, први плач бебе, контракције сваких пола сата, избацавање плаценте итд.

Поређајте картице по редоследу порођаја. На свакој картици назначите да ли је у питању активност мајке или бебе. На полеђини картице објасните важност појма или исказа у једној реченици.

Проверите шта сте научили

1. Како почиње процес порођаја?
2. Из колико фаза се састоји рађање и које су то?
3. Опишите прву и другу фазу рађања.
4. Због чега настају порођајни болови?
5. Какве врсте порођаја постоје?
6. Када се примењује метод порођаја који се зове царски рез?

Истражите ...



... о лактацији, процесу стварања млека које храни бебу и процесу дојења.

Занимљива биологија



Материца је један од најфлексибилнијих органа. Током трудноће може се проширити и до 500 пута у односу на своју нормалну величину, а након порођаја се постепено враћа у првобитни облик.

У 2021 години у Мароку, Халима Сисе из Малија родила је девет беба — пет девојчица и четири дечака. Ово је светски рекорд, према Гинисовој књизи рекорда, за највише деце рођене и преживеле из једне трудноће. Није се подвргла вештачкој оплодњи, а бебе су зачете природним путем.

Чуло слуха почиње да се развија док је беба у мајчиној утроби. Оно стално слуша мајчин откуцај срца, њено дисање и њен глас. Фетус такође може да чује спољашње звукове, попут музике. Ови звукови су пригушени, јер се преносе кроз мајчино тело и амнионску течност, али и даље довољно јасни за фетус. Због честог слушања мајчиног гласа, новорођенче лако препознаје њен глас након рођења и осећа се безбедније када га чује.

3.7 Развојне фазе људског животног циклуса

Уводна активност

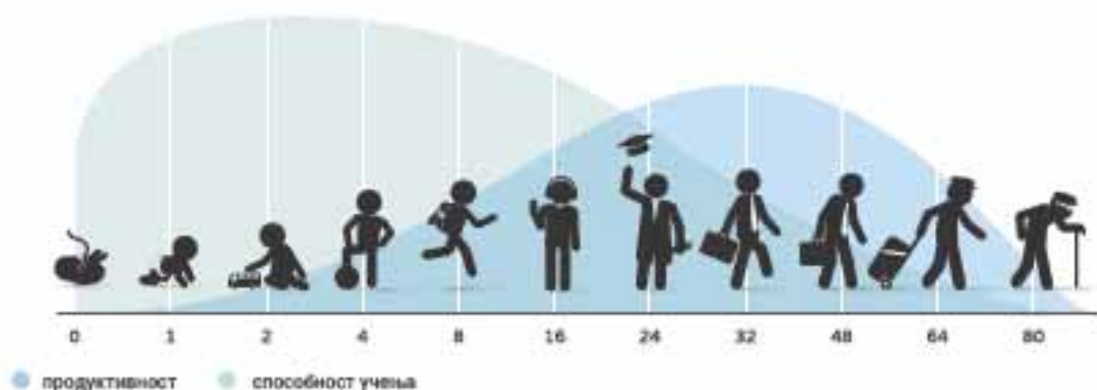
Које промене сте приметили код себе у поређењу са прошлом годином?

Зашто се тело толико мења током пубертета?

Које промене су приметне код девојчица и дечака током пубертета?

Осим физичких промена, да ли примећујете још неке промене?

Људски животно циклус састоји се од низа биолошких, физичких и психосоцијалних промена које се дешавају од рођења до смрти појединца. Током живота, људски организам пролази кроз неколико развојних фаза, при чему свака фаза има своје карактеристике, специфичне физиолошке процесе и хормонске промене. Ове фазе су узроковане генетским факторима, хормонима и утицајима околине. Разумевање развојних фаза је важно за правилно разумевање раста, развоја, репродуктивних способности и процеса старења код људи.



Људски животно циклус

Детињство

Период **детињства** почиње рађањем и траје до 10.-12. године живота. У овом периоду тело интензивно расте и развија се. Дете је самоуверено у ходању, разговору, показује интересовање за разне игре, учи да стиче навике за одржавање личне хигијене, односно учи да се брине о себи.



Деца

У детињству долази до брзог раста и развоја органских система, посебно нервног система. Развијају се моторичке, когнитивне и социјалне способности детета. Полне жлезде (јајници и тестиси) нису активне и не луче полне хормоне.

Пубертет

У **пубертету** се активирају полне жлезде, што доводи до полног сазревања код мушкараца и жена. Хипофиза почиње да лучи гонадотропне хормоне (FSH и LH), који код девојчица стимулишу јајнике да производе естроген и прогестерон, а код дечака тестисе да луче тестостерон. Мушки и женски полни хормони узрокују стварање мушких и женских гамета и појаву секундарних полних карактеристика (промене у спољашњем изгледу) код дечака и девојчица.

Код девојчица се највеће промене у изгледу и развоју јављају од 10. до 14. године. У овом периоду почињу да се луче женски полни хормони – естроген и прогестерон. Естроген стимулише развој женских гениталија и укључен је у развој секундарних полних карактеристика као што су раст груди, повећан раст длака на одређеним деловима тела (испод пазуха и на гениталијама) и почетак месечног крварења – менструације. Девојчице постају нежније, гласови им постају виши, мишићи омекшавају, рамена се сужавају, а карлица се шири (тиме се девојчице припремају за период трудноће).

Код дечака пубертет почиње око 12. године и траје до 16. године. Током овог периода, развијају се мушки гениталије, а тестиси почињу да луче мушки полни хормон – тестостерон. Тестостерон је укључен у развој секундарних полних карактеристика, као што су појава раста длака на телу, посебно око гениталија, пазуха и на лицу (појава браде и бркова) и продубљивање гласа. На грлу се појављује избочина названа Адамова јабучица. Дечаци постају јачи како им кости и мишићи јачају, рамена се шире, а кукови сужавају.

Поред физичких промена, дечаци и девојчице такође доживљавају значајне промене у свом емоционалном животу. Доживљавају емоције које нису биле типичне за де-

тињство. Постају раздражљиви, нервозни и имају брзе промене расположења. Лако се увреде, реагују бурно, а понекад осећају да их нико не разуме. Током овог периода, мишљења других, посебно вршњака, им много значе, па се често пореде са њима и нису задовољни њиховим изгледом. Јавља се снажна потреба за прихватањем и осећајем припадности, као и жеља за стварањем блиских пријатељстава. Јављају се и дубоке емоције, попут првих симпатија и првих љубави.

Пубертет је такође време проналажења сопственог идентитета – тинејџери почињу више да размишљају о томе ко су, шта желе и које вредности имају. Овај процес може донети неизвесност, али и велику прилику за развој и сазревање. Стога је веома важно да одрасли прихвате ове промене са разумевањем, да покажу стрпљење и да им пруже подршку. Пријатељски разговор и охрабрење помажу младима да лакше преброде овај осетљиви период.



Дечак у пубертету

Адолесценција

Адолесценција је прелазни период између пубертета и одраслог доба, у којем се стабилизују физичке и психолошке промене. Почиње око 15. године и траје скоро до 20. године. Код дечака и девојчица раст и развој се завршавају, формира се њихова личност, стабилизује се функција репродуктивних органа, а код појединаца се развијају независност, моралне и друштвене вредности.



Група адолесцената

Зрелост

Зрелост је период када појединац има највеће физичке, менталне и репродуктивне капацитете. Период почиње отприлике са двадесет година и траје до шездесете. У овом периоду организам је потпуно развијен, сви системи органа су стабилни и добро функционишу. Особа има највећу радну способност, али и високу способност репродукције. Потребно је да формира породицу и буде активан учесник у професионалном и друштвеном животу.



Зреле особе

Старост

У **старости** долази до постепеног опадања биолошких функција организма. Почиње у шездесетим годинама и траје до краја живота. У старости долази до успоравања метаболизма, смањења мишићне масе и густине костију, слабљења имунитета и смањења функције полних жлезда. Могу се јавити проблеми са видом и слухом. Током ове фазе код жена долази до **менопаузе**, што доводи до трајног престанка менструалног циклуса и значајног смањења производње женских полних хормона. Код мушкараца се производња тестостерона постепено смањује, тако да нема наглих промена као код жена. Постепени пад нивоа тестостерона код мушкараца назива се андропауза.

Људски животно циклус је континуирани процес раста, развоја, сазревања и старења. Свака фаза има специфичне биолошке и психолошке карактеристике, а хормонске промене играју кључну улогу у преласку из једне фазе у другу.



Пар старијих особа

Активност

Нацртајте временску линију и редом запишите фазе људског животног циклуса. Поред сваке фазе, напишите кратку промену која се дешава током тог периода. Означите на временској линији где се јавља менопауза.

Проверите шта сте научили

1. Шта је људски животно циклус и од колико фаза се састоји?
2. Које су промене карактеристичне за људе у фази детињства?
3. Како полни хормони утичу на физичке промене код дечака и девојчица током пубертета?
4. По чему се адолесценција разликује од пубертета?
5. Зашто се фаза зрелости сматра периодом највеће функционалне способности појединца?
6. Које се промене дешавају у телу током старости? Који феномен је карактеристичан за овај период и по чему се разликује код жена и мушкараца?

Истражите ...

... промене које се јављају током менопаузе код жена и андропаузе код мушкараца.

Занимљива биологија

Адамова јабучица је део тироидне хрскавице који постаје израженији код дечака током пубертета. То је зато што гласне жице расту под утицајем тестостерона. Како гласне жице расту, тироидна хрскавица се помера напред и ствара испупчење које се назива Адамова јабучица.

Наш мозак се развија у неколико фаза, а права „зрелост“ мозга се не дешава када се пубертет заврши, већ много касније - око 32. године. Научна истраживања која су анализирали хиљаде снимака магнетне резонанце људског мозга показала су да мозак пролази кроз пет различитих основних периода организације и развоја, са важним прекретницама око 9, 32, 66 и 83 године. Грешимо када кажемо да смо „одрасли“ са 18–20 година, јер мозак наставља да се развија још много година након тога.

3.8 Сексуално и репродуктивно здравље

Уводна активност

Дискутујте у разреду о тачности следећих тврдњи:

- Само одрасли добијају полно преносиве болести.
- Полно преносиве болести се не могу пренети грљењем или руковањем.
- Можете имати полно преносиву болест без икаквих симптома.
- Коришћење јавног тоалета може довести до полно преносиве болести.
- Кондоми штите само од нежељене трудноће.

Сексуална активност носи здравствене ризике, посебно када је у питању незаштићени секс. Сексуално преносиве болести (СПБ), или полно преносиве болести (ППБ), су болести које се преносе са једне особе на другу током сексуалног контакта.

Сексуално преносиве болести, према узрочницима, деле се у четири главне групе: бактеријске, вирусне, гљивичне и болести изазване протозоама. Неке од ових болести се релативно лако лече, али постоје и болести које могу довести до смрти ако се не лече на време или могу изазвати друге здравствене проблеме са фаталним последицама.

Табела: Примери полно преносивих болести подељених по узрочнику

БАКТЕРИЈСКЕ БОЛЕСТИ	ВИРУСНЕ БОЛЕСТИ	ПРОТОЗОЈСКЕ БОЛЕСТИ	ГЉИВИЧНЕ БОЛЕСТИ
Хламидија Гонореја Сифилис	Генитални херпес Гениталне брадавице ХПВ СИДА и ХИВ инфекције	Трихомонијаза	Кандидијаза

Бактеријске болести се лече антибиотицима, али ако се не лече, могу имати трајне последице по здравље. Једна од најчешћих бактеријских полно преносивих болести је **хламидија**, коју изазива истоимена бактерија, *Chlamydia trachomatis*.

Хламидија може да погоди и мушкарце и жене. Често изазива инфекције без посебних симптома, тако да болест може трајати, а да особа не зна да је заражена. Претпоставља се да за сваки откривени случај хламидије постоје



Хламидија

два друга која нису откривена. Само део оболелих доживљава пецање током мокрења или необичан исцедак из женских гениталија. Озбиљније последице се јављају код жена, као што су: упала материце и јајника или деформације материце које могу довести до стерилитета. Препоручује се периодично тестирање сексуално активних жена ради благовременог откривања инфекције.

Сличне симптоме и последице може изазвати болест **гонореја**, коју изазива бактерија неисерија (*Neisseria gonorrhoeae*). Може изазвати болно мокрење и зелени, жути или бели исцедак. Може инфицирати гениталије, ректум и грло.

Сифилис је бактеријска болест коју изазива бактерија трепонема (*Treponema pallidum*). У раним фазама, болест се манифестује ранама на гениталијама које, ако се не лече, могу да се прошире по целом телу. У каснијим фазама може изазвати озбиљна оштећења мозга, нерава и срца. Антибиотици помажу ако се лечење започне рано, али може бити и фатално.

За разлику од болести изазваних бактеријама, вирусне болести се не могу излечити. Особе са овом болешћу могу узимати лекове за ублажавање симптома, али и даље могу ширити инфекцију путем незаштићеног секса.

Једна од најчешћих вирусних инфекција која се шири сексуалним контактом је **генитални херпес**. Симптоми укључују мале пликове на гениталијама, бол током мокрења и црвенило коже. Након неког времена, пликови се осуше и отпаду, али вирус остаје у телу и може се развити и поново појавити, понекад чак и након неколико година. Инфекција се преноси током сексуалног контакта када су пликови изражени. Код жена, као последица овог вируса, може се развити малигна болест грлића материце, могу се јавити побачаји или деформације код новорођенчади. Лечи се лековима против вирусних болести.

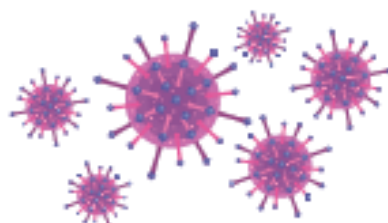
Код инфекције **хуманим папилома вирусом (ХПВ)**, на гениталијама се развијају мале безболне брадавице – гениталне брадавице. Брадавице отпадају после неког времена, али се могу поново појавити после дужег временског периода. ХПВ инфекције су повезане са озбиљним малигним болестима



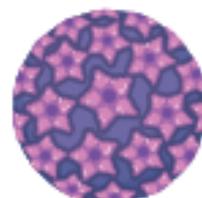
Бактерија неисерија изазива гонореју



Бактерија трепонема изазива сифилис



Херпес симплекс-2, вирус који изазива генитални херпес



ХПВ – узрок гениталних брадавица

материце (до 70 % инфекција). Вакцина против ове инфекције доступна је од 2006. године и подједнако је доступна младим дечацима и девојчицама. Вакцинација је важна превентивна мера, с обзиром на то да су већина заражених младих људи.

ХИВ изазива СИДУ (синдром стечене имунодефицијенције). Уништава имуни систем заражених, па они умиру од компликација од наизглед обичних прехлада и инфекција. Данас је СИДА и даље велика претња земљама у развоју у Азији и Африци. У нашој земљи се сваке године бележе десетине нових инфекција, најчешће узрокованих незаштићеним сексом и употребом нестерилних игала током злоупотребе дрога. ХИВ се може пренети и током порођаја, са заражене мајке на новорођенче. Данас постоје лекови који смањују активност вируса на дужи временски период, али СИДА још увек није потпуно излечена.

Поред бактерија и вируса, постоје и протозое које се преносе незаштићеним сексом. Једна таква је **трихомонас** (*Trichomonas vaginalis*), која изазива болест трихомонијаза. Симптоми који се јављају укључују иритацију у вагини, свраб и вагинални исцедак код жена, док код мушкараца нема значајних промена. Пацијенти се лече посебним лековима.

Можда једну од најчешћих болести и инфекција гениталија изазива гљивица **кандида** (*Candida albicans*), а болест се назива кандидијаза. Симптоми су слични трихомонијази, али треба напоменути да се кандидијаза може јавити и без сексуалног односа и даље преносити. Лечи се антифунгалним лековима.

Сексуално преносиве болести су посебно честе међу младом популацијом. Чак 2/3 инфекција је код младих људи млађих од 25 година. Стога је неопходно да се сви који су сексуално активни редовно тестирају на СПБ (сексуално преносиве болести).

Најбоља заштита је апстиненција од сексуалног односа до касније адолесценције или редовна употреба заштите (кондома) током сексуалног односа (безбедан секс).



ХИВ (вирус хумане имунодефицијенције) изазива губитак имунитета код људи



Трихомонас



Кандида



Сексуално преносиве болести се најчешће дијагностикују микробиолошким тестовима

Активност

Поделите се у неколико група и нека свака група изабере једну полно преносиву болест коју ће представити. Припремите презентацију о болести у којој ћете одговорити на следећа питања:

- Како се болест преноси?
- Да ли се пренос болести може спречити?
- Који су симптоми инфекције болешћу?
- Да ли постоји лек за болест?
- Да ли постоји вакцина за болест?

Представите своје истраживање остатку ученика.

Проверите шта сте научили

1. Наведите неке полно преносиве болести изазване бактеријама.
2. Које вирусне полно преносиве болести знате?
3. Каква је болест трихомонијаза?
4. Шта узрокује кандидијазу и како се лечи?
5. Наведите начине за спречавање инфекције и ширења полно преносивих болести.

Истражите ...

... о ХПВ вакцини. Којем узрасту је намењена и да ли би требало да је приме само жене?

Занимљива биологија

Кондоми (и мушки и женски) значајно смањују ризик од преноса полно преносивих болести, али га не елиминишу у потпуности (нису 100 % безбедни). Разлог је тај што се не преносе све полно преносиве болести само вагиналним или пенетративним сексом. На пример, херпес и папилома вирус могу се пренети и контактом кожа на кожу на подручјима која нису покривена кондомом, као што су гениталне брадавице или други осипи.

3.9 Планирање породице и контрацепција

Уводна активност

Дискутујте у разреду о тачности следећих тврдњи:

- Само су девојчице криве ако ненамерно затрудне.
- Све методе контрацепције су 100 % ефикасне.
- Кондоми се користе само за спречавање нежељене трудноће.
- Само дечаци треба да носе кондом са собом.
- Сексуално преносиве болести изазивају само „неки“ људи за које се зна да имају болест.

Планирање породице

Пре него што пар одлучи да зачне и планира трудноћу, требало би да узму у обзир бројне обавезе и потребе које новорођенче захтева и да процене да ли су у могућности да их испуне. Кроз планирање породице, као основну ћелију у друштву, остварује се и право новорођенчета да буде вољено, да живи и расте у благостању, окружено љубављу и бригом родитеља.

Нежељена (непланирана) трудноћа доноси низ личних, друштвених и медицинских проблема. Иако највећи терет пада на девојку, партнер и блиски чланови породице такође трпе сличне последице.

Незрелост будуће мајке, посебно ако долази из средине без подршке, већ повећава ризик током трудноће, али и након порођаја. Млада трудница ће морати да се суочи са новом ситуацијом, што често значи промену или одлагање планова за образовање, каријеру, промену свакодневних навика, финансијске изазове и слично.

Стога је планирање трудноће неопходно за здраву трудноћу и здраво новорођенче.



Млада трудница са недоумицама шта даље

Контрацептивне методе

Контрацепција подразумева коришћење метода и средстава за избегавање зачећа и нежељене (непланиране) трудноће. Неке од њих су се показале као одличне у заштити партнера од полно преносивих инфекција и болести.

Једина контрацептивна метода која пружа 100 % успеха је **апстиненција** од сексуалног односа (искључивање сексуалног односа). Апстиненција је посебно важна и препоручује се током пубертета и адолесценције. Млади људи, поред физичког, треба да буду и ментално спремни за изазове које доноси активан сексуални живот (веза, трудноћа, полно преносиве болести). Начин размишљања је потпуно другачији са 13 и са 19 година, а проблеми и изазови који ће се појавити решавају се потпуно другачије.

Метода плодних дана заснива се на посматрању и вођењу евиденције дана када долази до овулације (ослобађање зреле јајне ћелије из јајника). У просеку се јавља око 14. дана од првог дана менструације (крварења). Овулацију прати нормално (физиолошко) повећање телесне температуре за пола степена Целзијуса. С обзиром на то да сперматозоиди могу да преживе 3-5 дана у јајоводима, ако имате незаштићени секс неколико дана пре и после овулације, вероватноћа да затрудните је знатно већа.

Под претпоставком да је менструација (крварење) почела петог дана у месецу, дан овулације се одређује бројањем 14 дана унапред. У примеру, овулација ће се највероватније догодити 19. дана у месецу. Плодни дани се сматрају 3-5 дана пре и после овог дана, тј. од 15. до 24. дана у месецу, а тада се препоручује апстиненција од полног односа.

понедељак	уторак	среда	четвртак	петак	субота	недеља
30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Пример методе плодних дана

Постоје бројне мобилне апликације за вођење менструалног календара.



Вођење менструалног календара

Друга метода контрацепције је такозвана **метода физичке баријере**. Она подразумева употребу средстава која физички спречавају сперматозоиде да дођу до јајне ћелије и оплоде је.

- Презервативи (**кондоми**) су направљени од латекса и штите од нежељене трудноће, али и од полно преносивих инфекција. Њихова употреба је једноставна, а доступност их чини најефикаснијим методом заштите. Слично кондому, постоји и женски кондом (фемидом).



Презервативи (кондом и фемидом)

- **Дијафрагма** је гумена баријера између вагине и материце која спречава улазак сперматозоида у материцу. Да би се побољшала ефикасност ове механичке баријере, најчешће се користе у комбинацији са спермицидним кремама које убијају сперматозоиде. Дијафрагма не штити од полно преносивих инфекција и болести.



Дијафрагма

Популарни контрацептиви су **интраутерини уређаји** који се убацују у материцу. Познати су као **спирале**. Спирале имају облик слова Т, што одговара структури материце, и могу бити бакарне или хормонске. Бакарне спирале онемогућавају кретање сперматозоида, док хормонске делују на менструални циклус. Њихово трајање је око пет година и ефикасно су контрацептивно средство, али не штите од полно преносивих инфекција и болести. За њихово уметање и вађење потребна је посета гинекологу.

Постоји и такозвана **хемијска контрацепција**, која се заснива на узимању хормона који регулишу менструални циклус и овулацију. Ту спадају хормони у различитим облицима таблета, вагиналних прстено-



Гинеколог објашњава поступак уметања спирале

ва, кожных имплантата, ињекција, кожных фластера итд.

Поред хормонских пилула које се узимају свакодневно без изузетка, постоје и пилуле које се називају „пилуле за јутро после“ (morning after pills, MAPs). Ове пилуле се узимају до три дана након незаштићеног секса и ефикасне су до 75 % у спречавању трудноће. Међутим, честа употреба таквих хормонских пилула се не препоручује, јер имају нежељене ефекте. Ови лекови не штите од полно преносивих инфекција и болести.

Прекид трудноће назива се абортус и може се догодити природним или вештачким путем. Природно, најчешће се дешава због здравствених проблема, повреда или проблематичног развоја ембриона (фетуса). Вештачки, абортус се може извршити у раним фазама нежељене трудноће, у болници. Поступак је ризичан за младе девојке, јер може имати трајне здравствене последице и стерилитет (немогућност зачећа). Поред физичких, абортус има и психолошке последице. Многе девојке не успевају да се носе са тугом, што доводи до депресије са озбиљнијим последицама.



Хемијска контрацепција - пилуле, фластери и имплантати

Активност

1. Замислите ситуацију у којој ваш пријатељ не верује да може да се разболи незаштићеним сексом, јер само „неки“ људи имају болести. Опишите аргументе које бисте користили како би указали на опасности од незаштићеног секса.
2. Погледајте едукативни видео на мрежи о правилној употреби кондома. Увек обратите пажњу на следеће елементе пре употребе: датум истека, пажљиво отварање паковања како не бисте оштетили кондом, пажљиво постављање кондома клизавом (подмазаном) страном унутра и истискивање ваздуха из врха. Коришћени кондом треба бацити у смеће, а не у тоалет.

Проверите шта сте научили

1. Објасните шта значи контрацепција.
2. Како нежељена трудноћа утиче на трудницу или пар?
3. Зашто је планирање породице неопходно?
4. Наведите нека контрацептивна средства, групишући их према њиховим карактеристикама.
5. Наведите нека контрацептивна средства која успешно штите од полно преносивих инфекција и болести.
6. Зашто се не препоручује дуготрајна употреба хемијских контрацептивних средстава?

Истражите ...



... колико лако су контрацептивна средства доступна и да ли млада особа у нашој земљи може да их приушти.

Истражите веб страницу kontrasepcija.mk. Које информације можете тамо пронаћи? Пронађите друге релевантне сајтове који се баве овим питањем.

Занимљива биологија



Кондоми се праве од латекса, који се добија из млечних жлезда дрвета *Hevea brasiliensis*. То је биолошки материјал који је еластичан, јак и непропусан за микроскопске честице, укључујући вирусе. Млеко се сакупља засецањем коре дрвета.



3.10 Сексуална и репродуктивна права и брига о сопственом сексуалном и репродуктивном здрављу

Уводна активност

Дискутујте у разреду о тачности следећих тврдњи:

- Свако има право да одлучи када и колико деце ће имати.
- Само одрасли имају право да знају како да се заштите од болести.
- Свако има право да одлучи када ће имати сексуалне односе.
- Само мушкарци имају право да користе контрацепцију.
- Свако има право на приватност над сопственим телом.
- Свако има право да потражи медицинску помоћ када му је потребна.
- Нико нема право да вас додирне без вашег пристанка.

Које од ових тврдњи се односе на сексуална права, а које на репродуктивна права?

Сексуална активност, посебно незаштићени полни однос, носи ризике по сексуално и репродуктивно здравље особе. **Сексуално здравље** се односи на болести које се могу добити незаштићеним сексуалним односом. С друге стране, **репродуктивно здравље** се односи на репродуктивни систем и његову функционалност у испуњавању његове примарне сврхе – репродукције и доношења здравог детета на свет. Ове две компоненте су испреплетене јер неке полно преносиве болести (сексуално здравље) могу довести до трајних оштећења и деформитета и изазвати стерилитет или имати штетан утицај на фетус у материци (репродуктивно здравље).

Брига о вашем сексуалном и репродуктивном здрављу није нешто чега се треба стишети. То је баш као брига о зубима или срцу. Брига укључује:

- **Превенцију** – Многе инфекције (попут оних о којима смо раније говорили) немају симптоме. Редовни прегледи спречавају дугорочне последице као што је неплодност.
- **Одговорност** – Бригом о себи, штитите и свог партнера.

Одржавање сексуалног и репродуктивног здравља захтева поштовање, заштиту и испуњавање сексуалних и репродуктивних права људи.

Баш као што имамо право на образовање или слободу говора, сви имају **сексуална права**. То укључује:

- **Самоопредељење** – Свако од нас има потпуну контролу над својим телом. То укључује одлучивање када, како и са ким ћемо имати секс.
- **Сагласност** – Најважнији део овог права је да сваки сексуални чин мора бити добровољан. Нико нас не сме присиљавати или натерати.

- **Безбедност и поштовање** – Имамо право на односе који се заснивају на међусобном поштовању и безбедни су од насиља или дискриминације.

Репродуктивна права се односе на право сваке особе или пара да доносе слободне и одговорне одлуке о свом потомству. То укључује:

- **Доношење одлука о деци** – Када имати децу, колико деце желимо да имамо и на коликом временском периоду ће се рађати.
- **Информације** – Право на приступ информацијама о контрацепцији и методама које помажу у планирању породице.

Да бисмо могли да остваримо претходна два права, држава и здравствени систем морају нам пружити медицинску заштиту. Свако од нас има право на:

- **Редовне здравствене прегледе** – Медицински стручњаци су најрелевантнији за бригу о нашем сексуалном и репродуктивном здрављу. Породични лекари пружају основну медицинску негу, али и савете о сексуалном и репродуктивном здрављу, контрацепцији, полно преносивим болестима, планирању породице, сексуалним и репродуктивним правима итд. Озбиљнијим здравственим проблемима везаним за сексуално и репродуктивно здравље брину се лекари специјализовани за женски репродуктивни систем – гинеколози и мушки репродуктивни систем – уролози.
- **Саветовање и поверљивост** – Наши подаци и здравствени проблеми са лекаром треба да буду приватни.
- **Лечење и превенција** полно преносивих инфекција (СПИ).



Посета гинекологу



Посета урологу ради саветовања

Сексуално и репродуктивно здравље, поред физичке медицинске неге, често захтева психолошку помоћ психолога. Они се брину о психолошком стању пацијената, страху, сумњама, тузи и другим последицама које настају када је сексуално и репродуктивно здравље нарушено као резултат оштећених или ускраћених сексуалних и репродуктивних права.



Психолошко саветовање

Довољно је укуцати „центри за сексуално и репродуктивно здравље“ у интернет претраживач да би се добили линкови до организација које нуде едукацију и помоћ у вези са проблемима на ову тему. Понекад се помоћ може добити и електронски, у облику савета, али и конкретних корака и прегледа од стране стручњака, лекара, гинеколога, психолога итд. У нашој земљи постоје Центри за јавно здравље у оквиру Института за јавно здравље Републике С. Македоније. То су институције које нуде превентивна предавања и радионице које пружају информације о сексуалном и репродуктивном здрављу и правима у овој области.

Наравно, млади људи могу потражити помоћ за било који проблем или недоумицу од својих наставника или стручних служби (психолог, педагог итд.). Наставници и сви укључени у образовни процес граде односе поверења и поштовања на највишем нивоу према својим ученицима.

Млади људи треба да знају да је полиција институција која ће их заштитити од сваког физичког или психолошког насиља, укључујући и сексуално насиље. Она веома озбиљно схвата све пријаве деце и младих, посебно када је реч о претњама објављивањем или дељењем информација са сексуалном конотацијом, злоупотреби слика и разговора, сексуалној уцени итд. Иако делује збуњујуће и застрашујуће, полиција ће заштитити и сачувати приватност свакога ко затражи помоћ.

Друштвено окружење утиче на децу и младе на њихов развој и разумевање односа међу људима. Породица је прва која детету пружа информације о понашању, моралним вредностима, сексуалном здрављу и правима. Касније то чине наставници, пријатељи, телевизија, разне апликације и друштвене мреже, музика, књиге, рекламе и играчке. Међутим, информације добијене из таквих извора могу довести и до погрешних мишљења, а касније и ставова. Стога је кључно да млади током свог раста и развоја примају позитивне поруке и стекну позитивну перцепцију сексуалности, као и сексуалних и репродуктивних права.

Активност

Размотрите једну од ових ситуација:

- Девојчица није обавештена о менструацији и плаши се.
- Дечак је под притиском да има секс иако не жели.
- Тинејџерка нема приступ лекару за репродуктивно здравље.
- Друштво осуђује девојчицу због тражења контрацепције.

Дискутујте у разреду:

1. Које право је прекршено у свакој ситуацији?
2. Како би то право требало заштитити?
3. Ко може помоћи (школа, лекар, породица, институције)?

У животу сусрећемо људе са различитим уверењима, верским ставовима или личним вредностима у вези са сексуалношћу. Наше тело је наш дом и сами постављамо правила, али такође сносимо одговорност да га одржимо здравим. Аргументујте свој став – важно је да знате зашто доносите одређене одлуке о свом телу (на пример: „Бирам да сачекам јер желим прво да завршим факултет“). С друге стране, поштујте друге – чак и ако неко има другачије мишљење од вашег, њихово право на избор је подједнако валидно као и ваше. Дијалог треба да буде са разумевањем, а не са осуђивањем.



Односи треба да се граде на међусобном поштовању и разумевању

Проверите шта сте научили

1. Која је разлика између сексуалног и репродуктивног здравља?
2. Зашто је важно бринути о сопственом сексуалном и репродуктивном здрављу?
3. Наведите нека сексуална и репродуктивна права.
4. Где се може потражити помоћ у вези са сексуалним и репродуктивним здрављем и правима?
5. Зашто је важно поштовати сексуална и репродуктивна права других?

Истражите ...



... о универзалним људским правима. У коју категорију спадају људска, сексуална и репродуктивна права?

Занимљива биологија



Свако тело се развија својим темпом – то је генетика и хормони, а не „нормално/ненормално“. Често ће тинејџери и адолесценти осећати ненамерни или намерни притисак од стране својих вршњака у вези са својим личним животом, сексуалношћу, временом када би требало да имају први сексуални однос... Верујте свом мозгу. Чак и ако тело реагује (црвенило, лупање срца), то не значи пристанак и спремност. Право на избор и поштовање је део општег здравља.

мозак + хормони + емоције = здравље

3.11 Светска популација

Уводна активност

Шта значи термин популација? Који фактори утичу на величину популације у окружењу?

Популација је скуп јединки исте врсте које насељавају одређено станиште. Људи су врста која насељава целу планету, па када говоримо о броју људи, говоримо о светској популацији.

Људска популација на Земљи достигла је бројку од милијарду 1804. године. Двеста година касније, ова бројка је била шест пута већа. Данас на планети има више од 8 милијарди људи. Табела приказује раст људске популације током година.

Промена величине људске популације одређује се на основу стопе наталитета и стопе морталитета међу људима. **Наталитет** међу људима се односи на број новорођенчади на 1 000 становника популације током године. **Морталитет** је број умрлих људи на 1 000 становника популације током године. Разлика између наталитета и морталитета назива се стопа раста (прираст становништва).

Ако је наталитет већи од морталитета (позитивна стопа раста), становништво ће се повећавати. Ако је морталитет већи од наталитета (негативна стопа раста), популација ће се смањивати. Ако су наталитет и морталитет исти, број јединки у популацији се не мења.

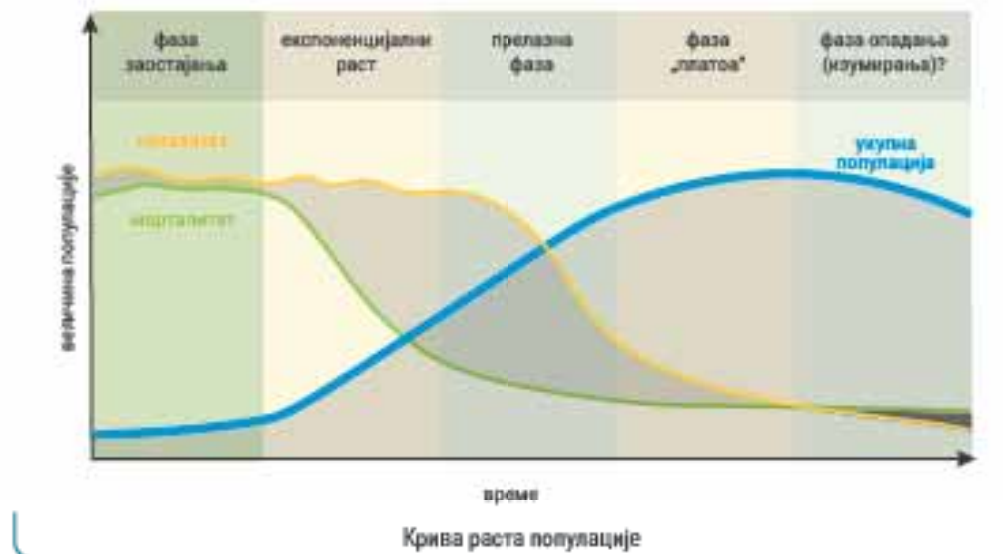
Историјски гледано, људска популација је имала мали пораст током већег дела прошлости. Значајан раст је забележен након Другог светског рата. Највећи раст популације од скоро 4 милијарде људи догодио се у периоду од 1950. до 2000. године. У наредних 25 година, до краја 2025. године, раст се и даље примећује и вероватно ће се наставити током овог (XXI) века. Научници који проучавају људску популацију (демографи) предвиђају да ће до 2050. године човечанство достићи 10 милијарди становника.

Раст људске популације (као и популација многих живих организама) прати криву раста са неколико очигледних фаза:

Табела: Људска популација у различитим временским периодима
(извор: www.Worldometers.info)

Година	Популација
1200	360 000 000
1650	500 000 000
1760	770 000 000
1850	1 200 000 000
1900	1 600 000 000
1950	2 493 000 000
2000	6 172 000 000
2010	7 022 000 000
2020	7 887 500 000
2025	8 232 000 000

- фаза заостајања
- експоненцијални раст
- прелазна фаза
- фаза „платоа“
- фаза опадања (изумирања).



У првој фази – **фази заостајања** – величина популације бележи спор, променљив раст као резултат високих стопа наталитета и морталитета.

У фази **експоненцијалног раста** долази до експлозивног раста величине популације када се популација удвостручи у кратком временском периоду. У овој фази, стопа морталитета брзо опада због боље медицине и санитације, док стопа наталитета остаје висока. Светска популација је достигла ову фазу након Другог светског рата, када су се услови живота, доступност хране, енергената и, што је најважније, медицине и лекова значајно побољшали. Само је пеницилин (антибиотик), који је почео масовно да се користи током овог периода, спасао милионе људи.

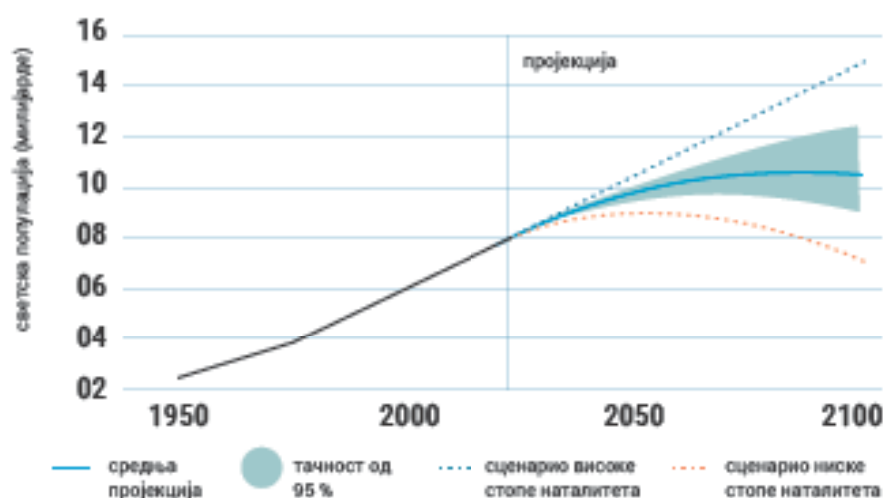
Експоненцијална фаза води до такозване **прелазне фазе** (транзиционе фазе), када се популација повећава споријим темпом. Стопе наталитета почињу да опадају како се друштво урбанизује, а образовање жена расте.

Затим, популација улази у **фазу „платоа“** у којој су стопе наталитета и морталитета ниске, што доводи до стабилне, велике популације. Већина развијених земаља је у овој фази.

Последња фаза, **фаза опадања (изумирања)**, наступа ако стопа наталитета падне испод стопе морталитета, што доводи до старења становништва и природног смањења величине популације (на пример, у Јапану, Немачкој). До ове фазе може доћи и ако постоји несташница ресурса (храна, вода, животни простор итд.).

Од 2025. године, глобална људска популација је колективно ушла у прелазну фазу*. Док укупна популација наставља да расте, достижући приближно 8,25 милијарди до краја 2025. године, стопа раста се стално смањује са 2 % у 1960-им на приближно 0,8 % у 2025. години. Још један показатељ да ми као популација улазимо у ову фазу је пад фертилитета. Просечна глобална стопа фертилитета је приближно 2,2 до 2,3 рађања по жени (у односу на 5 рађања по жени у 1960-им). Ово се приближава „нивоу замене“ од 2,1 – вредности на којој се величина популације стабилизује и не мења драматично.

Предвиђа се да ће у наредних 25 година светска популација достићи близу 10 милијарди становника. Уједињене нације предвиђају три могућа сценарија стопе раста и њихов утицај на величину популације.



Пројекција три сценарија за раст светске популације до 2100. године (Извор: УН, 2024)

График показује да би одржавање високе стопе наталитета значило раст становништва од око 15 милијарди људи до 2100. године. Насупрот томе, ако би стопа наталитета пала испод 2 деце по жени, очекивало би се да ће становништво до 2100. године бити око 7 милијарди. Међутим, највероватнији број светске популације 2100. године требало би да буде између ове две крајности. Одржавањем умерене стопе наталитета, становништво би до 2100. године достигло нешто више од 10 милијарди људи.

* Извор: blogs.worldbank.org

Активност

Поделите се у пет малих група и испитајте дијаграм који приказује раст светске популације. Свака група је задужена да испита једну од приказаних фаза.

Дискутујте заједно у групи и запишите шта је утицало на величину популације, какав је облик графикана, који су били разлози за то итд. у тој фази.

Изнесите ставове сваке групе, а затим заједно дискутујте који проблеми могу настати са растом светске популације, зашто милиони људи гладују када у свету има довољно хране за све итд.

Проверите шта сте научили

1. Опишите факторе који утичу на величину популације.
2. Наведите фазе криве раста људске популације.
3. Опишите фазе раста популације и главне промене које се дешавају у популацији.
4. Какав је тренутни раст људске популације на Земљи? Шта то значи?

Истражите ...



... о томе како су се стопе наталитета и морталитета мењале у Републици С. Македонији током последњих 50 година.

Занимљива биологија



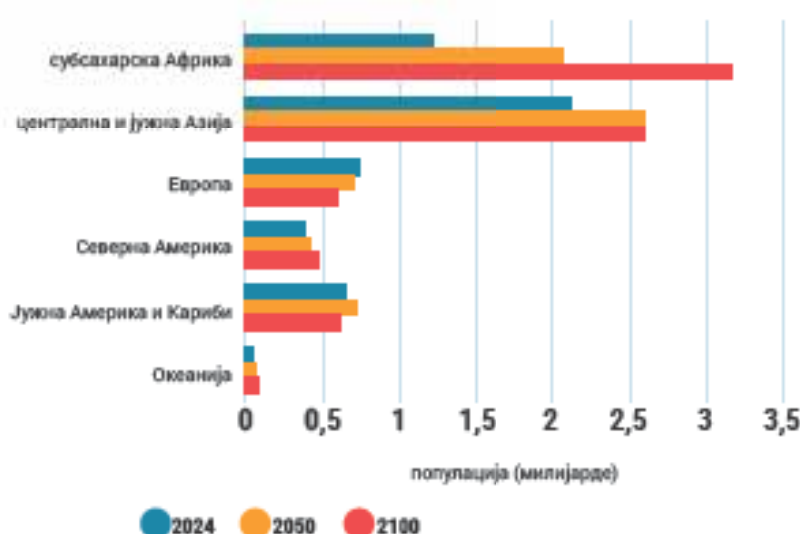
Према подацима Бироа за референце становништва (Population Reference Bureau – PRB), непрофитне организације у Сједињеним Државама која прикупља и анализира демографске податке, у историји Земље до сада је живело укупно око 117 милијарди људи. То значи да је данас живо око 7 % свих људи који су икада ходали планетом. Демографи ово израчунавају процењујући број рођених од појаве модерног хомо сапиенса (пре око 190 000 – 200 000 година) до данас. Процена се заснива на историјским подацима о стопама наталитета и величини популације у различитим епохама (од каменог доба, преко антике и средњег века, до индустријске револуције).

3.12 Изазови раста светске популације

Уводна активност

Замислите како би свет изгледао 2050. године са 10 милијарди становника. Са којим би се изазовима људи тада суочили?

Људска популација и даље расте. Предвиђа се да ће у наредних 25 година број достићи близу 10 милијарди становника. Највећи раст становништва предвиђа се у земљама подсахарске Африке. То је због релативно младог становништва у овим земљама, побољшања животних услова и смањења морталитета, и високог наталитета са просечно 4,6 деце по жени. Након њих, највећи раст становништва очекује се у земљама централне и јужне Азије. С друге стране, европске земље бележе смањење броја становника.

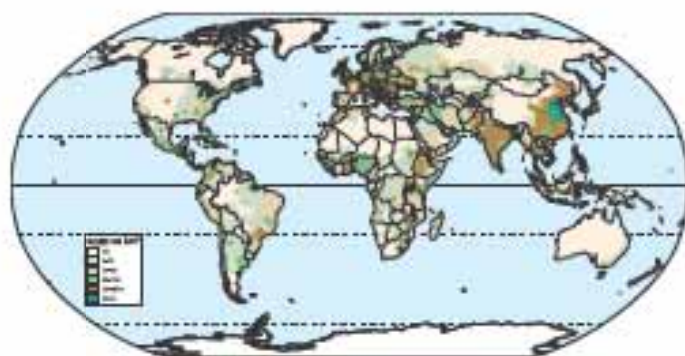


Пројекција раста људске популације у XXI веку по регионима (Извор: УН, 2024)

Питање је да ли ће сви ти људи моћи да задовоље своје основне потребе за живот, храну, животни простор и енергију. Глад, сиромаштво и недостатак приступа медицинској нези за велики део светске популације, посебно у неразвијеним и земљама у развоју, и данас су велики проблем. Посебно је забрињавајуће то што ће се раст светске популације десити управо у овим земљама. То би могло да значи продубљивање ових егзистенцијалних изазова.

Када популација постане веома велика, то узрокује низ неповољности и изазова за опстанак становништва. 8 милијарди људи треба земљу за живот и обрадиво и

плодно земљиште за исхрану становништва, а на Земљи је ограничен простор. Људи копају руду како би задовољили све већу потражњу за природним ресурсима са Земље, од нафте до метала. Све ове људске активности утичу на нашу животну средину и мењају природну равнотежу целе планете.



Густина људске популације широм света

Несташица хране

Храна је основни извор енергије за преживљавање. Када број људи премаши капацитет обрадивог земљишта, јавља се глад, конкуренција за ресурсе и деградација земљишта. Недостатак кључних витамина и протеина доводи до слабљења имунитета и појаве болести (нпр. рахитис код деце).

Борба за ресурсе често доводи до друштвених немира и сукоба. Због потребе за више хране, земљиште се прекомерно користи и губи своју плодност.

Разне хемикалије, попут вештачких ђубрива и пестицида, користе се за побољшање приноса, што доводи до загађења земљишта и воде. Да би прехранили растућу популацију, људи секу шуме да би направили поља (дефорестација). То уништава биодиверзитет и мења климатске услове, што на крају доводи до суша и још мање хране. Уништавање шума такође повећава количину угљен-диоксида који се ослобађа у атмосферу, што доводи до глобалног загревања.



Сеча шума ради добијања обрадивог земљишта

Болести

У густо насељеним срединама, када људи живе близу једни других, бактерије и вируси се лакше преносе ваздухом, водом или директним контактом. То доводи до честих епидемија и пандемија које могу имати озбиљне последице. Што је људска популација (домаћини) већа, већа је вероватноћа да ће вирус или бактерија мутирати у опаснији облик. Због пренасељености, људи улазе у дивље територије где долазе у контакт са животињама које носе нове, непознате вирусе (као што је био случај са Ковидом-19). Пренасељеност често доводи до лоших хигијенских услова и контаминације извора воде за пиће, што је главни извор болести попут колере и дизентерије. Због недостатка хране, тело нема снаге да се бори против инфекција, па се морталитет нагло повећава.



Густо насељена подручја су жаришта епидемија



У сиромашним земљама, извори чисте воде су драгоцен

Ниска економска моћ (сиромаштво)

Економска моћ заједнице директно утиче на квалитет живота и стопу преживљавања. Неразвијене и земље у развоју са највишим стопама раста становништва имају ниску економску моћ, тј. у њима влада сиромаштво. У таквим срединама недостаје здравствена заштита, нема приступа вакцинама, модерним лековима или болницама, што повећава смртност одојчади. Ниво образовања је низак, а непознавање метода планирања породице подстиче брзи раст становништва. Пренасељене сиротињске четврти су жаришта болести и социјалне несигурности. Када земља има ниску економску моћ и превише становника, водоводни и канализациони системи отказују. Отпадне воде се мешају са водом за пиће, што често доводи до болести (тифус, колера). Становништво са ниском економском моћи користи дрво или угаљ за грејање и кување, што доводи до загађења ваздуха и разних плућних болести.

Енергијске потребе

Потреба за енергијом је посебно критична и наставиће да расте убрзаним темпом. Тренутно су највећи потрошачи енергије развијене земље, у којима живи мали део људске популације. Земље у развоју ће у будућности захтевати много више енергије за своје свакодневне потребе: производњу хране, воду за пиће, здравље, хигијену, комуникације, транспорт и свеукупни развој. Ово се мора схватити као озбиљан проблем и мора се улагати у обновљиве и алтернативне изворе енергије који ће задовољити ове потребе.

Активност

У малим групама или паровима, прегледајте графикон који приказује број становника града Скопља од 1850. до 2021. године.



1. Опишите шта се догодило са становништвом Скопља између 1856. и 2021. године.
2. Зашто се људска популација толико повећала, посебно после 1948. године?
3. Шта се догодило са становништвом 2002. године?
4. Како раст становништва утиче на животну средину?
5. Предвидите са којим проблемима би се Скопље могло суочити ако његово становништво настави да расте.
6. Које мере мислите да би се могле спровести да би се превазишли ови проблеми?

Проверите шта сте научили

1. Зашто велике популације доживљавају несташицу хране? Објасните.
2. Објасните како пренасељеност доводи до дефорестације. Које су негативне последице дефорестације?
3. Које су негативне последице употребе вештачких ђубрива и пестицида на земљиште и воду и до чега доводи прекомерно коришћење земљишта?
4. Зашто пренасељеност доводи до чешћих епидемија и пандемија?
5. Зашто ће земље у развоју имати много већу потребу за енергијом у будућности? Како би човечанство требало да реши овај проблем како би заштитило животну средину?

Истражите ...



... о такозваној „вертикалној пољопривреди“. Да ли мислите да је ово решење за проблем недостатка обрадивог земљишта? Која друга алтернативна решења се разматрају за превазилажење овог проблема?

Занимљива биологија

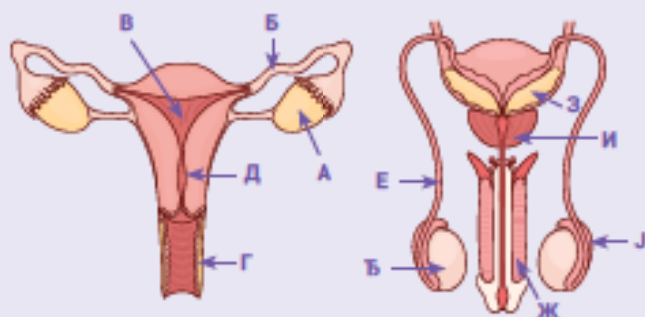


Осам земаља ће бити одговорно за више од половине пројектованог раста становништва до 2050. године: Индија, Нигерија, Демократска Република Конго, Пакистан, Етиопија, Танзанија, Египат и Индонезија.

У протеклих 100 година, светска популација је порасла више од 4 пута, али је потрошња ресурса по особи повећана за чак 8 пута. То значи да не само да има више људи, већ свака особа данас користи далеко више хране, воде, енергије и материјала него људи пре једног века.

Питања за проверу знања из Теме 3

1. Погледајте слике и поред сваке изјаве напишите слово које означава орган (неке изјаве имају две ознаке).



- а) место где се производе сперматозоиди и хормони – _____
- б) места где се производи семена течност – _____
- в) канал кроз који се сперматозоиди избацују – _____
- г) место где сперматозоиди сазревају и постају покретни – _____
- д) орган за избацивање сперматозоида – _____
- ђ) место где се производе јајне ћелије и хормони – _____
- е) место где се ембрион имплантира – _____
- ж) место кроз које беба пролази при рођењу – _____
- з) место где се дешава оплодња – _____
- и) место где се фетус развија – _____

2. Одговорите на следећа питања:

- а) Која је улога хипофизе у репродукцији?
- б) Који хормони које лучи хипофиза утичу на мушке и женске полне органе?
- в) Које полне хормоне луче јајници?
- г) Који полни хормон луче тестиси?
- д) Која је улога полних хормона?

3. Попуните празна места у реченицама.

Јајне ћелије и сперматозоиди, заједничким називом називају се _____. Јајне ћелије су женске _____ ћелије. Имају _____ облик. Унутар њих се налази _____ богата хранљивим материјама. Сперматозоиди су _____ полне ћелије. То су специјализоване ћелије са јасно израженом _____ и дугим _____ који им омогућава активно кретање. У глави се налази _____ са генетским материјалом. Имају малу количину _____. Захваљујући својој покретљивости, сперматозоиди могу да пронађу и оплоде _____.

4. Што се тиче менструалног циклуса, одговорите на следећа питања:
- а) Ког дана менструалног циклуса почиње менструација?
 - б) Колико дуго у просеку траје менструално крварење?
 - в) Ког дана менструалног циклуса обично долази до овулације?
 - г) Објасните шта се дешава са слузницом материце током лутеалне фазе.
 - д) У којој фази менструалног циклуса нивои естрогена почињу да се повећавају?
 - ђ) Када је највероватније да ће доћи до овулације код жене са менструалним циклусом од 28 дана, ако је менструација почела 7. јуна?
 - е) Шта се дешава ако се јајна ћелија не оплоди?

5. Попуните празна места у реченицама.

Графов фоликул је мехурић у коме сазрева _____. Када се Графов фоликул формира, почиње да лучи _____, што узрокује обнављање и задебљање _____.

Његов висок ниво у крви доводи до повећаног лучења _____, што узрокује пуцање _____ и ослобађање зреле _____ из јајника. Ослобађање зреле јајне ћелије назива се _____.

6. Попуните празна места да бисте показали пут сперматозоида до јајне ћелије.
- сперматозоид → _____ → _____ → _____

7. Попуните празна места у реченицама.

Свака полна ћелија код људи носи _____ хромозоме у свом једру, половину броја хромозома у телесним ћелијама људи. Њиховим спајањем (оплодњом) добија се зигот са _____ хромозомима, _____ из сперматозоида и _____ из јајне ћелије. Ови _____ хромозоми су распоређени у 23 пара. Од њих, 22 пара се називају _____ хромозоми, а хромозоми у последњем – 23. пару, називају се _____ хромозоми. Постоје два полна хромозома – _____ и _____. Женке имају пар _____ хромозома, а мушкарци један _____ и један _____ хромозом.

8. Објасните разлику између идентичних и неидентичних близанаца.

9. У трудноћи, ембрион се назива фетус од:

- а) осме недеље до рођења
- б) оплодње до осме недеље
- в) девете недеље до рођења

10. Одговорите на следећа питања:

- а) Како се зове течност у којој ембрион плива током ембрионалног развоја?
- б) Која је улога плаценте? Шта се дешава са плацентом након што се беба роди?

- в) Објасните везу између плаценте и пупчане врпце.
- г) Где се излучују отпадни производи из ембриона?
- д) Да ли мајчина крв прелази у крв ембриона?
- ђ) Колико дуго траје ембрионални развој бебе?

11. Објасните зашто су пушење и алкохол штетни током трудноће.

12. Недовољно гвожђа током трудноће може изазвати:

- а) поремећаје у развоју скелета бебе
- б) анемију
- в) поремећаје у развоју нервног система бебе.

13. Опишите процес порођаја.

14. Поређајте следеће карактеристике на одговарајуће место у табели.

формирање породице | организам интензивно расте и развија се | развијају се моторичке способности | активација гонада | почетак менструалног циклуса | менопауза | стабилизација физичких и психолошких промена | раст и развој се завршавају | андропауза | највиша репродуктивна способност | развој секундарних полних карактеристика | успоравање метаболизма.

Развојне фазе људског животног циклуса	Карактеристике
Детињство	
Пубертет	
Адолесценција	
Зрелост	
Старост	

15. Прегледајте табелу сексуално преносивих болести (СПБ) и попуните празна места у табели.

СПБ	Узрок	Симптоми
Гонореја		
Сифилис		
Генитални херпес		
Гениталне брадавице		
СИДА		
Трихомонијаза		
Кандидијаза		

16. Зашто је важно користити контрацептивне методе?
17. Упоредите физичке и хормонске методе контрацепције, објашњавајући које се методе користе и како функционишу.
18. Млади пар жели дугорочну заштиту од нежељене трудноће, али није сигуран који метод да изабере. Објасните предности и мане оба метода.

Метод 1: Кондом	Метод 2: Спирала
Ефикасност:	Ефикасност:
Предности:	Предности:
Мане:	Мане:

19. Који је једини контрацептивни метод који је 100 % ефикасан? Зашто?
20. Наведите нека репродуктивна права.
21. Шта подразумевате под природним растом популације?
22. Земља има високи наталитет и ниски морталитет. Колики ће бити природни раст становништва и шта то значи за становништво?
23. Шта би се десило ако би људска популација постала веома велика? Са каквим последицама би се људи суочили?

Адаптације живих организама

Адаптације: Кључ преживљавања у природи

Природа не толерише грешке — они који се најбоље адаптирају, они иду даље.

Опстанак у природи је стални процес усаглашавања између организама и њихове околине. Сваки живи организам мора пронаћи начин да одговори на абиотичке факторе (клима, светлост, земљиште) и биотичке факторе (утицај других живих организама) у станишту. Овај одговор се манифестује кроз три врсте адаптација: анатомске (видљиве промене у изгледу и облику), функционалне (унутрашњи биолошки процеси) и адаптације у понашању (стратешке реакције за заштиту и исхрану). Кроз ове механизме, природа ствара савршену равнотежу која омогућава живот чак и у најтежим условима. Кроз адаптације, природа нам показује да је живот невероватно флексибилан и да увек проналази начин да иде даље.

У овој теми ћете открити да су живи организми прави „суперхероји“ у свом окружењу, користећи разне адаптације да би преживели.

► Адаптације биљака и животиња

У овој теми ћете научити:

1. описати адаптације као посебне карактеристике које омогућавају живим организмима да се прилагоде условима околине;
2. навести примере адаптација код животиња и биљака и класификовати анатомске адаптације, адаптације у понашању или адаптације структуре и функције органа;
3. објаснити да адаптације омогућавају врстама да преживе и размножавају се у свом природном станишту;
4. препознати промене у адаптацијама код животиња и биљака услед утицаја климатских промена и глобалног загревања

4.1 Адаптације живих организама на абиотичке факторе

Уводна активност

Шта су еколошки фактори и како се деле? Који фактори се помињу у временској прогнози? Да ли све врсте организама могу да живе у свим срединама? Зашто?

Сви живи организми се суочавају са различитим изазовима у окружењу у којем живе – недостатак воде, висока или ниска температура, стална потрага за храном, заштита од непријатеља итд. Истовремено, животиње и биљке су стално у међусобној конкуренцији за ресурсе. Да би превазишли такве изазове, живи организми су развили посебне карактеристике (адаптације) које им помажу да преживе.

Адаптација је процес прилагођавања живих организама условима средине. Адаптације настају током милиона година и омогућавају организмима да лакше преживе у својим условима средине и успешно се размножавају. Временом се повољне карактеристике преносе и задржавају код потомства кроз бројне узастопне генерације.

Адаптације се могу односити на промене у спољашњем изгледу организама, у структури тела и физиологији унутрашњих органа, као и у њиховом понашању. Организми се прилагођавају свом абиотичком и биотичком окружењу.

Живи организми показују адаптације на различите **абиотичке факторе**: интензитет светлости, температуру, влажност, ваздушни притисак, структуру земљишта, доступност воде, ваздух, загађење, надморску висину итд.

Адаптације на годишња доба

Абиотички фактори у стању се мењају са променом годишњих доба. Током сушних периода у години или када се земљиште смрзне, апсорпција воде од стране корена се смањује. Да би се спречио прекомерни губитак воде, листопадно дрвеће одбацује лишће. Зимзелено дрвеће се прилагодило таквим условима на другачији начин – њихова



Листопадне и зимзелене биљке

посебна структура лишћа у облику иглица обложених воском омогућава им да задрже лишће дуги низ година.

Алпска кокошка живи у северној Европи и Канади. Током лета, њено перје је смеђе, што јој помаже да се лакше сакрије од предатора док прави гнездо и брине о својим младима. Током зиме, њено перје постаје бело, што јој помаже да губи мање телесне топлоте и омогућава јој бољу камуфлажу. Алпској кокошки расте перје на ногама које јој претвара стопала у „чизме“, омогућавајући јој да се креће а да притом не пропадне у у снег.



Алпска кокошка се прилагођава свом окружењу променом боје перја

Адаптације на светлост

Неке адаптације су повезане са интензитетом светлости. Структура биљних листова је потпуно прилагођена фотосинтези – широки и танки листови са стомама, проводним цевима и присуство хлоропласта у ћелијама. Уједно, биљке такође имају механизме за померање листова током 24-часовног периода у положај који је најпогоднији за апсорпцију светлости, али и ослобађање вишка воде.



Млади сунцокрети се ротирају како би пратили сунце

Адаптације на дан - ноћ

Организми су такође развили адаптације везане за дужину дана и ноћи. Неке биљке су се прилагодили да отварају своје цветове током дана како би биле доступне опрашивачима. Друге, међутим, отварају своје цветове ноћу како би их посетили и опрашивали мољци (ноћни лептири). Животиње су прилагођене да буду активне током одређеног периода дана, а остатак времена користе за одмор. Ноћне птице, попут шумске сове, имају низ адаптација које им омогућавају



Крила сове су прилагођена за тихи лет

да хватају плен ноћу. Сове имају велике очи које су осетљиве на најслабију светлост ноћу. Врхови крила неких врста сова су обликовани тако да омогућавају тихи лет како би могле непримећено да се приближе свом плену. С друге стране, слепи мишеви су развили способност лова ехолокацијом, чиме су се прилагодили ноћном начину живота.

Адаптације на доступност воде и влажност

Као адаптацију на несташицу воде, кактуси су своје листове преобразили у бодље, а њихово корење је плитко и разгранато близу површине земљишта ради брзе апсорпције воде када пада киша. На овај начин, ови организми спречавају губитак воде.

Неке биљке, попут локвања, прилагодили су се да живе у потпуности у воденом окружењу. Имају листове и плодове који плутају на површини воде.

Животиње које живе у воденом окружењу такође су развиле низ адаптација које им омогућавају да се брзо и лако крећу у воденом окружењу. Животиње имају хидродинамичко и глатко тело, рибе су развиле пераја за пливање, док су хоботнице прилагодили своју грађу за посебан начин кретања млазним погоном (усисавање воде и њено брзо избацивање).

Недостатак воде код животиња довео је до адаптација као што су сува кожа без жлезда код гмизаваца, производња концентрованог урина код камила и ноћна активност код многих пустињских животиња као што је пустињски кенгурасти пацов.

Повећана влажност је идеална за животиње попут пужева и копнених рачића, који тешко задржавају воду у својим телима у сувим условима. Дању се крију на влажним местима, али ноћу када је влажност већа, могу се активније и слободније кретати у потрази за храном.

Адаптације на земљиште

Организми, посебно биљке, такође су се прилагодили карактеристикама земљишта. На пример, маховине су се прилагодили животу на каменим подлогама тако што из корена ослобађају слабе киселине које разграђују стене и омогућавају лако причвршћивање.



Кактуси су прилагођени животу у сушним регионима



Водене биљке су прилагодили своју структуру животу у воденом окружењу



Маховине су се прилагодили да се причврсте за стене

Неке врсте биљака (као што су представници рода тамарикс) успешно су се прилагодили животу у сланим земљиштима због присуства жлезда кроз које излучују со. Током дана, депонована со се уклања ветром или кишом. Развијају дубоко корење које им омогућава да користе воду са мањом концентрацијом соли.

Кртице су се прилагодили животу под земљом у мраку. Чуло вида им је закржљало, па се за оријентацију првенствено ослањају на чуло додира које се изражава кроз присуство осетљивих длачица на лицу, ногама и репу. Код кишних глиста тело има издужени облик ради лакшег кретања кроз слојеве земље.

Адаптације на температуру

Живи организми су се прилагодили да живе у широком распону температура, укључујући екстремно врућа и екстремно хладна станишта. Биљке које расту у хладним стаништима су мале и имају брз животни циклус са брзом производњом семена. Адаптације животиња на веома хладна станишта укључују густо крзно и дебели поткожни слој масти као изолацију од хладноће (као код поларних медведа, моржева). Бела боја крзна или перја им помаже да се сакрију и лове.

Други организми, међутим, имају адаптације за живот на високим температурама. Биљке попут кактуса имају способност складиштења воде у својим меснатим стабљикама. Имају воштани слој на стаблима, а њихови листови су модификовани у бодље и трње, што смањује губитак воде транспирацијом.

Животиње имају низ адаптација којима одају вишак топлоте. Пример за то су велике уши пустињске лисице. Тело је обојено у јарке боје које одбијају топлоту. Њихове ноге су дугачке како би држале тело подаље од врелог песка. Физиолошка адаптација за очување воде у телу је производња концентрованог урина. Камиле имају дуге двоструке трепавице и могу да затворе очи како би се заштитиле од песка и јаке сунчеве светлости.



Ноге кртица су прилагођене за копање тунела под земљом



Дебели поткожни слој масти омогућава моржу да преживи на температурама до -35°C .



Пустинска лисица користи своје велике уши за хлађење

Адаптације надморској висини

Билке које живе на већим надморским висинама показују низ адаптација како би се носиле са стресовима као што су ниске температуре, интензивно УВ зрачење, јаки ветрови и земљишта сиромашна хранљивим материјама.

Билке су често ниске и расту ниско до површине земљишта, у густом бусену који помаже у задржавању топлоте, отпорности на јаке ветрове и смањењу губитка воде. Њихови листови су мањи и дебљи, и имају задебљану воштану кутикулу или длачице које пружају изолацију од ниских температура, задржавају влагу и рефлектују вишак УВ зрачења. Развијају опсежне и дубоке коренове системе како би се причврстиле за нестабилно, каменито земљиште и максимизирале апсорпцију ограничене воде и хранљивих материја. Неке билке производе протеине који делују као „антифриз“ како би се заштитиле од изузетно ниских температура.

Животиње које насељавају веће надморске висине имају компактан облик тела, поткожну масноћу и дебеле слојеве крзна, вуне или перја који пружају одличну изолацију од ниских температура.

Снежни леопарди имају велике, дебеле јастучиће на шапама који олакшавају кретање кроз снег и лед. Животиње попут козорога и планинских коза имају специјализована копита са тврдом спољашњом ивицом и меким унутрашњим јастучићем за повећану стабилност на стрмим, каменитим падинама. Ове животиње имају пропорционално веће срце и плућа у односу на величину тела, што побољшава укупну размену гасова и проток крви. Физиолошки, имају повећан број црвених крвних ћелија, а њихов хемоглобин има већи афинитет за кисеоником, што им омогућава да ефикасније везују и транспортују кисеоник из разређеног ваздуха до својих ткива.



Низак раст биљака на великим надморским висинама



Јак са Хималаја

Активност**Адаптације биљака у школском дворишту**

Прочитајте адаптације биљака у овој лекцији – дебели листови, длачице на листовима, трње/бодље, савијена стабла.

Покушајте да пронађете неке од ових или сличних адаптација биљака у школском дворишту. Опишите најзанимљивију адаптацију коју сте пронашли.

Проверите шта сте научили

1. Објасните шта значи термин адаптација.
2. На које карактеристике се адаптације могу односити?
3. Наведите примере како абиотички фактори утичу на неке адаптације код биљака.
4. Које су адаптације омогућиле сови и слепом мишу да воде активан живот ноћу?
5. Наведите два примера адаптација животиња ниским и високим температурама.

Истражите ...

... адаптације стопала код ракуна, медведа, дивокозе и шимпанзе.

Занимљива биологија

Лиснати морски змај није ни змај ни алга, већ риба. Иако изгледа као змај, то је мирна животиња дугачка 30-35 cm. Рођак је морског коњића и, као и он, мужјак чува јаја док се не роде нове јединке. Нема предатора захваљујући невероватној камуфлажи. Израслине на телу нису пераја и не служе за кретање. Оне постоје искључиво за камуфлажу, па захваљујући њима животиња изгледа као алге које се нежно њишу у води.



4.2 Адаптације живих организама на биотичке факторе

Уводна активност

Који фактори се називају биотичким факторима? Ко је боље прилагођен – животиња која је веома брза или животиња која се камуфлира? Објасните примером.

Различити **биотички фактори** који описују интеракције између живих организама у окружењу доприносе развоју специфичних адаптација код организама. Такви фактори укључују конкуренцију за парење, храну, светлост, простор, предаторство, симбиозу и антропогене (људске) факторе.

Адаптације на конкуренцију

Као резултат конкуренције за светлост, биљке у тропским шумама развијају висока стабла, велике листове и брз раст како би прерасле суседне биљке.

Код животиња, конкуренција може бити између различитих врста, попут лава и леопарда, које се такмиче за исти плен. Оне су развиле низ адаптација које повећавају њихов успех у лову – снажне мишиће, оштре зубе и брзо кретање. Животиње исте врсте, такмиче се једна са другом за територију и за женке. Такви су лавови, који су развили гриву као заштиту од угриза за врат, или велики и јаки рогови код јелена.



Раст у вис као адаптација



Адаптације лавова и јелена за међусобну борбу

Адаптације на предаторство

Предаторство је однос између два организма, где је један ловац (предатор), а други плен. Да би били успешни у лову, предатори су развили разне адаптације као што су оштре канџе, бољи вид, велика брзина кретања, скривање. Плен, заузврат, развија сопствене адаптације како би се заштитио и побегао од предатора, као што су оштар слух, брзо трчање, живот у крду итд.



Тело лавова је прилагођено за лов, а зебри за бекство

Адаптације на симбиозу (комензализам, мутуализам и паразитизам)

Класичан пример адаптације у симбиози су бактерије које фиксирају азот и живе на корену детелине. Бактерије имају способност да везују атмосферски азот и претварају га у једињења која биљка може да апсорбује. Бактерије користе шећере из биљке, а детелина користи азотна једињења из бактерија.

Постоји и много таквих примера код животиња. Птица говедар и носорог су се прилагодили заједничком животу: птица једе паразите и остатке хране са тела носорога, а носорог има користи јер се ослобађа паразита.

Лијане су се прилагодили пузећем начину причвршћивања за стабла других дрвећа, као што је бршљан који расте на стаблима храстова, букви итд.



Нодули у корену неких биљака за бактерије које фиксирају азот



Комензализам бршљана који расте на храстовима



Мутуализам код птице говедара и носорога

Сличне адаптације се налазе и код животиња. На пример, риба ремора има модификовано леђно пераје које делује као усисавач којим се причвршћује за ајкулу како би јој олакшала кретање и дохватање хране.

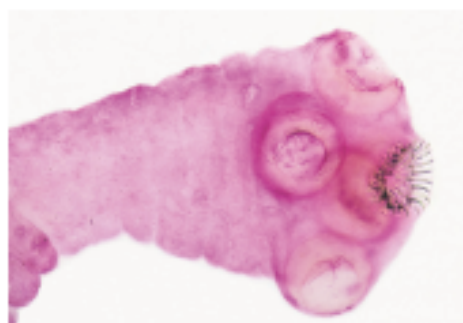
Неки организми су се прилагодили паразитском начину живота. Рафлезија је биљка са највећим цветовима на свету. Она је потпуни паразит и расте на неким врстама винове лозе. Нема лишће, не фотосинтезира и црпи хранљиве материје из биљке домаћина.



Комензализам између ајкуле и рибе ремора причвршћене за њу



Паразитска биљка рафлезија



Предњи део пантљичаре на микроскопском препарату

Пантљичара је паразит који живи у људском цреву и храни се хранљивим материјама које уноси домаћин. Такав начин живота је омогућен низом адаптација – кукица за причвршћивање, пијавице и спљоштено тело.

Адаптације на антропогене факторе

Антропогени (људски) фактори такође имају велики утицај на адаптације живих организама. Загађење земљишта тешким металима подстакло је неке биљке, попут ружа, да развију способност апсорбовања ових штетних елемената и изоловања у вакуолама својих ћелија. На овај начин, метали су „заробљени“ и не могу оштетити околно ткиво.

Уништавањем и загађивањем станишта од стране људи, многе животиње се прилагођавају новоствореним условима искоришћавањем нових извора хране (посета урбаним подручјима), новим репродуктивним стратегијама или физиолошким променама. Познати пример је мољац *Biston betularia*, који се прилагодио повећаном загађењу стварањем већег броја јединки са тамном обојеношћу крила.



Тамни облик овог мољца на стаблама је мање приметан птицама које се њима хране

Активност**Истраживање адаптација организама на биотичке факторе**

Од наставника ћете добити картице са сликама и описима различитих организама.

Пример:

1. Птица говедар и носорог
2. Лисица и зец
3. Две врсте дрвећа које расту у истој шуми
4. Лишај
5. Гепард и антилопа

Изаберите 2 картице и одговорите који су биотички фактори изазвали адаптације организама.

Проверите шта сте научили

1. Наведите адаптације живих организама које су узроковане биотичким факторима.
2. Које су адаптације развили лав и јелен у конкурентској борби за партнера?
3. Које су адаптације развиле рибе ремора да би живеле заједно са ајкулом?
4. Које адаптације помажу следећим животињама да преживе:
 - а) предатор и плен који живе у води
 - б) предатор и плен који живе на ливади
5. Како се мољац *Biston betularia* прилагодио свом окружењу и који су биотички и абиотички фактори изазвали ту адаптацију?

Занимљива биологија

Неке животиње, попут хоботница и камелеона, прилагодили су се да промене боју коже како би се уклопиле у околину.

**Истражите ...**

... о мимикрији као адаптацији код животиња.

4.3 Врсте адаптација

Уводна активност

Које адаптације ајкула има да би успешно живела у воденом окружењу?
Можете ли груписати адаптације које сте навели, на пример: адаптације за кретање, за исхрану, за дисање, за оријентацију, за откривање плена итд.?

Адаптације су промене које омогућавају организмима да преживе у свом станишту. Могу се груписати у:

- анатомске (морфолошке) адаптације – промене у структури и изгледу тела;
- физиолошке адаптације – адаптације везане за функције и процесе у организму;
- адаптације у понашању – активности организама које им помажу да преживе.

Анатомске (морфолошке) адаптације

Анатомске адаптације су физичке карактеристике организма које су еволуирале током времена како би му помогле да боље преживи и размножи се у свом окружењу. Могу бити видљиве и укључују облик тела, величину, боју, спољашне карактеристике, специјализоване додатке, или невидљиве и укључују специфичну унутрашњу организацију и структуру органа.

Анатомске адаптације код животиња им помажу да дођу до хране, побегну од предатора, издрже сурове климатске услове и такмиче се са другима.

Густо крзно (код медведа) и поткожно масно ткиво (код фока) поларних животиња пружају изолацију од изузетно ниских температура.

Врат жирафе има седам пршљенова, баш као и код људи. Због недостатка хране у доњим слојевима, њихов врат се постепено издуживао да би досегао високе гране. Ова адаптација им је омогућила да преживе у савани где су биљке ретке, а храна за биљоједе оскудна/сиромашна.

Промена боје тела током сезонских промена примећена је код неких животиња као што су алпска кокошка, снежни зец и хермелин. Зимом постају



Издужени врат жирафе је анатомска адаптација

бели, а лети им је боја смеђа. Такве промене омогућавају лакшу камуфлажу у окружењу и заштиту од предатора.



Хермелин у топлијим и хладнијим сезонама

Колибрији су најмање птице на свету које се хране нектаром из цвећа. Њихови кљунови су танки и дуги, прилагођени за лак приступ нектару.

Ноге патака и жаба су се прилагодили животу у воденом окружењу. Између прстију развиле су се мреже за пливање, што им пружа већу површину за пливање. С друге стране, предњи екстремитети летећих сисара, слепих мишева, анатомски су прилагођени за летење.



Кљун колибрија је прилагођен за хранење нектаром



Анатомске адаптације ноге за пливање



Анатомске адаптације предњих удова код слепих мишева

Анатомске адаптације код биљака често се фокусирају на очување воде у сувим срединама, суочавање са вишком воде, заштиту од биљоједа и успешније размножавање.

Бодље уместо листова код кактуса и ружа, као и дебела, воштана кутикула код кактуса, су анатомске адаптације које смањују губитак воде транспирацијом и штите их од

биљоједа. Велика, месната стабла кактуса служе за складиштење воде током дужег периода, а плитко, широко разгранато корење многих пустињских биљака омогућава брзу апсорпцију што веће количине површинских падавина.

Адаптације попут пнеуматофора (корења за дисање), које вире изнад воде у мангровским шумама, омогућавају размену гасова у земљишту које је презасићено водом, али сиромашно кисеоником.

Што се тиче размножавања, неке биљке, попут маслачка, развиле су пернате израслине на својим семенима ради лакшег распршивања.



Корени за дисање



Анатомске адаптације семена ради лакшег расејавања

Физиолошке адаптације

Физиолошке адаптације су унутрашње, функционалне и биохемијске промене или процеси у организму. Стога су такве адаптације невидљиве.

Змије, шкорпије, пауци и одређене морске животиње стварају отрове и токсине за одбрану или за парализу и варење плена. Стварање отрова је сложен биохемијски процес повезан са функцијом отровних жлезда.

Стварање и складиштење масти код камила, поларних лисица и смеђих медведа је важна физиолошка адаптација која им омогућава да акумулирају резерве хране и енергије. Захваљујући овим резервама, животиње могу да преживе током периода када је храна оскудна или недоступна.

Код пустињских сисара као што су камиле и кенгурасти пацови, производња и излучивање урина је још један пример физиолошке адаптације. Код ових животиња, урин је густ и концентрован, са минималним садржајем воде, што им омогућава да штеде воду и преживе у пустињи.



При уједу змија испушта отров

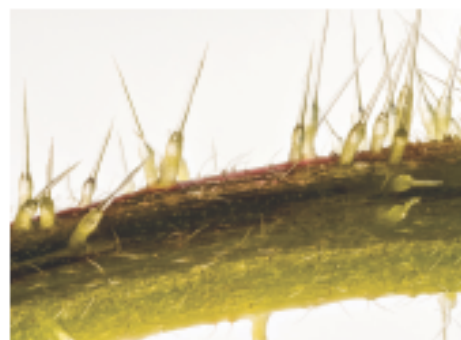


Кенгурасти пацов

Неке рибе и инсекти који живе у окружењима са температурама испод нуле производе природне протеине у крви који делују као антифриз како би спречили стварање кристала леда у њиховим ткивима. Људи и друге животиње које живе на великим надморским висинама производе више црвених крвних ћелијама и хемоглобина како би ефикасно транспортовали мање расположивог кисеоника кроз тело. Животиње које хибернирају (нпр. медведи и слепи мишеви) значајно смањују свој метаболизам, срчани ритам и телесну температуру током зиме како би сачувале енергију када је храна оскудна.

Физиолошке адаптације биљакама помажу да добију што више светлости, воде и хранљивих материја, а истовремено их штите од стресова из околине и од биљоједа.

Биљке попут коприве производе хемијске иританте или снажне отрове како би се заштитиле од биљоједа. Нека семена могу ући у стање мировања под неповољним условима (суша, екстремна хладноћа или висока сланост), клијајући тек када се услови побољшају, што обезбеђује већу стопу преживљавања. Пустинске биљке, попут кактуса, отварају своје стоме ноћу како би омогућиле улазак угљен-диоксида, минимизирајући губитак воде који би се догодио да су отворене током врућег, сунчаног дана. Мангрове биљке имају механизме за активно ослобађање вишка соли из биљке, што их чини добро прилагођеним животу у сланом окружењу.



Жарне ћелије са иритантном супстанцом код коприве

Адаптације у понашању

Адаптације у понашању су невидљиве адаптације. Оне укључују специфичне радње које организми обављају да би преживели (пронашли храну, избегли предаторе) и размножавали се у свом специфичном окружењу. Понашање животиња може бити урођено (инстинкти са којима се рађају) или научено кроз искуство.

Миграције су сезонска кретања ка топлијим климатским условима или подручјима са већом доступношћу хране и представљају инстинктивно понашање које се примећује код птица, китова, лососа итд. Ласте путују хиљадама километара до северне Африке у јесен како би побегле од хладних зима, а у пролеће се враћају (на Балкан) да би се размножавале и одгајале младунце. Јегуља из Охридског језера путује до Саргашког мора у северном Атлантском океану да би се размножавала, а младунци се враћају у Охридско језеро.



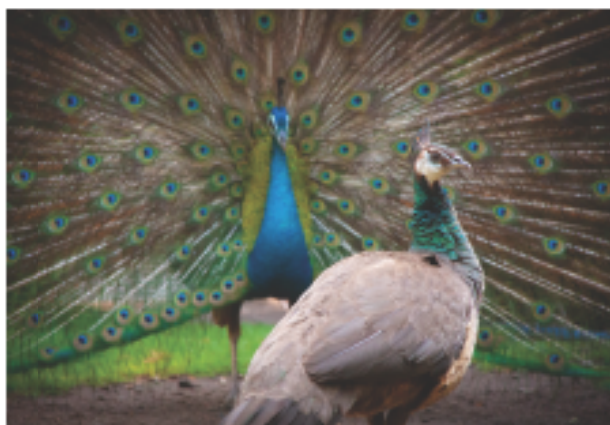
Миграција јата ластавица

Ритуали парења укључују занимљиве начине привлачења партнерке кроз разне звукове, плесове, изградњу гнезда итд. Мужјак пауна изводи посебан плес ширећи и увлачећи свој шарени реп како би привукао женку. Славуј је познат по својим сложеним мелодичним песмама које позивају женку на размножавање.

Животиње попут вукова, лавова и пингвина живе у крдима или колонијама. Овакав начин живота пружа заштиту од предатора, побољшава ефикасност лова и помаже у одгајању младих.

Ноћна активност је такође пример адаптације у понашању. Многе пустињске животиње, попут сова и многих глодара, активне су ноћу како би избегле интензивну дневну врућину.

Усвајање одбрамбених положаја је занимљива адаптација животиња. Понашања попут надувавања рибе надувњаче или опосума који се прави мртав су инстинктивни одговори за одвраћање предатора.



Мужјак пауна покушава да привуче женку



Риба надувњача у нормалном и одбрамбеном положају

Улазак у стање неактивности током јаким хладних (хибернација) или врућих/сушних (естивација) периода, ради уштеде енергије и преживљавања када је храна оскудна, добро је познат пример адаптација у понашању које се преводе у физиолошке

адаптације. Смеђи медведи хибернирају током зимских месеци. Повлаче се у своје јазбине (пећине, рупе), не хране се месецима, а њихов метаболизам се успорава, што резултира смањењем телесне температуре, успоравањем срчаног ритма и успоравањем дисања. Енергију добијају из резерви масти у поткожном масном ткиву. Други примери животиња које хибернирају укључују слепе мишеве, јежеве, жабе, корњаче, веверице, пчеле итд.

Естивација је адаптација којом животиње преживљавају високе температуре током летњих месеци. Пустинске жабе се укопавају у влажно земљиште, а неки гуштери копају рупе и тамо проводе екстремне врућине. Јежеви хибернирају зими, али ако су летње температуре изузетно високе, могу ући и у естивацију. Пужеви затварају своје љуштуре чепом од слузи, а глисте се укопавају дубље и формирају заштитну чауру од слузи.

Биљке такође показују одређене реакције као адаптације током свог животног циклуса. На пример, мимоза брзо затвара своје листове у самоодбрани. Брзо затварање модификованих листова месождерне биљке венерина мухоловка ради хватања инсеката је адаптација реаговања на додир.

Неке биљке прецизно темпирају своје цветање, на основу промена у дужини дана (фотопериодизам), како би осигурале да имају цветове када су одређени опрашивачи најактивнији.



Хибернација медведа и јежа као адаптација у понашању



Младе биљке расту према извору светлости

Активност**Каква је адаптација?**

Изаберите три адаптације из следећег:

- камуфлажа арктичког зеца
- дуги вратови жирафа
- миграција птица
- локвањи у води
- кактуси складиште воду
- хибернација мрког медведа

За сваку изабрану адаптацију, одговорите на следећа питања:

Коју врсту адаптације организам има?

Како та адаптација помаже организму да преживи?

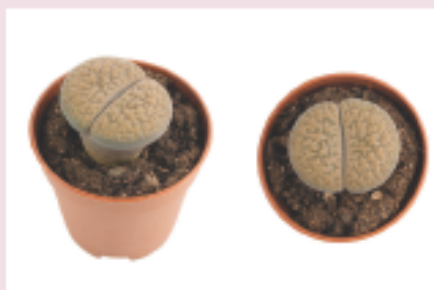
Да ли је биотички или абиотички фактор изазвао адаптацију?

Проверите шта сте научили

1. Како се адаптације живих организама могу груписати?
2. Наведите један пример видљиве анатомске адаптације код птице и објасните је.
3. Наведите један пример физиолошке адаптације код птице и објасните је.
4. Коју предност имају животиње које су прилагођене ноћном животу?
5. Које врсте адаптација су миграције и зашто су настале?
6. Шта се дешава са животињама док су у хибернацији?

Истражите ...

... адаптације биљке назване живи каменчић (*Lithopsis sp.*).

**Занимљива биологија**

Јежеви успоравају свој срчани ритам са 200 на око 20 откуцаја у минути када хибернирају.

Колибрији могу да лебде у месту захваљујући јединственом покрету крила у облику осмице. То им омогућава да пију нектар из цвећа док лебде у ваздуху.

Неколико сисара и других животиња развило је отпорност на различите врсте змијског отрова. То укључује меркате, чији рецептори имају мутацију која спречава ефикасно везивање отрова, јазавци медоједи, који се хране веома отровним змијама попут кобри и мамби, и опосуми, који имају природну способност да неутралишу отров многих отровних змија.

4.4 Адаптације организама различитим стаништима

Уводна активност

Шта је станиште? Која станишта знаш? Изабери једну животињу и реци како се прилагодила свом станишту.

Адаптације за живот у пустињи

Пустиња је подручје са минималним условима за живот. То је окружење које карактеришу високе дневне температуре, дуготрајна суша, минималне падавине и велике температурне разлике између дана и ноћи, што резултира ограниченим ресурсима хране.

Живот у пустињи је могућ само комбинацијом видљивих и невидљивих адаптација. Ове адаптације помажу организмима да се носе са екстремним условима који тамо владају.

Биљке у пустињама имају кратку вегетациону сезону која је повезана са падавинама. Код кактуса је стабло задебљано и меснато и прилагођено је за складиштење воде (резервоар воде). Уместо листова, имају бодље, што смањује површину за транспирацију у поређењу са широким и равним листовима других биљака. Бодље такође пружају добру заштиту од животиња које се хране биљкама. Имају дебелу кутикулу како би спречиле губитак воде. Корен је плитак и разгранат како би брзо сакупио воду од краткотрајних киша. Стоме се налазе дубоко у епидермису стабла и отварају се углавном ноћу. У одсуству лишћа, стабло је преузело улогу вршења фотосинтезе.

Већина животиња у пустињама је активна ноћу када температура падне и нису у опасности од даљег губитка воде.

Камиле су једне од најтипичнијих животиња које су се прилагодили животу у пустињи. Њихово светло крзно помаже у рефлектовању сунчеве светлости, а дуге ноге држе тело подаље од врелог песка. Стопа-



Кактуси су се прилагодили животу у сушним стаништима



Камиле су потпуно прилагођене животу у пустињи

ла су им широка и имају два прста са меким јастучићем испод њих, што их спречава да потону у песак. Имају тврде, кожнате јастучиће на коленима, тако да могу да клече, а да се не опеку од песка. На главама су развиле адаптације за живот у окружењу испуњеном песком и честицама прашине. Очи су им велике са дугим трепавицама, а трећи капак пружа додатну заштиту од песка. Развиле су мишиће у ноздрвама како би их затвориле, што спречава улазак песка у њихове дисајне путеве. Унутрашњост њихових уста је обложена веома чврстом кожом, тако да могу да једу бодљикаве биљке, а да се не повреде. Имају једну или две грбе на леђима у којима складиште масноћу. Оне служе као резерва енергије када у пустињи нема довољно хране или воде.

Адаптација за живот на Арктику

Арктик је подручје вечитог леда и екстремних животних услова. Зими температуре могу пасти и до -40°C , а лети се порасту од 0°C до 10°C . Шест месеци у години је мрачно. Падавине су ретке и у облику снега, а ветрови су јаки. Ниска температура и недостатак светлости довели су до развоја малог броја биљних врста. Копнена подручја Арктика где нема леда називају се тундре. Тамо расту лишјајеви и веома издржљиве биљке попут маховина, неких ниских трава, а најпознатија је арктичка врба, која готово лежи на површини тла како би се заштитила од хладноће и ветрова.

Животињски свет Арктика представљен је разним врстама као што су поларни медвед, поларна лисица и поларни зец, а у водама живе фоке, моржеви, морски лавови итд.

Поларни медведи имају бело крзно, дебеле слојеве сала испод коже и мале уши, што им помаже да задрже топлоту. Њихове кратке, снажне ноге имају широке, длакаве шапе како би их спречиле да пропадну у снег. Длаке на шапама смањују површину контакта са ледом, спречавајући клизање и омогућавајући им да се крећу тихо током лова. Бела боја је одлична камуфлажа у снежном окружењу, а ваздух заробљен између влакана крзна делује као топлотни изолатор. Велико, заобљено тело задржава више топлоте и спорије се хлади, што је важна предност у хладном арктичком окружењу.



Арктичка врба



Поларни медвед

Адаптације за живот у воденим стаништима

Водена станишта се разликују по типу воде, која може бити слатка или слана, а то у великој мери утиче на организме који тамо живе. Температура воде варира у зависности од тога где се станиште налази и колико је дубоко. У плитким подручјима вода је обично топлија јер је сунце лакше загрева, док на већим дубинама постаје хладнија. Количина светлости се такође смањује повећањем дубине, па више биљака расте у плитким подручјима, док организми који могу да преживе у мраку живе у дубоким подручјима. Дно може бити песковито, каменито или муљевито, а то одређује врсту биљака и животиња које тамо живе. Кретање воде је још једна важна карактеристика: реке имају јаке струје, па организми морају бити прилагођени сталном кретању, док је у језерима и барама вода мирна и омогућава развој већег броја биљака. Количина кисеоника варира у зависности од температуре и кретања воде, па је хладна вода у брзим потоцима и рекама богатија кисеоником. Због свих ових услова, водена станишта подржавају богат биодиверзитет који обухвата различите врсте риба, водених инсеката, жаба, алги и водених биљака.

Локвањи су биљке карактеристичне за слатководна станишта (мочваре, баре, језера). Имају модификовано корење (ризоме) које је изгубило способност апсорпције воде и минерала и служи само за учвршћивање биљке. Њихови листови су танки и плутају на површини воде како би максимизирали коришћење сунчеве светлости. Листови су зелени одозго јер су хлоропласти концентрисани на горњој површини. Имају танак епидермис за лако ослобађање воде. Потребне супстанце и растворени гасови се примају кроз листове директно из воде. Имају велике цветове који расту изнад воде, а латице својим бојама привлаче опрашиваче – инсекте. Семе је испуњено уљем како би плутало у води ради лакшег расејавања.



Локвањи

Прва асоцијација за животиње које живе у воденом окружењу су рибе. Имају опште адаптације као што су глатко и клизаво тело са хидродинамичким обликом ради смањења трења са водом, пераје за одржавање правца и смера кретања, шкрге са великом површином како би кисеоник лакше ушао у крв. Боја коже им помаже да се лако камуфлирају и заштите од предатора или да буду бољи ловци. Поред општих, многе водене животиње имају специфичне адаптације као што су Лоренцинијеве ампуле код ајкула које детектују електрична пражњења, оштри зуби код пирана за лов, камуфлажа код хоботница за заштиту од предатора, појава биолуминисценције код медуза и слично.



Лоренцинијеве ампуле на доњој страни главе ајкуле

Активност**Прилагођавање станишту**

Слике приказују две лисице – једна живи у арктичком окружењу, друга у пустињи.

Приказане су и две биљке – једна насељава пустињска станишта, а друга водена.

Наведите неколико видљивих анатомских адаптација које су повезане са условима у њиховом станишту. Објасните како ове адаптације помажу организмима да преживе у својим стаништима.

**Истражите ...**

... адаптације пингвина које им омогућавају да живе на Антарктику.

Проверите шта сте научили

1. Зашто се поларни региони и пустиње називају екстремним стаништима?
2. Шта кактус користи за фотосинтезу када се његови листови трансформишу у бодље?
3. Зашто и камиле и поларни медведи имају широка стопала, иако живе у различитим стаништима?
4. Тела животиња које живе на Арктику су округла, док су тела животиња које живе у пустињама издужена. Објасните зашто је то тако.
5. Наведите адаптације листа код локвања.
6. Изаберите једну водену животињу и напишите о њеним адаптацијама (пример: хоботница, кит).

Занимљива биологија

Постоје организми који живе у дубоким океанима. Прилагодили су се животу у потпуном мраку. Развили су способност биолуминисценције – стварање светлости коју користе да пронађу или намаме плен. Код рибе удичарке, светлосни орган је толико софистициран да подсећа на ужалену удицу. Може да светли и делује као мамац, привлачећи мање, радознале рибе. Уз помоћ ове адаптације, удичарке такође проналазе партнера за парење.



4.5 Утицај климатских промена на живе организме

Уводна активност

Шта је узрок топљења поларних ледених капа?

Да ли термини климатске промене и глобално загревање имају исто значење?

Шта доводи до глобалног загревања планете Земље?

Климатске промене су дугорочни поремећај климатских карактеристика неког подручја – промене просечних температура и циклуса годишњих доба, промене у распореду и интензитету падавина, појава суша и поплава и слично.

Ове промене директно мењају услове у одређеном екосистему и утичу на биљке и животиње које у њему живе. Већина врста се прилагодила постојећим условима који владају у њиховим стаништима, па када се услови поремете, организми постају рањиви. Промењени услови изазивају потребу за брзом адаптацијом, али већина биљака и животиња то не може постићи. Стога би велики број врста могао да нестане.

Утицај климатских промена на биљке

Климатске промене, а посебно глобално загревање, могу пореметити репродуктивни успех биљака, синхронизацију са опрашивачима и довести до поремећаја читавих екосистема и врста које тамо живе.

Наиме, глобално загревање има велики утицај на период цветања. Ако су пролећне температуре више, то може довести до раног цветања цветница. Промене пролећне температуре могу изазвати еколошку десинхронизацију (еколошку неусклађеност)



Појава снега и леда током цветања услед климатских промена

са њиховим опрашивачима. Пчеле и други опрашивачи се можда неће појавити, што ће директно утицати на опрашивање и оплодњу, а самим тим и на размножавање биљака. Рано цветање такође може утицати на опрашиваче који се хране нектаром. Због неусклађености, могу остати без хране и изумрети.

Климатске промене код неких биљака могу променити време између појаве лишћа и цветова. Ако је ово време прекратко, листови неће произвести довољно хране и неће се формирати плодови. Ако је временски период између појаве лишћа и цветова дужи, листови ће моћи да заштите цветове од хладноће и ниских температура.

Утицај климатских промена на животиње

Највећи утицај климатских промена и повећања глобалних температура примећен је на Северном и Јужном полу и код животиња које тамо живе. Поларни медведи су се успешно прилагодили условима које нуди Арктик. У ланцу исхране, они су врхунски предатори и хране се фокама. Поларни медведи не могу да хватају фоке док су у води, већ чекају у заседи близу рупа у леду где фоке излазе да удишу ваздух. Са променљивим климатским условима, а посебно са повећањем глобалних температура, лед на половима се топи. Ово смањује простор преко којег се поларни медведи могу кретати да би ловили фоке. Постоји тренд гладовања и губитка тежине међу поларним медведима, што утиче на њихову способност размножавања. Стога је опстанак ове врсте доведен у питање.



Поларни медвед ухватио фоку из рупе у леду

Климатске промене такође утичу на птице, посебно на њихове миграционе шеме. Повећане температуре узрокују временско померање миграције. Птице касније почињу своју миграцију или мењају своје миграционе руте. Више температуре подстиичу птице да се раније врате у своја матична подручја, али често се њихови извори

хране (инсекти или биљке) не појављују истим темпом, што узрокује временску неусклађеност. Многе птице такође мењају своје зимско одредиште, па неке птице које су раније зимовале код нас сада зимују у другим земљама северније. Истраживања показују да као резултат топлијих зима и доступности хране (због људске бриге), неке популације рода остају у Европи током целе године.

Ови феномени приморавају животиње да се прилагоде новим условима, али неће све врсте моћи да се прилагоде. Неке могу нестати или ће се њихов број драстично смањити.

Научноистраживачки приступи и модели

Постоји неколико приступа за анализу утицаја климатских промена на живе организме.

Коришћење биофизичких модела је савремени приступ који користи рачунарску апликацију за симулацију и израчунавање како просечни и екстремни климатски елементи (температура, вода, зрачење) утичу на одређене врсте биљака и животиња. Добијени подаци могу се користити за предвиђање будућих климатских промена и њиховог утицаја на живе организме.

Истраживања коришћењем хербаријумског материјала омогућавају поређење животних циклуса током деценија или векова и процену како су климатске промене мењале биодиверзитет у прошлости.

Лабораторијски и теренски експерименти директно тестирају биљке под повећаним температурама или различитим водним режимима и утврђују како ови услови утичу на раст, цветање, формирање семена и плодова.

Практичне мере и решења

Климатске промене највише погађају биљке које се гаје за храну, па су мере и решења која је потребно предузети у пољопривреди веома важни. Ове мере укључују садњу сорти отпорних на сушу, врућину и нередовне падавине, инсталирање система за наводњавање кап по кап, мулчирање (примена различитих врста покривача), заштиту од УВ зрачења, засењавање итд., што помаже у суочавању са високим температурама и несташицом воде.

Тakoђе се спроводи мониторинг (посматрање, праћење) природних заједница, при чему се у одређеном временском интервалу прате промене у цветању, лишћу, миграцијама, појави или нестанку биљака и животиња.

Очување и управљање стаништима подразумева заштиту природних екосистема, њихову рехабилитацију, стварање еколошких коридора, заштићених подручја, проглашење националних паркова итд.



Мониторинг сезонске миграције птица

Активност

Направите флајер у којем ћете представити утицај климатских промена на:

- промену миграционих шема неких птица (бела рода, сива гуска, ждрал),
- нове механизме расејавања код биљака (норвешки јавор, планински бор, еделвајс),
- промену периода цветања код биљака (јапанска трешња, јоргован, невен, маслчак),
- промену боје крзна код неких животиња (на пример, планински зец).



Еделвајс



Јапанска трешња

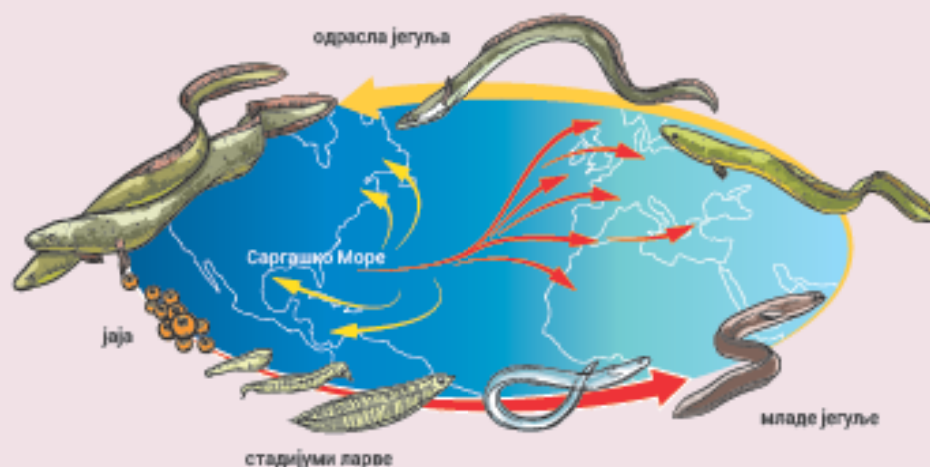
Проверите шта сте научили

1. Какав утицај климатске промене имају на биљке?
2. Објасните појам еколошке неусклађености код цветница.
3. Зашто су поларни медведи угрожена врста?
4. Који истраживачки приступи се користе за анализу утицаја климатских промена на живе организме?
5. Које мере се предузимају у пољопривреди како би се успешно узгајале биљке за исхрану?
6. Замислите једну биљку и једну животињу. Предложите које би се адаптације могле развити код њих ако би се просечна температура у њиховом станишту повећала много више од тренутне.

Истражите ...



... миграциону руту охридске јегуље – зашто је поремећена и које се мере предузимају да би се очувала у Охридском језеру.



Занимљива биологија



Хермелин мења боју крзна у зависности од дужине дана, а не од температуре. Када су зиме топлије и без снега, хермелин остаје бео иако нема снега, што га чини много лакшом метом за предаторе.



Питања за проверу знања из Теме 4

1. Шта подразумевате под појмом адаптација и којим условима се организми прилагођавају?
2. Како се листопадно и зимзелено дрвеће прилагођава када је земљиште замрзнуто (у условима несташнице воде)?
3. Наведите две адаптације алпске кокошке у условима ниске температуре.
4. Које адаптације има кртица за живот под земљом?
5. Коју физиолошку адаптацију имају кактуси за складиштење воде?
6. Зашто животиње које живе на великим надморским висинама имају већи капацитет плућа?
7. Како адаптације сови омогућавају да буде активна ноћу?
8. Зашто животиње које живе на Арктику имају дебели слој масти испод коже?
9. Како су се колибри прилагодили да се хране нектаром?



10. Како рибе које живе у хладним водама могу да преживе без смрзавања?
11. Наведите пример адаптације конкуренцији између две животиње које живе у истом станишту.
12. Како надморска висина утиче на адаптације биљака које тамо живе?
13. Упоредите адаптације кактуса и локвања на воду.
14. Које анатомске (морфолошке) адаптације имају рибе и водени сисари (на пример: ајкула и делфин).
15. Наведите разлике у адаптацијама понашања рода и смеђих медведа као резултат почетка зиме?
16. Које су адаптације неопходне да би камила преживела у пустињи? За сваку адаптацију напишите којој групи адаптација припада (анатомске, физиолошке или адаптације понашања).

17. Поређајте дате адаптације на одговарајуће место у табели.

- | | |
|--|--|
| А – игличасти листови са воштаним слојем код зимзелених биљака | З – повећани број црвених крвних ћелија |
| Б – територијална борба | И – производња отрова и токсина |
| В – ноћна активност | Ј – ритуали парења |
| Г – производња концентрованог урина | К – веће срце и плућа |
| Д – дебели поткожни слој | Л – обојеност тела |
| Ђ – излучивање вишка соли | Љ – одбрамбени положаји |
| Е – мировање семена | М – промена боје хермелиновог крзна |
| Ж – миграција и хибернација | Н – протеини у крви који делују као антифриз |

Анатомске адаптације	Физиолошке адаптације	Адаптације у понашању

Еволуциони развој живих бића, природна и вештачка селекција

Детективи прошлости: Како фосили причају о нашој историји?

Ова тема нас враћа далеко у прошлост како бисмо одговорили на једно од највећих питања у биологији: Како је настао сав живи свет који данас видимо?

Теорија еволуције открива да се живи свет налази у стању сталне и дугорочне трансформације. Најјачи доказ за то су фосили, који нам, као сведоци прошлости, омогућавају да реконструишемо изглед древних организама.

У суровој природи, опстанак није загарантован, већ је резултат природне селекције – процеса у којем само најснажљивији и најприлагођенији организми добијају шансу да наставе своју врсту. Овај механизам је такође одговоран за успон човека као врсте која је успела да се исправи и преузме контролу над својим окружењем. Занимљиво је да су и сами људи почели да мењају правила игре кроз вештачку селекцију, припитомљавајући дивље животиње и биљке према својим потребама.

У овој теми ћете разумети да је живи свет који данас видимо резултат процеса који је трајао милијардама година.

► Теорија еволуције

► Фосили

► Развој човека и његових предака

► Борба за опстанак и природна селекција

► Вештачка селекција

У овој теми ћете научити:

1. да објасните теорију о пореклу Универзума и планете Земље и теорију еволуције као науке која проучава историјски развој живих организама од њиховог настанка до данас;
2. да опишете фосиле као материјалне доказе еволуције који пружају тачне податке о изгледу и структури живих организама у прошлости на које се наука може ослонити;
3. да идентификујете људске претке и да разумете еволутивни развој људи од аустралопитекуса до хомо сапиенса кроз усложњавање структуре тела (исправљање кичменог стуба), увећање лобање и развој мозга;
4. да објасните теорију природне селекције, која се заснива на принципима варијабилности, адаптације и наслеђа, и да је упоредите са вештачком селекцијом коју људи спроводе како би добили јединке са жељеним особинама.

5.1 Стварање планете Земље и настанак живота

Уводна активност

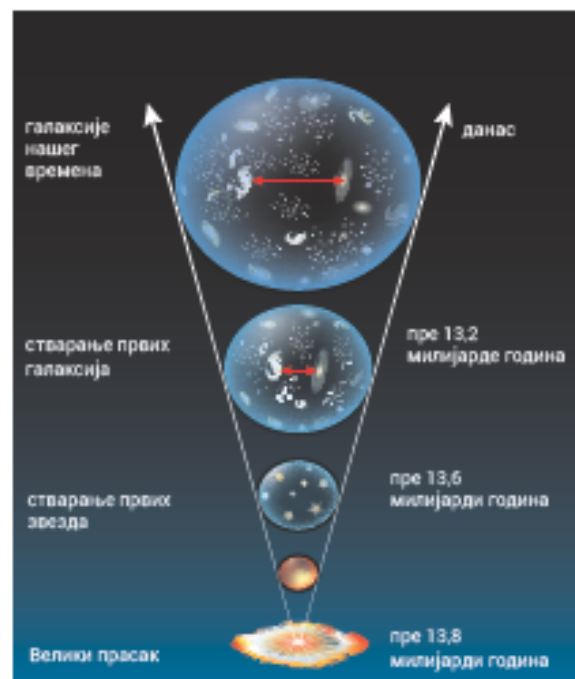
Ако погледате у небо ноћу, видите Универзум и многе светле тачке за које знате да су удаљена небеска тела. Шта мислите, колико су удаљене од нас у поређењу са Месецем? Можете ли да погодите њихов број? Да ли Универзум има крај?

Стварање планете Земље

Кроз прошлост, од давнина, многи мислиоци, а касније и научници, покушавали су да објасне постојање и порекло неба, хиљада видљивих светлих тачака – „звезда“, Сунца, Месеца и наше планете Земље. Ова објашњења су се углавном заснивала на веровањима и легендама, често фантастичне природе. Тако су стари Грци веровали да је универзум створио првобитни бог Хаос, од кога су рођени богиња Земље – Геја и бог неба – Уран. С друге стране, према Старом завету Библије, у књизи Постања, каже се да је „У почетку Бог створио небо и земљу“.

Данас је општеприхваћено научно објашњење за порекло небеских тела и њихово ширење по Универзуму такозвани „Велики прасак“ или „Big Bang“. Према њему, Универзум је почео као изузетно врућа, густа тачка пре око 13,8 милијарди година, која је у једном тренутку експлодирала. Експлозија је ослободила огромну количину енергије, која је прво створила светлост, а затим је део те енергије заробљен у материји. Временом се материја групирала, формирајући огроман број небеских тела и галаксија. Универзум је наставио да расте и шири се, што је узроковало да се галаксије и даље удаљавају једна од друге до данас. Величина простора је бесконачна, или можда толико велика да је људски ум не може замислити.

Наша галаксија, названа Млечни пут, само је једна од огромног броја га-



Шема стварања Универзума према теорији Великог праска

лаксија у Универзуму. Састоји се од многих звезда, планета и других небеских тела.

Сунце је звезда која је око себе формирала Сунчев систем од неколико планета и небеских тела која круже око ње, укључујући и планету Земљу. Старост Сунчевог система процењује се на око 4,6 милијарди година.

Верује се да је планета Земља формирана пре око 4,5 милијарди година. Слично другим планетама, почело је сабијањем вреле масе, која је постепено добијала сферни облик. На њеној површини формирана је кора (литосфера) – чврста љуска од стеновитих материјала, водена љуска (хидросфера) и ваздушна љуска од гасова (атмосфера). Првобитна Земља је имала потпуно другачије услове него данас: вулканске ерупције, присуство токсичних гасова, високе температуре, зрачење из свемира и сталне ударе метеорита. Временом су се услови стабилизовали, а вода је постала повољно место за појаву првих живих организама.



Галаксија Млечни пут са означеном локацијом нашег Сунца



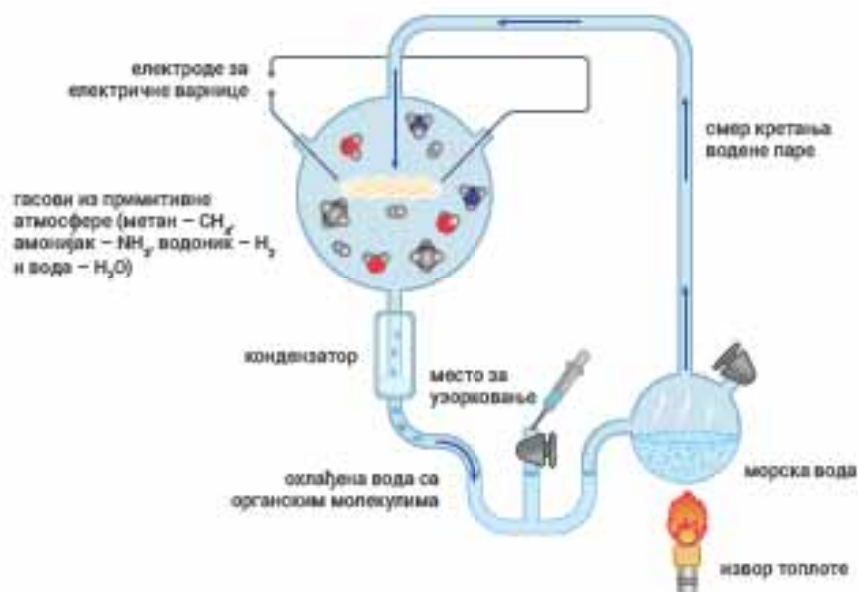
Дијаграм Сунчевог система (планете су поређане у линији само ради илустрације)

Настанак живота на планети Земљи

Ако узмемо у обзир хемијски састав свих живих организама на нашој планети, видимо да су састављени од четири групе једињења: протеина, липида (масти и уља), угљених хидрата (шећера) и нуклеинских киселина (у саставу наследног материјала). Ова једињења се називају органским једињењима јер се стварају само у живим ћелијама. С друге стране, сва остала једињења (стене, вода, гасови, минерали итд.) сматрају се неорганским јер се под одређеним условима могу створити у природи.

Према водећој научној теорији, живот на Земљи је настао у првобитном океану. Он је садржао разне молекуле донете честим метеоритима који су падали на површину. Под утицајем муња, вулканских ерупција и вреле лаве, као и зрачења из свемира, ови молекули су ступали у хемијске реакције и формирали сложеније органске молекуле.

Научници су покушали да ово докажу у лабораторијским условима, ван живе ћелије. Године 1953, хемичари Стенли Милер и Харолд Јури извели су такав експеримент у којем су рекреирали услове који су владали на планети пре 3,7 до 3,5 милијарди година. Наиме, у једну посуду су ставили морску воду, чије су паре спроведене у другу затворену посуду напуњену гасовима за које се верује да су били присутни у атмосфери у то време (метан, амонијак, водоник и водена пара). Посуда је садржала две електроде између којих су се стварале варнице, које су симулирале муњу у смеши водене паре и гасова. Добијена смеша је хлађена у кондензатору да би се добила течност на дну апарата. Тестирањем воде откривени су органски молекули аминокиселина, градивни блокови протеина. На тај начин је први пут доказано да се органска једињења, осим у живој ћелији, могу произвести у природи под прецизно дефинисаним условима.



Шематски приказ експеримента за добијање органских из неорганских једињења

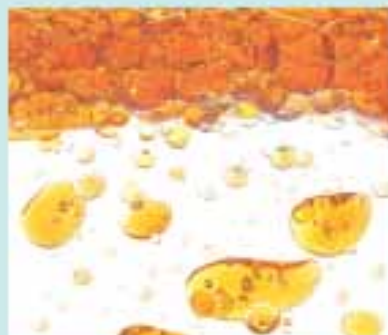
Таква открића довела су до објашњења да је живот настао спонтано, у воденој средини. Сва ова органска једињења, током дужег временског периода, ступала су у међусобне интеракције. Верује се да су тако настали коацервати – сферне структуре липида унутар којих су се налазиле органске супстанце. Ове структуре су се спајале (расле) и раздвајале (делиле), и током дужег временског периода из њих су се развиле прве примитивне ћелијске структуре.



Апстрактни приказ коацервата

Активност**Симулирање формирања коацервата**

У епрувету или малу провидну боцу (стаклену или пластичну) сипајте воду и уље за кување у једнаким количинама. Затим је затворите и снажно промешајте. Примићете веома мале „капи“ уља по целој води. Замислите да су то коацервати који садрже органске супстанце. Ако оставите течност да мирује, капи ће се спојити једна са другом и постати веће. Ако их поново промешате, раздвојиће се на још мање капљице.

**Проверите шта сте научили**

1. Објасните теорију Великог праска.
2. Колико је стар Универзум?
3. Када су се формирали Сунчев систем и наша планета Земља?
4. Опишите услове који су владали на планети Земљи током периода када се сматра да су се појавили први облици живота.
5. Објасните како су научници доказали да се органски молекули могу створити из неорганских молекула.

Истражите ...

... алтернативне теорије о пореклу живота, као што је теорија панспермије или да је живот настао око хидротермалних извора на океанском дну.

Занимљива биологија

Метеорит Аленди, који је пао на територију Мексика 1969. године, садржао је велики број органских молекула. Такође је садржао неке од најстаријих материјала од којих је формиран наш Сунчев систем. Старост метеорита процењује се на приближно 4,6 милијарди година, слично старости планете Земље. Научници га сматрају „временском капсулом“ која открива тајне прошлости и настанка живота.

5.2 Еволуција као наука

Уводна активност

Слике приказују плавог кита (дужине 30 m) и његовог далеког претка – пакицетуса,

од пре приближно 50 милиона година, дужине 1 до 2 m. Покушајте да објасните шта се заправо догодило са изгледом и начином живота претка. Да ли мислите да је процес промене животиње завршен?



Појам еволуције

Промена коју сте горе приметили код претка модерних китова једном речју назива се еволуција. **Еволуција** значи промене у организмима у изгледу, облику, исхрани, кретању, понашању и слично, током одређеног временског периода. Ови еволутивни процеси доводе до промена унутар врсте, појаве нових врста организама, али и изумирања неких од њих.

Иако постоји велика разноликост живих бића на нашој планети, све те врсте су повезане заједничким карактеристикама у ћелијској структури и функционисању у смислу основних биохемијских процеса. Данас је познато да су све врсте међусобно повезане заједничким генетским кодом. Гени су носиоци наследних особина које се преносе са генерације на генерацију и одређују како ће врста изгледати и живети. Међутим, током дужег временског периода, гени пролазе кроз промене под утицајем спољашње средине. Неке од тих промена постају наследне и преносе се на следећу генерацију, чиме се моделира врста.

Управо су те наслеђене промене у генима одговорне за велику разноликост живих бића. Ово открива фундаментални задатак еволуције као биолошке науке – да објасни како смо од једноставног почетка живота на нашој планети стигли до овог богатства јединствених живих бића.

Где и када се еволуција дешава?

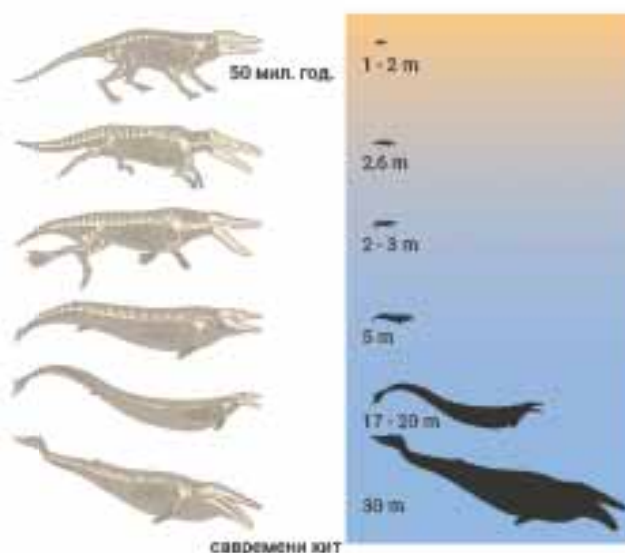
Еволуција се дешава свуда око нас. Живот је почео у океанима, проширио се по океанима, а затим освојио копно кроз организме који су се појавили као одговор на промене у окружењу. Сви живи организми настављају да еволуирају, често током дугих временских периода.

Китови су еволуирали од четвороножних сисара величине вука који су живели на копну пре око 50 милиона година. Прелазак на водени живот укључивао је низ адаптација, укључујући развој пераја, померање ноздрва на врх главе како би се формирали отвори за ваздух за ефикасно дисање током пливања, померање очију бочно,

адаптацију ушних костију за слух под водом, добијање хидродинамични облик тела, трансформацију репа у моћно пераје попут кормила и коначно нестанак задњих ногу.

Стога можемо закључити да се еволуција дешава током дугог временског периода, често милионима година.

Сличан пример је појава модерног слона или коња. Еволуциони пут модерних коња прати повећање величине тела (од 40 cm до 1,5 m), издуживање ногу и стопала, смањење броја бочних прстију на рачун издуживања и задебљања средњег прста, повећање ширине секутића итд.



Шематски приказ еволуције плавог кита

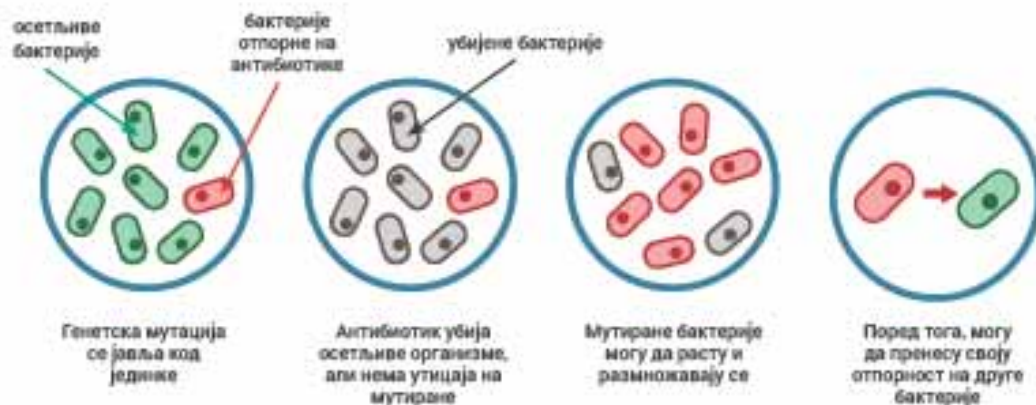


Шематски приказ еволуције савременог коња

Ове везе и изградња веза између предака и садашњих организама су могуће захваљујући фосилним остацима. Уз помоћ фосила и фосилних записа, као и користећи знање о климатским условима, научници успевају да направе веран приказ изгледа предака. Преци коња су повезани помоћу фосилних остатака ногу. Код других врста доступни су фосилни остаци зуба, лобања итд.

Еволуција се такође може одвијати релативно брзо. Пример такве еволуције налази се код бактерија. Пошто бактерије формирају популације великог броја јединки за кратко време, неке од њих могу стећи мутацију у свом генетском материјалу која их чини отпорним на антибиотик. Тако, јединке које немају мутацију биће уништене

антибиотиком, али ће мутиране наставити да расту и множе се, формирајући читаве популације отпорних бактерија. Стога је препоручљиво пажљиво користити антибиотике, само када је то неопходно.



Појава бактеријске отпорности на антибиотике

Генетски докази за еволуцију

Данас, развојем модерних технологија за анализу гена, добијају се знања која се користе за објашњење еволуције. Сви познати живи организми користе ДНК као свој генетски материјал и користе исти универзални генетски код за стварање протеина. Овај заједнички основни механизам указује на то да је сав живот настао од заједничког претка који је имао ове карактеристике.

Организми који су еволутивно ближи имају већи степен сличности у свом генетском материјалу од оних који су удаљенији. Дакле, ДНК људи и шимпанзи је око 98% идентична, што указује на скорашњег заједничког претка. С друге стране, генетске разлике између људи и мишева су много веће због њиховог дужег еволутивног раздвајања.

Различите врсте имају релативно сличне гене јер су их наследиле од заједничког претка. На пример, људи, краве и кокошке имају ген за инсулин од заједничког претка. Већа генетска сличност између две врсте указује на скоријег заједничког претка на еволутивној временској скали.

Многе врсте имају сличне гене који обављају сличне функције. Присуство таквих гена, као што су гени који контролишу организацију тела код многих животиња, указује на њихово заједничко порекло.

Активност**Еволуција одабране животиње**

Истражите на мрежи порекло животиње: медведа, мачке, слона, жирафе, крокодила, паука итд. Опишите промене које су ове животиње претрпеле током еволуције и повежите их са њиховом корисношћу за врсту.

Проверите шта сте научили

1. Дефинишите еволуцију као науку.
2. Када се еволуција дешава?
3. Колико је времена потребно да би се могло говорити о еволуцији?
4. Које врсте промена могу настати код врсте као резултат еволуције?
5. Које врсте доказа указују на постојање еволуције?
6. Како гени могу помоћи у објашњењу еволуције?

Истражите ...

... еволуцију птица. Са којим животињама су уско повезане? Који аргументи поткрепљују ове тврдње?

Занимљива биологија

Можда грешимо мислећи да временом организми постају интелигентнији и сложенији. Напротив, еволуција прилагођава организме условима околине. Тако, бактерије, које су једни од најстаријих организама на нашој планети, имају веома једноставну структуру, али су веома успешне и успеле су да опстану веома дуго на планети.



5.3 Геолошка временска скала

Уводна активност

Покушајте да поређате следеће организме на временској скали, почевши од најстаријег до најмлађег:

диносауруси – бактерије – мамути – црви – четинари – људски предак који користи метал – цвеће – хрскавичаве рибе (ајкуле) – амебе – жабе – коштане рибе (шаран) – људски предак који користи ватру – инсекти – алге – птице

Проверите исправан редослед након изучавања ове наставне јединице.

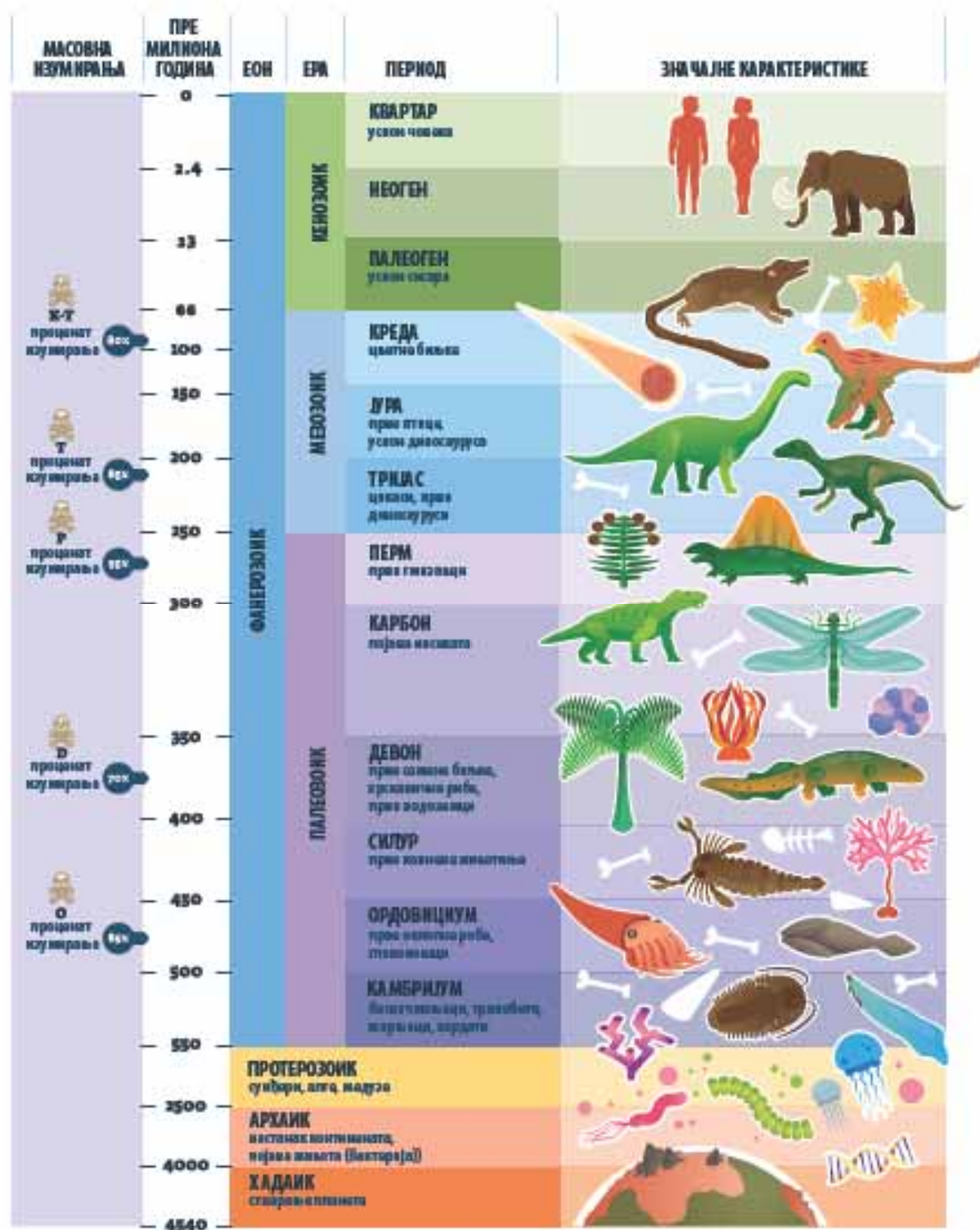
Након формирања планете Земље, њена кора је претрпела промене. Паралелно са њима, климатски услови су се драстично мењали. Током дугог временског периода, они су покретали еволуцију, узрокујући сталне промене у живом свету. Појавиле су се нове врсте, док су друге изумрле. Ови процеси се одвијају од формирања планете пре 4,5 милијарди година, па све до данас.

На основу геолошких доказа и пронађених фосила, научници су створили геолошку временску скалу која се састоји од временских јединица различитог трајања. **Геолошка временска скала** је систем изражавања појединачних периода прошлости планете Земље. Користи се у геологији, палеонтологији и другим наукама о Земљи. Поделе геолошког времена врше се на основу неких главних догађаја који су се десили на Земљи. Тако се геолошко време дели на еоне, еони на **ере**, а оне се даље деле на **периоде**, епохе и доба. Временске јединице имају имена која означавају специфичне климатске услове и жива бића на планети.

Еон у геолошкој временској скали означава веома дуг временски интервал. До сада су научници идентификовали четири еона: хадаик, архаик, протерозоик и фанерозоик. Прва три еона (хадаик, архаик и протерозоик) се понекад класификују као супер-еон прекамбријум.

Верује се да 80% историје планете Земље припада прекамбријском супер-еону. Он обухвата временски период од формирања Земље пре 4,5 милијарди година до пре 539 милиона година, тј. трајао је скоро 4 милијарде година*. Током тог периода, пре 3,5 до 3 милијарде година, формирана је Земљина кора и почетна атмосфера (хадаик). Касније, у архаику, појављују се први облици живота и прве бактерије (међу њима и прве аутотрофне бактерије, цијанобактерије, које врше фотосинтезу) и дуго владају планетом. Пре око 635 милиона година, у протерозоику, појавили су се први вишећелијски организми, који су живели у плитким океанским водама. Пред крај прекамбрија, кисеоник се такође појавио у атмосфери, али у веома малим количинама.

* Извор: Међународна хроностратиграфска карта (www.stratigraphy.org)



Шема геолошке временске скале са неким од значајнијих догађаја за сваки период



3Д-реконструкција организама који су живели на крају прекамбријума

Затим долази еон фанерозоик, који је подељен на три ере: палеозоик, мезозоик и кенозоик. Свака од њих је, заузврат, подељена на краће временске интервале – периоде.

Палеозојска ера

Палеозојска ера (палеозоик) уследила је након прекамбрија и обухвата период од пре 539 милиона година до пре 252 милиона година. Назив палеозоик је састављен од грчких речи *палеос* (стар) и *зоон* (животиња), што би значило старе животиње. У овој ери дошло је до значајног повећања нивоа кисеоника у атмосфери, али и даље испод данашњег нивоа.

Палеозоик обухвата шест периода – камбријум, ордовициј, силур, девон, карбон и перм. Сваки од има своје биолошке и геолошке карактеристике.

- Период **камбријум** (пре 539 до пре 487 милиона година) је најстарији период палеозоика. Овај период је познат по брзој појави и ширењу разних врста организама у океанима, често описиван као „камбријска експлозија живота“. Током овог периода појавили су се многи бескичмењаци који и данас постоје, као што су разни сунђери, мекушци, жарњаци, црви и бодљокошци, као и многе друге животиње које се разликују од данашњих. Током овог периода појавили су се и трилобити (сада изумрли зглавкари), који су први развили чуло вида. Постоје тврдње да је било више од 100 различитих врста ових првих зглавкара, а неки су изашли на копно које је у то време било ненасељено.



3Д-реконструкција трилобита



3Д-реконструкција организама из камбријума

Преци кичмењака се такође појављују у камбријуму. Ове животиње се називају хордати због присуства неуралне цеви (хорди) на леђној страни тела.



3Д-реконструкција претка хордата (животиња са неуралном цевом) из камбријума

- **Ордовициј** је период након камбријума (пре 487 до пре 443 милиона година). Током овог периода наставља се развој нових врста, а посебно важна група која се појављује у овом тренутку су кичмењаци, или безвиличне рибе – преци данашњих риба. Главоношци су постали доминантни у скоро свим морским срединама. Неке групе зглавкара почињу да насељавају копно.



3Д-реконструкција изумрле безвиличне рибе



3Д-реконструкција животиња из ордовиција

- Након ордовицијума следи период **силур**, који обухвата временски интервал од пре 443 до пре 420 милиона година. Током овог периода појављују се прве рибе са вилицом, као и прве копнене биљке и гљиве. Карактеристични представници овог периода су џиновски зглавкари дужине преко једног метра. Велики број зглавкари постају копнене животиње.



3Д-реконструкција изумрлог џиновског зглавкара (дужине око 2 метра) из силура

- **Девон** (пре 420 до пре 359 милиона година) је период познат као „Ера риба” због развоја различитих облика риба (оклопне рибе, бодљикаве ајкуле и примитивне коштане и хрскавичаве рибе). Овај период је од највеће важности за еволуцију живота на копну са појавом првих жаба, инсеката, паука, стонога и четвороножних кичмењака (водоземаца).



3Д-реконструкција риба из девона – слатководна ајкула (хрскавичава риба), оклопна коштана риба.



3Д-реконструкција представника предака четириножних кичмењака из девона: изумрла ходајућа риба, ихтиостега (способна да живи у води и на копну), латимерија (риба која је успела да преживи до данас, названа „живи фосил”).

- Назив следећег периода, **карбон** (пре 359 до пре 299 милиона година), делимично открива карактеристике овог периода. Формирање угља (лат. *carbo*) повезано је са овим периодом, одакле и потиче име. Током овог периода владали су услови у којима су доминирале биљке без семена: маховине, папрати, коњски репић, циновске дрволике папрати и слично – које су формирале густе, мочварне шуме. Опсежно разлагање биљне материје у мочварама сиромашним кисеоником створило је велики део светских налазишта угља.



3Д-реконструкција животиња из карбона

Живот се наставио развијати у води и на копну, а због веће количине кисеоника у атмосфери (око 30% више него данас), копнени зглавкари су достигли џиновске димензије. Тако су пронађени остаци вилиног коњица са распоном крила од око 70 cm и џиновске стонуге дужине око 1,6 метара и ширине до 50 cm. Водоземци су били доминантни копнени кичмењаци у карбону, а први гмизавци су се појавили пред крај периода.

- Последњи период палеозојске ере назива се **перм** (пре 299 до пре 252 милиона година). Клима постаје сувља, па џиновске папрати замењују нове врсте биљака – голосеменице, укључујући гинкго и цикасе. Гмизавци овог периода сматрају се прецима каснијих врста гмизаваца (диносауруса, змија, корњача, крокодила) и птица. Неки од њих се повезују са прецима сисара.



Иако по изгледу и физиологији подсећају на гмизавце, ове животиње (диметродон и горгонопс) су блиски сродници директних предака сисара (3Д-реконструкција)

Палеозоик се завршава пре око 252 милиона година. Научници нису сигурни шта је био узрок (масивни вулкани, земљотреси, можда комета итд.), али пред крај перма догодило се најмасовније изумирање живих бића забележено до тада (до сада је било 5 масовних изумирања). Груба процена је да је изумрло 9 од 10 морских врста, као и 7 од 10 копнених врста.

Мезозојска ера

Мезозоик (од грчке речи *мезо* – средњи) је почео пре 252 милиона година и трајао је до пре 66 милиона година. Ниво кисеоника је био нешто нижи него данас. Ова ера је познатија као ера диносауруса. Уз њих су живеле и друге животиње: ајкуле, коштане рибе, пужеви, шкољке, голосеменице, посебно четинари итд.

Мезозојска ера је подељена на три периода: тријас, јуру и креду.

- **Тријас** је најстарији период, који је трајао од пре 252 милиона година до пре 201 милион година. У овом периоду појавили су се први диносауруси, али не тако велики као каснији. Уз њих су живели и гмизавци – неки на копну, неки у води (ихтиосауруси), а неки су се специјализовали за лет (птеросауруси). У тријасу су се појавили и мали сисари.



3Д-реконструкција нединосаурских гмизаваца из тријаског периода – птеросауруса и иктиосауруса



3Д-реконструкција једне од првих врста сисара у тријасу

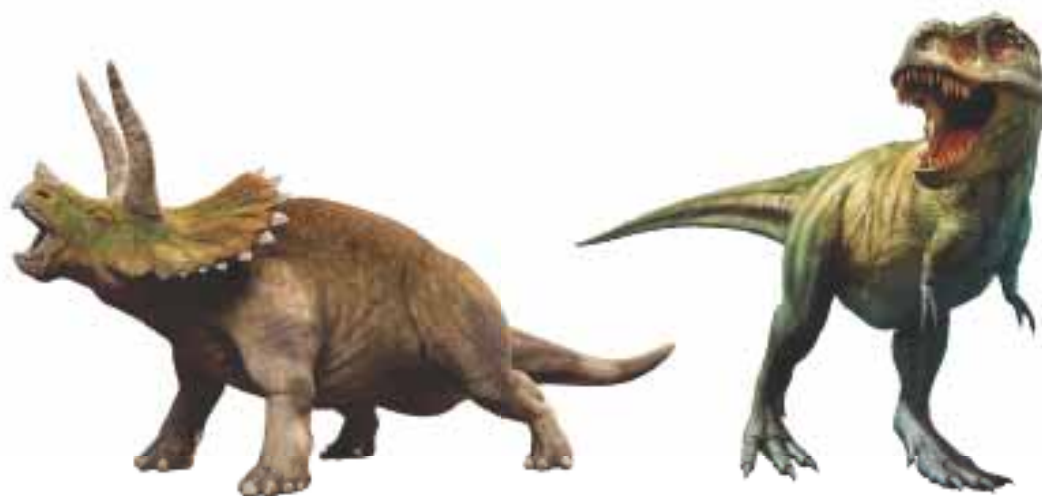
- Период **јуре** (пре 201 до 143 милиона година) је потпуно под доминацијом диносауруса. Њихово име је комбинација грчких речи *deinos* (страшан, моћан) и *sauros* (гуштер, гмизавац). Доминирали су морем и копном, а њихове величине су се кретале од џиновских до сићушних, величине мачке. Неке врсте летећих диносауруса из овог периода су преци данашњих птица.



3Д-реконструкција специфичних врста диносауруса из периода јуре: аргентиносаурус (највећи диносаурус који је икада постојао: дугачак 30–35 метара, тежак 65–80 тона), летећи диносаурус археоптерикс (једна од првих птица), алосаурус (месојед), стегосаурус (биљојед), брахиосаурус (биљојед)

Сисари у јури били су мале животиње које су често живе у подземним тунелима и јазбинама. Ове животиње су биле преци данашњих плацентних сисара и торбара.

- Након јуре следи период **креде** (пре 143 до пре 66 милиона година). Током овог периода, диносауруси и даље владају, али све више врста малих сисара постаје важно у екосистемима. Летећи гмизавци полако нестају, а птице постају разноврсније и заузимају њихово место. Повећава се и број цветних (скривеносеменних) биљака. Њихово ширење иде паралелно са ширењем нових врста инсеката: мрав, пчела, лептира итд.



3Д-реконструкција диносауруса из креде – трицератопс (биљојед) и тираносаурус рекс (месојед)

Богата фауна мезозојске ере поново се суочила са масовним изумирањем. Научници претпостављају да је узрок био велики удар метеорита који је дуго променио климатске услове. Ово изумирање отворило је врата новим врстама организама, посебно сисарима.

Кенозојска ера

Кенозојска ера почиње пре 66 милиона година и траје до данас. Подељена је на три периода: палеоген, неоген (понекад груписани заједно као терцијар) и квартар. У кенозоику су диносауруси изумрли. Њихово место су брзо и успешно заузеле разне нове врсте сисара. Многи од њих су временом изумрли, али су се појавиле и нове. Познати су џиновски сисари попут мамута, сабљастозубих мачака и џиновских лењиваца, заједно са другим разноврсним групама попут китова, примитивних коња и џиновског носорога без рогова. Морски сисари попут китова, делфина, морских свиња и морских крава еволуирали су од копнених сисара. Ова ера је такође обележила успон модерних птица, док су многи гмизавци, попут корњача и крокодила, преживели претходно масовно изумирање. Велике грабљивице попут ајкуле мегалодона и праисторијске џиновске змије (титанобоа) такође су биле значајни представници кенозоику. У последњем периоду, квартару, појављује се предак човека.



3Д-реконструкција животиња из кенозика: длакави мамут, смилодон (сабљаст тигар), џиновски носорог без рогова (парацератеријум), џиновски носорог, џиновска нелетећа птица

Истражите ...



... климатске услове у свакој ери. Зашто су неки живи организми преживели, а други изумрли?

Активност

Животиња из прошлости

Изаберите животињу из прошлости. Истражите њене карактеристике, исхрану и временски период у којем је живела. Представите своје истраживање својим школским друговима. Разговарајте о томе шта је могло допринети њеном изумирању.

Проверите шта сте научили

1. Објасните шта је геолошка временска скала.
2. Наведите неколико група организама које су биле специфичне за сваки период геолошке временске скале.
3. Шта се дешавало са врстама током времена?
4. Направите поређење између типова организама који су живели у далекој прошлости и данас у смислу сложености њихових карактеристика.
5. Када се човек појављује у геолошкој временској скали?

Занимљива биологија



У прошлости, када је у ваздуху био већи проценат кисеоника, инсекти и други зглавкари су достигали веома велике величине. Једина препрека зашто нису достигли величину диносауруса је њихов начин дисања – цевима које су се гранале унутар њихових тела. Да су зглавкари развили неки други начин дисања, планетом би владали вилини коњици величине хеликоптера или шкорпије величине аутобуса.

5.4 Палеонтологија – наука о животу у прошлости

Уводна активност

Шта је приказано на слици? Која је то врста животиње? Када мислите да је животиња живела? Шта јој се догодило да је оставила такав траг?



Наука која проучава прошлост живих бића на планети назива се **палеонтологија**, а научници који проучавају ову науку називају се **палеонтолози**. Палеонтолози откривају окамењене делове, целе организме или њихове трагове и повезују их са врстом биљака и животиња, као и периодом у којем су живели. Ови научници могу радити на ископавањима на терену, али и у лабораторијама, музејима и другим научним институцијама.

Окамењени остаци биљака и животиња, настали пре милиона година, називају се **фосили**. Фосили могу бити разни окамењени отисци, делови биљака или целе биљке, остаци кућица пужева, шкољке, зуби, кости, делови скелета, понекад и цели скелети, измет, крзно, перје, али и фосили микроорганизама. Они представљају материјалне доказе који пружају информације о томе како су животиње и биљке изгледале пре милиона година.



Палеонтолог на теренском ископавању

Формирање фосила

Фосили се формирају током дужег временског периода након што организми изумру. Процес претварања остатака и отисака стопала у фосиле назива се **фосилизација**. Најчешће, фосилизација се јавља као резултат прекривања остатака изумрлих организама **седиментима**, катраном, тресетом, ледом или смолом. Њихово прекривање је изазвало стварање окружења са малом количином ваздуха и кисеоника око мртвих организама, што је спречило њихово даље разлагање.



Шематски приказ процеса формирања фосила

Постоји неколико начина на које се фосили формирају. Први је путем петрификације (окамењивањем). Након што организам умре, он се укопава у седименту прашине, пепела, муља, тресета и слично. Подземне воде богате раствореним минералима (као што су силицијум диоксид или калцијум карбонат) продиру у ситне поре и празне просторе костију, шкољки или дрвета. Временом, ови минерали кристалишу и стврдњавају се, претварајући организам у његову камену копију.

Други начин на који се фосили формирају је путем калупа и одливка. Организам (као што је шкољка) се прекрива седиментима који се временом стврдњавају у стену око њега. Кисела подземна вода затим раствара стварну љуштуру (организам), остављајући за собом шупљину у тачном облику организма. Овај шупљи простор је калуп (негатив организма). Касније, седименти или минерали испуњавају шупљину калупа и стврдњавају се. Овај процес ствара чврсту тродимензионалну реплику оригиналног организма, познату као одливак (позитив). Овако настају фосили амонита, шкољки, пужева итд.

Фосили се такође могу формирати карбонизацијом. Изумрли организми (обично биљке, инсекти или рибе) брзо се прекривају многим слојевима тешког седимента. Интензиван притисак и топлота узрокују да се све течне и гасовите компоненте (водоник, кисеоник, азот) истискују из организма. На површини стене остаје само танак, црни филм угљеника, попут силуете или цртежа. Ова метода чува детаље меких делова (листови папрати, крила инсеката, перје) који би се иначе потпуно распали.

Фосили се могу наћи у катранским јамама јер лепљива, вискозна супстанца заробљава животиње, штитећи их од кисеоника и распадања.

Фосили се такође формирају у тресетиштима (делимично разложене биљке) у мочварама. Јединствени услови тамо – висока киселост, низак садржај кисеоника и ниске

температуре – спречавају разлагање и чувају органску материју као што су кожа, крзно или длака, па чак и цела тела.

Посебна врста фосила су ћилибарски фосили, који су заправо древна смола четинара која је окаменила, често заробљавајући и чувајући организме као што су инсекти, биљке, па чак и мале животиње у себи.

Постоје и такозвани трагови живота (фосилни трагови) који нису остаци саме животиње, већ доказ њеног понашања. Настају када животиња остави отисак кретања у меком седименту (блату или влажном песку), који брзо прекрива нови слој седимента који га штити док се слојеви претварају у стену.

Ледени фосили, названи замрзнути фосили, су остаци организама сачуваних у леду или замрзнутом тлу, често са неразложеним меким ткивима као што су кожа, крзно и органи.



Различите врсте фосила – окамењени фосил (археоптерикс), калуп и одлив (трилобити), карбонизовани фосил (отисак листа), фосил у ћилибару (заробљени инсект), фосилни отисци стопала, фосил зуба

Одређивање старости фосила

На тај начин прекривени, фосили остају у дубоким слојевима формираним новим седиментима током дужег временског периода. Испирањем слојева седимента од јаких киша, као и након тектонских покрета, остаци организама могу се померити у плитке слојеве литосфере и изаћи на површину.

Старост фосила може се предвидети према дубини слоја у коме се налазе. Проналажење фосила у дубљим слојевима указује на то да су ти организми били старији становници Земље. Али то



Различити слојеви са фосилима

није увек случај, понекад фосили „изађу“ на саму површину. Неки организми који су формирали фосиле живели су само током одређеног временског периода. То их чини корисним у процени старости слојева стена, па су стога познати и као индикаторски фосили. Да би добили прецизније старости, научници користе радиометријско датирање. Ово подразумева мерење односа радиоизотопа одређеног елемента у стенама.

Повезивањем фосила различитих организама са одређеним периодом, могуће је створити слику живота током тих периода, познату као фосилни запис.

Фосилни запис је збирка свих фосила, или сачуваних остатака древних организама, пронађених у слојевима стена, која документује историју живота на Земљи и његову еволуцију током милијарди година. Они су важни за разумевање еволуције, пружајући доказе о томе како се живот мењао, укључујући све већу сложеност и разноликост врста, појаву и изумирање животних облика и еволутивне лозе, као што је прелазак са диносауруса на птице или еволуција раних људи. Они пружају увид у начин живота и услове животне средине датог периода. На пример, фосилни запис из периода јуре нам омогућава да уђемо у свет диносауруса како бисмо разумели њихове карактеристике и изглед, величину, навике исхране, кретање, размножавање итд.

Активност

Дан у животу палеонтолога

Ставите се у позицију палеонтолога и напишите дневнички запис у којем ћете описати један дан живота теренског ископавања. Требало би да укључите информације о томе где копате фосиле, колико пажљиво то радите, колико дуго копате фосиле, која вам је опрема потребна и тако даље.

Проверите шта сте научили

1. Објасните шта палеонтологија проучава.
2. Која је улога палеонтолога?
3. Шта су фосили и какви могу бити?
4. Наведите различите начине фосилизације.
5. Зашто је фосилни запис важан?

Истражите ...



... како палеонтолози састављају комплетне скелете давно изумрлих животиња и реконструишу њихов изглед.

Занимљива биологија



Занимљива је идеја да научници могу да врате диносауруса. Међутим, истина је да је за то потребан добро очуван наследни материјал – ДНК. У свим фосилима који су пронађени, без обзира колико добро очувани били (на хладно, тамно и суво), чак и онима у ћилибару, нема сачуване ДНК, јер је подложна разградњи.

5.5 Еволутивно порекло човека

Уводна активност

Размислите како се фосили могу користити за праћење еволутивног развоја организма? Које животиње су најсличније људима? Које карактеристике су кључне за ваше гледиште? Опишите неке карактеристике за које сматрате да су заједничке.

Људи су одувек били заинтересовани за порекло човека (антропогенезу). Прва веровања су била повезана са разним легендама и религијама. Развојем науке прикупљене су бројне чињенице које указују на сличност у грађи људског тела са телом других животиња. У 18. веку, Карл Лине, отац систематике, класификовао је човека као *Homo sapiens* (мудар човек), смештајући га у животињско царство, тачније у ред примата, заједно са нижим и вишим мајмунима.

Еволуциона историја која је довела до појаве човека почиње пре више од 200 милиона година и обухвата неколико фаза.

Појава првих сисара

(касни тријас, пре око 225 милиона година)

Ове животиње су биле веома мале, често сличне данашњим ровкама, и живе су поред диносауруса. Десетинама милиона година, ови први сисари су били инсектоједи и вероватно углавном ноћни, што им је помогло да избегну директну конкуренцију са дневним гмизавцима. Рани сисари су развили способност одржавања константне телесне температуре, крзно за изолацију, ефикасније четворокоморно срце и боље чуло мириса и сналажења у мраку. Имали су специјализоване зубе (секутиће, очњаке, кутњаке) за ефикасно жвакање и прераду хране, што је била велика еволутивна предност у односу на гмизавце који су имали само конусне зубе.



Тријаски сисар (3Д реконструкција)

Разноликост сисара

(граница креде и палеогена, пре око 66 милиона година)

Масовно изумирање које је збрисало већину диносауруса омогућило је преживелим сисарима да порасту и диверзификују се, попуња-



Предак примата који је живео пре 66 милиона година (3Д реконструкција)

вајући нова еколошка станишта. Њихова способност да одржавају константну телесну температуру подстакла је њихову еволуцију и омогућила им да буду активни на различитим температурама у средини.

Први примати

(пре око 55–60 милиона година)

Први примати су почели да се појављују током велике глобалне промене. Новонастале траве, жбуње и разне друге биљке почеле су значајно да се шире. Ова разноликост, заједно са блажом климом, допринела је ширењу густих и бујних тропских и суптропских шума широм света.

Примати су развили низ адаптација за живот на дрвећу, укључујући флексибилан, ротирајући рамени зглоб, веома покретне екстремитете, дланове са пет прстију и супротно постављеним палчевима и равне нокте уместо канџи. Све им је то омогућило да буду спретни у кретању по гранама и манипулисању предметима. Развили су очи окренуте напред, што је допринело оштром виду и перцепцији дубине неопходној за кретање по дрвећу. То је довело до смањеног ослањања на мирис и до краћих њушки. У поређењу са другим сисарима сличне величине, примати су имали већи мозак у односу на величину тела.

Снажна селекција у новом окружењу довела је до убрзане промене карактеристика примата. Примитивни примати су еволуирали, што је на крају довело до еволутивне гране која укључује мајмуне, човеколике мајмуне и људе.

Раздвајање лозе хоминина

(пре око 6–8 милиона година)

Људска лоза се одвојила од предака модерних шимпанзи и горила. Климатске промене су довеле до тога да се тропске шуме промене у простране саване са ретким дрвећем. То се одразило на развој најранијих хоминина (човеколиких створења). Неко време су живели на дрвећу, али су постепено били приморани да се спусте на земљу



Еволуциони однос између различитих група примата

и траже храну (воће, семе и корење, али и инсекте и мале животиње које су могли да ухвате). Затим су почели да показују прве знаке усправног ходања на две ноге. То је доказано фосилима са отвором у основи лобање где излази кичмена мождина и структуром карлице и бутне кости. Предност ходања на две ноге је појава слободних руку за ношење младунаца или, алтернативно, оружја за заштиту од опасности итд.

Научници су до сада открили и анализирали хиљаде фосилних остатака људске фамилије. Они указују на разграњено еволутивно стабло које води од мајмуноликих бића до модерних људи и документује време и брзину којом су еволуирали.

Савремена класификација човека

Године 1871, Дарвин је објавио књигу „Порекло човека“, у којој је представио човека као највишу развојну карику у органском свету, који има заједничке, давно изумрле претке са савременим човеколиким мајмунима (антропоидима). Ово дело описује настанак човека и наводи доказе за то.

Према Дарвину, човек је почео да се развија пре 3 милиона година, од неког облика човеколиког мајмуна и стекао је нове особине које га разликују од осталих мајмуна. Као одговор на стечене промене у генетском материјалу од заједничког претка, током дужег временског периода, прилагодио се новонасталим условима животне средине, клими, исхрани и начину живота. Промене су се преносиле са генерације на генерацију и изазвале су велике разлике у изгледу и функционисању између човека и осталих примата.

Данас, научна сазнања сврставају људе у ред примата, у групу човеколиких мајмуна (антропоиде, човеколика бића), у породицу хоминида заједно са шимпанзама, бонобоима, горилама и орангутанима.



Хоминиди – шимпанзо, бонобо, горила, орангутан

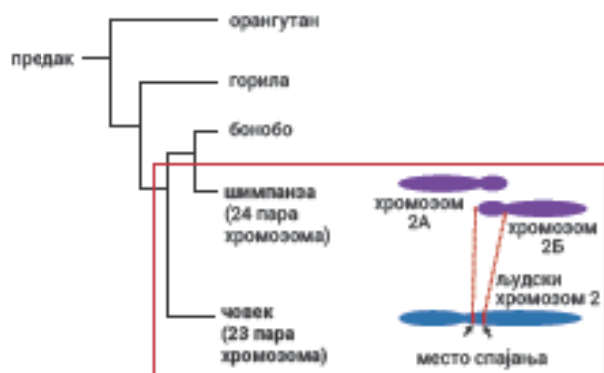
Физичке и генетске сличности потврђују да савремена људска врста, *Homo sapiens*, има веома блиску везу са другом групом примата – мајмунима. Наиме, генетски материјал људи показује највећу сличност са генетским материјалом шимпанзи, чак 98,8 %. То значи да људи и шимпанзе имају заједничког претка који је живео пре око 6 до 8 милиона година.

Иако су ДНК секвенце људи и шимпанзи 98,8 % идентичне, организација ДНК у хромозомима се разликује код људи и других великих мајмуна. Бонобо и шимпанза (род *Pan*), као и горила и орангутани, имају један пар хромозома више од људи. Наиме, код људи су се два хромозома средње величине спојила и формирала хромозом 2. Од осталих парова, осамнаест је готово идентично код људи и великих мајмуна, док су остали преуређени.

Такође постоји велика сличност између људи и великих мајмуна у структури скелета и унутрашњих органа. Имају и сличне телесне температуре, а људи и шимпанзе имају исте крвне групе.

Табела: Сличност наследног материјала различитих група организама са људским

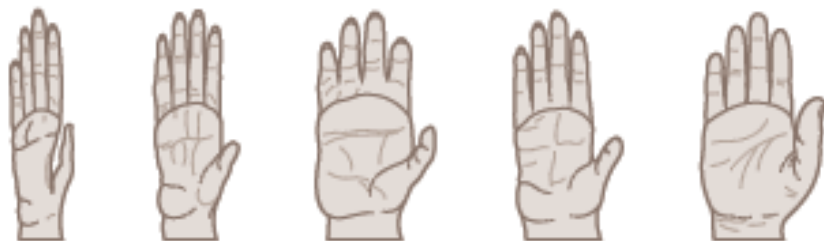
организам	сличност генетског материјала са људским
банана, винска мушица	60 %
птица	75 %
пас	90 %
шимпанза	98,8 %



Генетска повезаност људи са шимпанзама



Сличност у структури скелетног система код антропоида: гибон, горила, орангутан, шимпанза и човек



Сличност у структури длана код гибона, орангутана, горила, шимпанзе и човека

Поред великих сличности у структури и функционисању тела, антропоиди се издвајају од осталих животиња због своје интелигенције и способности учења, емоција, комуникације гласовима и изразима лица, живота у заједницама и слично.

Активност

Сличности између људи и шимпанзи

Направите списак сличности у понашању, изгледу и грађи тела између шимпанзи и људи. Користите податке које пронађете на мрежи.

Проверите шта сте научили

1. Зашто се еволутивно порекло људи повезује са примитивним сисарима тријаског периода?
2. Шта је довело до појаве сисара?
3. Опишите неке карактеристике грађе првих примата и повежите их са њиховим начином живота.
4. Шта је разликовало прве хоминине од осталих примата? Када се то догодило?

Истражите ...



... генетске разлике између људи. Колики проценат генетског материјала се разликује између људи? Да ли на планети могу постојати две особе са идентичним генетским материјалом? Да ли постоји разлика између два идентична близанца?

Занимљива биологија



Могу ли се мајмуни који живе на дрвећу похвалити завидним математичким способностима? Можда не знају како да сабирају или одузимају, али су одлични у „израчунавању“ где да се ухвате за грану како би била што еластичнија и да се не би сломила под њиховом тежином, и све то могу да ураде у делићу секунде. Међутим, то није математичка процена, већ интуитивна, користећи чула вида и слуха, као и искуство.

5.6 Људски преци

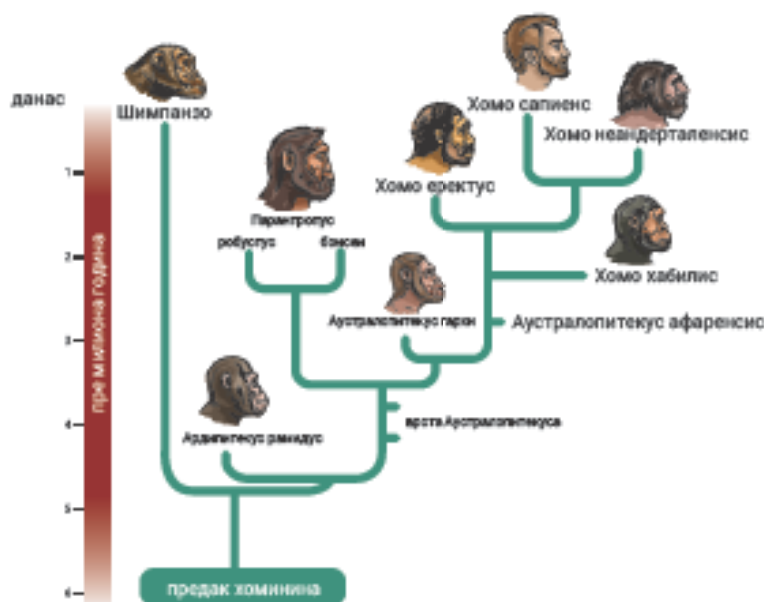
Уводна активност



Погледајте слику. Размислите о њој и покушајте да замислите како ће људи изгледати у будућности. Објасните шта се догодило, шта се дешава и шта ће се догодити у будућности са карактеристикама људи.

Људска еволуција подразумева дуги процес адаптивних промена кроз које су људи еволуирали од мајмуноликих предака. Једна од најранијих људских особина, двоножност (способност ходања на две ноге), еволуирала је пре више од 6 милиона година. Друге важне људске карактеристике, као што су велики и сложен мозак, способност израде и коришћења алата и способност развоја говора и језика, развиле су се недавно. Многе напредне особине, укључујући сложено изражавање кроз симболе и знакове, уметност и сложену културну разноликост, појавиле су се углавном током протеклих 100 000 година.

Људска еволуција није права линија, са дефинитивним почетком и крајем, већ је разгранато дрво са много грана и гранања које се протежу кроз дуге временске и просторне периоде. Неке од њих се слепо завршавају, а неке су нејасне.

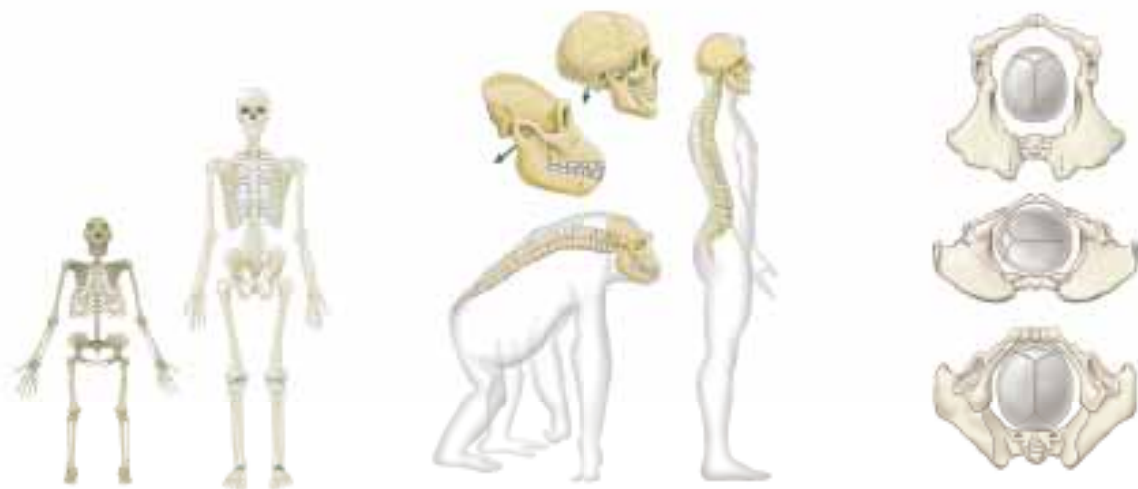


Приказ еволуције модерног човека (хомо сапиенса) према фосилним записима

Појава праљуди – род *Australopithecus*

(пре око 2 до 4 милиона година)

Аустралопитекуси обухватају разне потпуно двоножне врсте које и даље имају релативно мали мозак у односу на величину тела. Њихова карлица подсећа на карлицу модерних људи, али њихови грудни кошеви показују пирамидалну структуру попут оне код мајмуна. Постоје докази да су неки аустралопитекуси такође користили једноставне камене алате. Сматра се да су аустралопитекуси изумрли пре око милион година, док се једна од врста аустралопитекуса – *Australopithecus afarensis* – сматра директним предком рода *Homo*.



Упоредна анатомија скелета
аустралопитекуса и човека

Упоредна анатомија
лобање и кичменог стуба
аустралопитекуса и човека

Упоредна анатомија карлице
шимпанзи, аустралопитекуса
и човека

Аустралопитекус афаренсис био је висок око 110 cm и потпуно способан да хода усправно, што доказује његова скелетна структура, имао је закривљену кичму и заобљена стопала. Упркос томе што је био двоножан, имао је мали мозак (запремине око 400–500 cm³) и дуге руке. Имао је велике кутњаке и истурену вилицу, прилагођену за жвакање тврдог биљног материјала.

Фосилни остаци лобање јединке врсте аустралопитекус афаренсис, назване „Луси“, пронађени су у Етиопији. Процењује се да фосили датирају пре 3,2 милиона година.



Реконструкција Лусиног изгледа
(аустралопитекус афаренсис)

Појава праисторијских људи – род *Ното*

(пре око 2,5 милиона година)

Сви људи данас припадају једној врсти названа *Ното sapiens*. Хомо сапиенс је једина преживела врста рода *Ното*. У прошлости је живело неколико различитих врста праисторијских људи које су сада изумрле. Неке од њих су можда биле преци савремених људи, али већина се сматра сродницима који су се одвојили од заједничког претка људске лозе.

- *Ното habilis* (вешти човек) карактерише се знатно већим запремином мозга (просечно 600–750 cm³) у поређењу са аустралопитекусом, а њихово лице је мање истурено. Живели су пре око 2,3 милиона година и прва су врста за коју се зна да је створила и користила камено оруђе.
- *Ното erectus* (усправни човек) појавио се пре око 2 милиона година и прва је врста хоминида која подсећа на савремене људе по величини тела и пропорцијама. Био је висок до 160 cm (отприлике исто као и савремени људи) и имао је још већи мозак (са капацитетом до око 1 000 cm³). У односу на тело, имао је мање длака, посебно на лицу, које је било равно, без тако истурених вилица као код његових претходника, али са и даље снажно развијеним надочним луковима. Био је вешт у изради алата и оруђа обрадом предмета пронађених у природи. Користио је копља, камене секире и оштре камене ножеве.

Представници хомо еректуса били су ловци и знали су да улове већи плен (доказ да су били организовани у јаке групе), о чему сведоче фосилни остаци плена у близини њихових станишта. Имали су знање да контролишу ватру, што им је пружало топлину, заштиту и начин кувања хране. Забележено је да су бринули о својим повређеним и старијим члановима. О томе сведоче њихове кости, које показују зарастање озбиљних прелома, које траје дуго.

Данас је познато неколико различитих налазишта фосила хомо еректуса у Африци, Азији и Индонезији. Неки од представника су названи по месту открића: Јавански човек (острво Јава), Пекиншки човек (близу Пекинга), дечак из Туркане (Кенија) итд.

Ното habilis и *Ното erectus* су прве врсте које су мигрирале из Африке у Европу и Азију.

Појава хомо сапиенса (мудрог човека)

(пре око 300 000 година у Африци)

Ови људски преци су већ имали физичке карактеристике које дефинишу модерне људе, укључујући високу и заобљену лобању, равније лице, блаже надочне лукове, браду и велики капацитет мозга. Током последњих 100 000 година, развили су сложена понашања као што је способност изражавања кроз симболе, пећинску уметност, софистицирани језик, музичке инструменте (као што су коштане фруле) и напредну израду алата.

Хомо сапиенс је мигрирао у неколико таласа, на крају колонизујући све континенте и постајући једина преживела људска врста након што су друге групе, попут неандерталаца, изумрле.

Већина научника тренутно препознаје око 15 до 20 различитих врста праисторијских људи. Међутим, не слажу се сви око тога како су ове врсте повезане или које су врсте једноставно изумрле.

Фосили показују да је хомо сапиенс стигао у Европу пре око 40 000 година. На европском тлу, ови људи су се срели и живели заједно са неандерталцима (*Homo neanderthalensis*), који су еволуирали из ранијих миграција.



Ширење хомо сапиенса

Неандерталци

Неандерталци (*Homo neanderthalensis*) су живели у Европи и Азији од пре око 400 000 до пре око 40 000 година, а на неким местима су преживели до пре 28 000 година. Физички су се значајно разликовали од савремених људи, а њихова грађа им је омогућавала да се боље прилагоде хладнијим стаништима. Неандерталци су били високи око 160



Australopithecus



Homo erectus



Homo neanderthalensis



Homo sapiens

Поређење лобања људских предака

см, а њихов мозак је достигао запремину од око 1 400 cm^3 (као код савремених људи), што значи да су имали веће менталне способности од претходних праисторијских људи. Њихова тела су била јача и компактнија, са јаким костима и развијеним мишићима. Нос је био шири како би загрејао хладан ваздух који су удисали. Ова физиономија је последица тешких услова у којима су неандерталци живели – зима која је трајала 8 месеци и лето са променљивим условима.

Иако су изгледали грубо, били су интелигентни и имали су добре друштвене односе, живећи у групама. Бринули су о



Неандерталац и савремени човек

својим старијим члановима и преносили стечено знање на следеће генерације. Забележено је да су сахрањивали своје мртве, остављајући цвеће на гробовима.

Неандерталци су били вешти у изради склоништа, алата и оруђа и њиховој свакодневној употреби. На пример, знали су да праве одећу од коже убијених животиња, као и накит. Савладали су тајне паљења ватре и вешто је користили за грејање, осветљење, кување хране, као и у лову. Познати су као одлични ловци, посебно на велике животиње, укључујући мамуте. Знали су како да сачувају месо користећи хладно време.

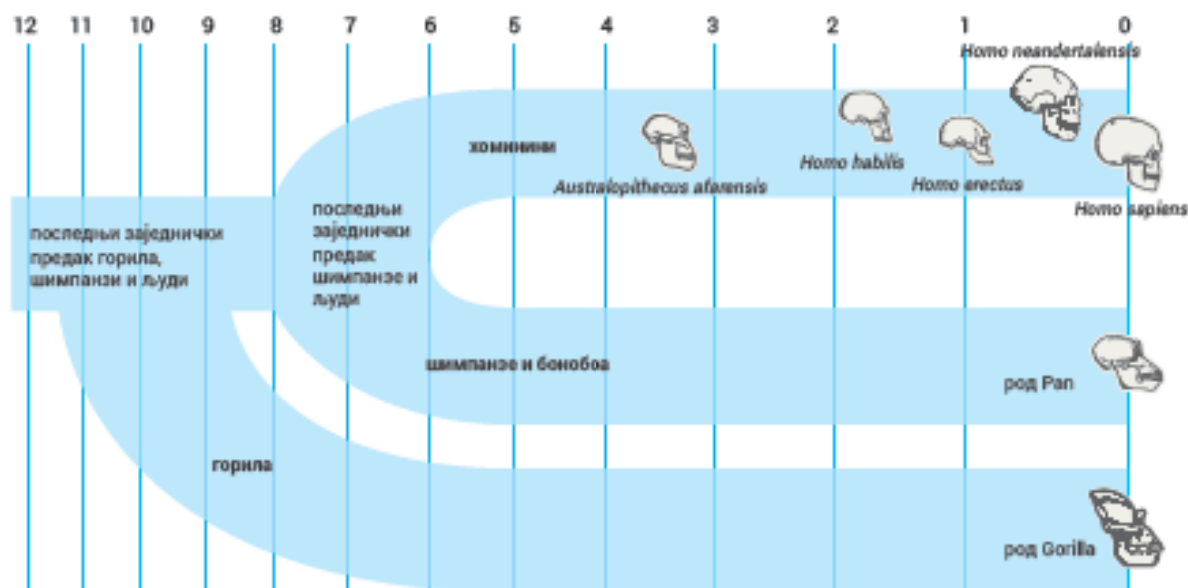
Постоје значајни докази да су неандерталци живели у исто време када и савремени људи у периоду од око 10 000 година и да су се размножавали са њима. Данас, савремени људи имају око 1-4 % ДНК неандерталског порекла.

Денисовски човек

Године 2008, у пећини Денисова у Сибиру, откривен је фосил раније непознате врсте човека, назван Денисовски човек (денисовци). Генетске анализе су потврдиле да су у блиском сродству са неандерталцима. Савремени Меланезјани имају око 6 % своје ДНК која потиче од денисоваца, што указује да се и ова врста праисторијских људи укрштала са хомо сапиенсом.

Хомо сапиенс сапиенс

Данашњи савремени човек (*Homo sapiens sapiens*) појављује се на европском тлу пре између 30 000 и 50 000 година. То је врста која ће заменити све претходне врсте и проширити се по целом свету за релативно кратко време. Њене карактеристике имамо и ми данас.



Временска линија еволутивног развоја човека

Ради се о високо свесном и интелигентном бићу. Менталне способности превазилазе све претходне врсте. Развило је сложен говор, писмо и успешније преношење знања на наредне генерације. У стању је да гаји биљке за храну, припитомљава животиње и прави алате.

Појава човека је последица прилагођавања променама у окружењу. Усправност и прилагођавање животу на земљи, затим употреба и израда алата, употреба ватре и друштвени начин живота, дали су велики подстицај развоју свесног интелигентног бића. Брига о својим блиским члановима и преношење знања прво говором, а затим и писањем, омогућава очување и пренос великог броја знања између генерација. Већ са способношћу да гаји биљке и животиње и мења окружење, према својим потребама, човек је постао доминантна врста на планети са способношћу да мења своје окружење.

Активност

Опис једног људског претка

Направите презентацију о неком представнику праисторијског човека. Укључите информације о томе који су његови фосили пронађени, где и када, податке о времену и подручју где је живео, његовом изгледу, грађи и начину исхране и живота. Направите му „личну карту“ и презентирајте је својим друговима из разреда.

Проверите шта сте научили

1. Опишите изглед и начин живота аустралопитекуса.
2. Која је прва врста рода хомо за коју постоје докази? Колико је стара?
3. Опишите хомо еректуса.
4. Опишите неандерталце и упоредите њихове карактеристике са карактеристикама савремених људи.

Истражите ...



... утицај који је одржавање ватре имало на хомо еректуса. Како је допринело еволутивном развоју ове врсте праисторијских људи.

Занимљива биологија



Постоје мишљења да је губитак длака на телу и лицу, посебно код хомо еректуса, повезан са начином лова. Био је ловац са тактиком праћења и јурења плена док се не исцрпи. Истовремено, тело је морало да се хлади због великог физичког напора. Тако се длака на телу изгубила, а на кожи су се појавиле бројне знојне жлезде.

Губитак длака на лицу повезан је са развојем мозга, који такође генерише велику количину топлоте током менталних активности. Мање длака је такође значило бољи начин хлађења. Занимљива теорија је да су женке вршиле селекцију за ову особину бирајући партнере са мање длака на лицу. Временом је дошло до веће концентрације ових гена и јединки које су носиле ову особину.

5.7 Докази о еволуцији

Уводна активност

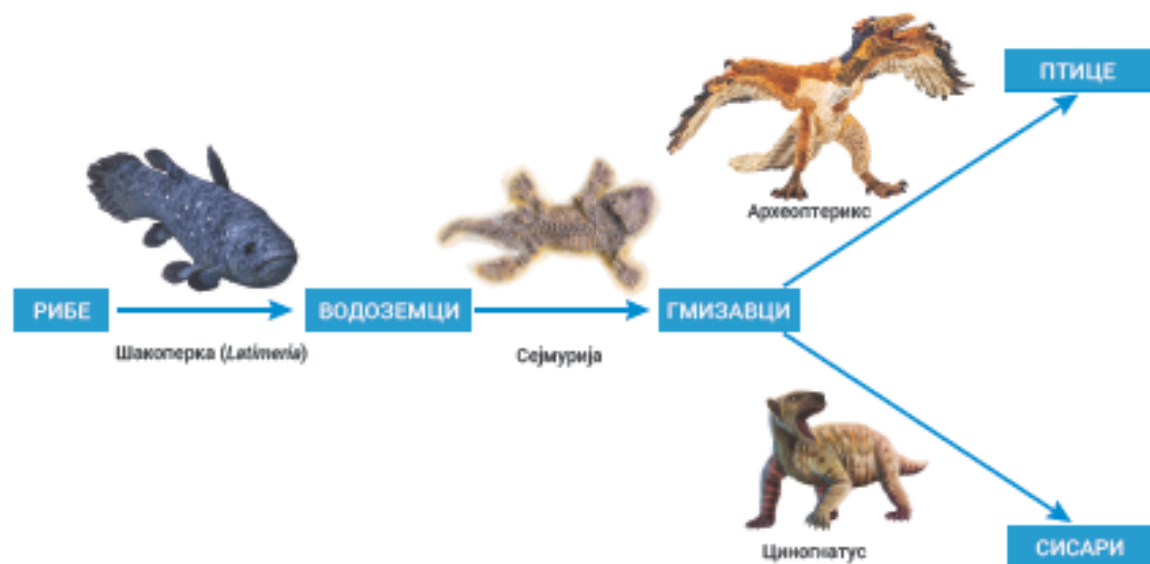
Подсетите се еволутивног развоја коња. Како знамо о величини тела и начину живота предака модерног коња?

Без одговарајућих доказа, еволуција би изгледала као фантастична прича. Бројне чињенице подржавају еволуцију. Оне долазе из различитих научних дисциплина као што су палеонтологија, упоредна анатомија, ембриологија, генетика, биогеографија итд.

Палеонтолошки докази

Најубедљивији доказ за еволуцију су фосили. Упоређивањем и анализом окамењених фосила и отисака стопала, научници конструишу „слику“ давно изумрлих организама и климатских услова у којима су живели. У ствари, фосили су група доказа који потврђују еволуцију.

Од фосилних остатака, посебно су занимљиви фосили такозваних прелазних облика организама. Они су на неки начин мост преко којег су се водоземци развили од риба, гмизавци од водоземаца, а од њих су се, у два различита смера, развиле птице и сисари.



Прелазни облици

Фосили се такође могу користити за праћење прелазних облика унутар еволуције врсте. Тако се добијају палеонтолошке низе које јасно показују како су неки облици настали од других кроз постепену еволуцију. Најбоље проучен је палеонтолошки низ претка модерног коња.



Овај низ прати еволуцију коња од пре 55 милиона година. У то време, предак модерног коња био је висок једва 40 см (исте висине као и данашњи зец) и живео је у мочварним пределима где је тло било меко. Стога су његова стопала имала четири прста којима се животиња лако кретала по блатњавој површини. Са променама климатских услова, мочварна подручја су се исушивала, а следећи представници у низу су се прилагођавали новим условима. Стопала са мање прстију била су одлична адаптација за тврдо тло, по коме су морали да се крећу много брже да би побегли од предатора. Преци коња су постали већи и бржи, а стопала су попримила свој садашњи облик – остао је само средњи прст, а копито је заправо снажно развијен нокат.

Хомологни органи

Данас се допринос разумевању еволуције даје и поређењем структуре и функционисања тела организама који се значајно разликују по изгледу и функцији, али ипак имају исто еволутивно порекло. На пример, људска рука има сличну структуру као предње пераје кита, крило птице, шапа лава или крило слепог миша.



Структура предњег екстремитета код неколико различитих кичмењака

Ови органи се називају хомологни органи и имају исто порекло током ембрионалног развоја.

Међутим, ако упоредимо крило лептира и крило птице, структура указује на огромну разлику, па иако имају исту функцију (лет), не можемо говорити о еволутивној вези између њих. Такви органи су се развијали независно један од другог, па се називају аналогни органи.

Упоредна ембриологија

Еволуција се може препознати и у поређењу ембриона различитих животињских врста. Ако упоредимо ембрионе еволутивно блиских организама, посебно у раним фазама развоја, приметимо огромну сличност. Дакле, постоји низ сличности између ембриона кичмењака и људи.



Поређење ембриона риба, водоземаца, птица (кокоши), сисара (зеца) и људи

Биогеографија

Биогеографија такође пружа еволуционе доказе. Сродне врсте које живе на различитим континентима су доказ еволуције. Примери за то су нелетеће птице – ној, казуар, нанду и ему.



Нелетеће птице – ној, казуар, нанду и ему

Свака од ових птица живи на другом континенту. Нојеви живе у Африци, казуари и емуи у Аустралији, а нандуи у Јужној Америци. Ове птице су у свом еволутивном развоју одустале од летења и уложиле су у снажно развијене ноге којима брзо трче и бране се од непријатеља. Сличности у изгледу и начину живота повезују их са заједничким претком. Наиме, некада у прошлости континенти су били повезани, а предак

ових птица насељавао је ова велика подручја. Временом су се континенти раздвојили, а групе птица су наставиле кроз еволуцију својим путевима.



Континенти пре око 200 милиона година и данас

Активност

Изаберите систем органа (скелетни, дигестивни, респираторни) и упоредите га између представника неколико група животиња.

Проверите шта сте научили

1. Како фосили пружају доказе о еволуцији?
2. Опишите еволутивни пут коња и услове који су довели до тога да коњ еволуира у оно што је данас.
3. Како се упоредна анатомија може користити као доказ еволуције?
4. Шта показује сличност у структури ембриона различитих животиња?
5. Шта биогеографија показује као доказ еволуције?

Истражите ...



... рудиментарне органе и атавизме код живих организама као доказ еволуције.

Занимљива биологија



Претпоставља се да легенде о митским бићима која лете и бљују ватру из уста настају због великих фосилних остатака диносауруса, са великим зубима, роговима и слично, који су људима изгледали застрашујуће.

5.8 Чарлс Дарвин и његови савременици Ламарк и Волас

Уводна активност

Замислите дете које воли мале животиње и инсекте. Код куће држи читаву колекцију различитих буба у теглама са поклопцима. Једног дана, у оближњој шуми, проналази три бубе, потпуно непознате. Једну хвата десном руком, једну левом, али трећу не може да ухвати. Очајнички желећи да ухвати трећу, ставља једну од буба у уста. Буба испушта непријатан укус (као одбрану), па мора да је испљуне. На крају, пушта друге две, и остаје без иједне.

Ово дете је мали Чарлс, који је од раног детињства показивао велико интересовање за природу.

Ко је Чарлс Дарвин?

Чарлс Дарвин је можда најпознатији природњак који је успео да направи потпуну промену у размишљању и разумевању биолошког света и порекла човека. Рођен је 1809. године у Шрусберију, у Енглеској.

Још као дете, волео је природу и био је фасциниран различитим врстама животиња које је посматрао и сакупљао на ливадама и шумама у близини свог дома. Са 16 година, окренуо се студијама медицине. Остао је тамо две године, али није био задовољан оним што је студирао, па је одустао од медицине. Током ове две године, постао је још више заинтересован за природне науке. Истовремено је научио како да таксидермизира птице. Ова вештина ће му много помоћи у његовом будућем научном раду у сакупљању узорака птица.

Касније се уписао на Универзитет у Кембриџу, где је студирао теологију. Овде је Дарвин, уз помоћ и препоруке неких својих професора, успео да добије место на једном од бродова (Бигл) који су били део петогодишње истраживачке мисије око света, од 1831. до 1836. године.



Чарлс Дарвин (1809–1882 год.)



Путовање Чарлса Дарвина на Биглу (1831–1836 год.)

Ова мисија је променила Дарвинов живот, као и његову перцепцију живог света и разумевање еволуције.

Током путовања, Дарвин је активно бележио карактеристике живих организама, сакупљао примерке разних животиња и биљака, као и фосиле великих животиња. Поред животиња и биљака, сакупљао је и комаде стена које су се истицале у окружењу. Препарирање које је обављао омогућило му је да сачува фасцинантну колекцију птица.

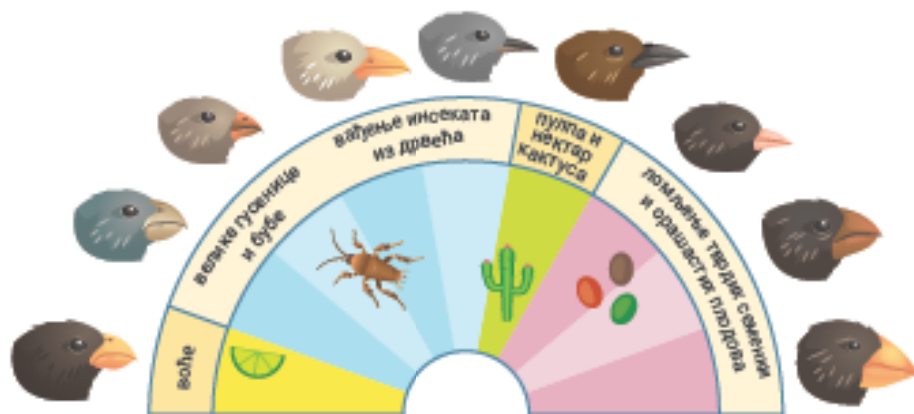
Од многих места која је истраживао широм света, посебно су значајна запажања са групе Галапагоских острва. Овде је експедиција наишла на џиновске корњаче, морске игуане и птице зебе.

По повратку са путовања, Чарлс Дарвин је објавио многа научна дела, међу којима је открио своју Теорију еволуције. Она је истакнута у његова два главна дела „Порекло врста путем природне селекције” и „Човеково порекло и повезаност селекције са размножавањем” као главни покретач и обликоваца живих облика.

Природна селекција коју Дарвин разрађује у својој књизи „Порекло врста путем природне селекције” (или скраћено „О пореклу врста”) у основи разрађује три принципа: **принцип варијације**, **принцип адаптације** и **принцип наслеђивања**. Наиме, он објашњава да јединке унутар врсте нису идентичне – оне имају природне, случајне разлике (варијације) у својим особинама (нпр. величина, боја, брзина). Јединке са варијацијама које их чине погоднијим (боље прилагођеним) за своје окружење имају веће шансе да преживе, размноже се и пренесу те повољне особине својим потомцима.

Дарвин је истакао варијације код припадника исте врсте – зеба (такође названих „Дарвинове зебе” у његову част). Приметио је да наизглед сличне птице живе на различитим острвима, али са различитим кљуновима. Кљунови су попримали облике који су били најпогоднији за исхрану птица у складу са храном доступном на сваком острву.

Дарвин је схватио да су варијације у генетском материјалу птица омогућиле појаву различитих облика кљуна. Који облик кљуна би се задржао код птица које најверо-



Облици кљунова код неколико чланова „Дарвинових зеба”

ватније потичу од једне врсте био је последица адаптација на храну. Ове адаптације су на крају постале наследне, односно птице су еволуирале у одвојене врсте.

Развој еволуције у XIX и XX веку

Претходник Чарлса Дарвина који је радио на еволуцији био је Жан Батист Ламарк.

Ламарк је такође посматрао адаптацију врста на промене у окружењу. Према његовом мишљењу, промене стечене током живота јединке преносиле су се на следећу генерацију.

Занимљиво је објашњење како је жирафа стекла дуг врат. Према Ламарку, жирафа покушава да досегне високе гране где има зеленог лишћа. Овај напор јача врат и мишиће врата. На овај начин, снажан врат наслеђује следећа генерација. Ова теорија је одбачена као нетачна, иако је изазвала размишљање у правцу наслеђивања и природне селекције.

Блиски пријатељ и сарадник Чарлса Дарвина, који је такође покушао да одговори на порекло врста, био је Алфред Волас.

Волас је, као и Дарвин, путовао по свету и сакупљао примерке разних инсеката. Био је колекционар инсеката, посебно лептира и других животиња. Оставио је за собом огромну колекцију од више од 125 000 примерака, од којих је око 5 000 било нових врста за то време. Такође је написао живописне описе животиња са својих експедиција (рајске птице, орангутани итд.), које раније нису виђене у Европи.

Његова значајнија путовања су експедиције у регионе Амазона (Бразил) и Малајског архипелага (Југоисточна Азија). Док је посећивао острво у Малајском архипелагу, добио је идеју како да објасни појаву нових врста. Видео је да се промене дешавају у изгледу буба. Ако је промена довољна да буба буде успешнија од других исте врсте, онда ће довести до већег потомства, односно потомство ће имати на-



Жан Батист Ламарк (1744 – 1829 год.)



Стицање дугог врата код жирафе према Ламарку



Алфред Волас (1823–1913 год.)

следну промену. Тако, након дужег времена, долази до промене постојеће врсте у врсту која има нове, успешније карактеристике.

Волас је обавестио Дарвина, који је у то време радио на свом делу „О пореклу врста“, о новом сазнању. Заједно су промовисали идеју у научним круговима, а следеће године је објављено дело „О пореклу врста“. Иако се Волас не помиње заједно са Дарвином као оснивач теорије еволуције, он је ипак био поштован у високим научним круговима уз Дарвинову подршку.

Активност

Ко је шта рекао?

Спојите сваку изјаву са једним од научника Дарвина, Воласа и Ламарка.

„Организми се мењају да би преживели.“

„Особине стечене током живота се наслеђују.“

„Природа бира најспособније.“

Проверите шта сте научили

1. Зашто се Чарлс Дарвин сматра оснивачем теорије еволуције?
2. Која су два најважнија Дарвинова дела?
3. На којим принципима се заснива Дарвинова природна селекција?
4. Укратко изложите Ламаркову теорију о пореклу нових врста.
5. Који је Воласов допринос Дарвиновој теорији еволуције?

Истражите ...



... живот једног од научника: Дарвина, Воласа и Ламарка. Притом се фокусирајте на детињство, образовање, живот и рад сваког од њих. Затим разговарајте о најзанимљивијим тренуцима у њиховим животима који су им променили живот и учинили их једним од највећих природних научника. Разговарајте у разреду о потреби да особа поседује разне вештине које могу утицати на цео њен живот у будућности.

Занимљива биологија



Алфред Волас и Чарлс Дарвин били су пријатељи, али се нису често виђали, већ су комуницирали писмима. Пријатељство је било израз великог међусобног поштовања. Волас је дошао на идеју еволуције док је лежао болестан од маларије на острву и питао се зашто неке јединке умиру, а друге преживљавају. Дарвин је радио на истој теорији скоро 20 година. Невероватно је како су два природњака и пријатеља дошла до истог закључка и открила како настају нове врсте.

5.9 Борба за опстанак

Уводна активност

Замислите да сте јавор. Шта би вама значило термин „борба за опстанак“ као јавору који живи у оближњој шуми?

Сада замислите да сте зец који живи на оближњој ливади. Шта „борба за опстанак“ значи зецу?

Главни циљ сваког живог организма, без обзира на његову структуру и сложеност, јесте да преживи и остави потомство. Било да је у питању бактерија, алга или парамецијум, или слон, кит или џиновска секвоја у Америци, сви они имају један циљ, да наставе врсту. Исто важи и за људе. Међутим, наставак врсте има много „препрека“. То захтева храну, простор, воду, светлост и друге услове чија је доступност ограничавајући фактор. Препреке могу доћи од јединки исте врсте или од јединки других врста. Врсте морају да превазиђу ове препреке кроз „**борбу за опстанак**“ да би преживеле.

Често је борба за опстанак организама повезана са одређеном територијом (окружењем). У том простору организми проналазе храну и склониште, тј. услове за развој свог потомства. Неуспех у борби за опстанак јединке може за њу значити смрт, тј. немогућност преношења својих гена на следећу генерацију. У борби за опстанак, победиће само они са особинама које су најнеопходније за опстанак и размножавање.

Борба за опстанак код биљака и гљива

Биљке започињу свој живот из семена. Да би проклијале, потребна им је земља, влага и топлина. Али то није све. Када проклијају, младој биљци је потребна вода и сунчева светлост да би расла, цветала, производила плодове и сазревала.



Заједница исте биљне врсте (камилица) и заједница различитих биљних врста

Претходна слика приказује ливадске биљке. Прва приказује заједницу камилице. То су многе појединачне биљке које су никле једна поред друге. Друга слика, међутим, приказује заједницу различитих врста ливадских биљака. Оне су никле, расле, цветале и произвешће своје семе. Међутим, неке од њих нису успеле да никну или расту, јер су биљке поред њих биле „јаче“ у борби за простор, светлост и влагу у земљишту. Ова борба за опстанак се одвија и у шумама међу дрвећем.

У густој шумској заједници, готово да нема сунчеве светлости која допире до шумског тла. Дрвеће са својим крошњама од грана и лишћа бори се за сваки зрак сунчеве светлости. Морају да расту високо и шире своје гране у слободан простор, пре него што то учини друго дрво. Доле, на земљи, нема услова за раст и развој других дрвећа и биљака због недостатка светлости, а понекад и влаге коју сакупљају листови великих дрвећа.

Знамо да су биљке главни извор хране за биљоједе. Међутим, неке биљке су развиле начине да се бране од животиња. Ефикасан начин одбијања биљоједа јесте коришћење хемикалија које биљке чине неукусним или чак отровним. Дobar пример за то је коприва, чије жарне ћелије изазивају бол.

У свету гљива, хемијска борба за опстанак је посебно очигледна. Антибиотици су заправо отрови које производе плесни како би убиле бактерије које се такмиче за храну (органска материја из мртвих делова организама).

Печурке су познате по томе што поседују отрове како би се заштитиле од тога да их поједу други организми.

Борба за опстанак код животиња

Код животиња је посебно приметна борба за животни простор (територијалност). На пример, чопор лавова (обично група мужјака и неколико женки, са својим младима) може да контролише од десетина до неколико стотина квадратних километара. Величина територије зависи од доступности плена за храну и воду. Чопор ће бранити своју територију од свих осталих лавова, понекад



Густа шумска заједница



Одбрамбени механизам коприва



Плесан (централна) и колоније бактерија (периферне) које се развијају даље од плесни

и по цену живота, јер губитак територије може значити гладовање и смрт за њихове младе и остале чланове.

Међутим, лавови су у сталној борби за плен са другим врстама предатора. Поред њих, леопарди, гепарди и хијене лове у саванама. Предатори се боре за опстанак међусобно својим ловачким вештинама. Бољи ловци ће преживети и произвести потомство, за разлику од неуспешних, који ће умрети.

Гепарди су најбрже копнене животиње и могу ухватити брзе антилопе. То је за хијене практично немогуће. Али гепарди су физички слабији од хијена, па једноставно остављају свој плен како би избегли да их хијене повреди. Повређени гепард више неће моћи да лови и биће осуђен на смрт.

Антилопе, с друге стране, су у сталној борби међусобно да буду најбрже у бекству. Антилопа која је повређена или болесна неће моћи да побегне и биће ухваћена од стране предатора.



Чопор лавова



Гепард и хијена лове плен



Борба за опстанак плења



Колонија морских птица које се гнезде

Птице су територијалне када су у фази гнезђења. Периферна гнезда су често прва која нападају предатори, док су она у центру колоније заштићена. Тако се парови птица „боре“ међусобно за бољу локацију у колонији.

Борба за простор како би обезбедила храну, заштиту и могућност одгајања младих примећена је и код риба. Риба клоун, добро позната корална риба која живи у пипцима анемона, показује велику територијалност и браниће свој простор од других риба клонова, па чак и других врста риба.

Проналажење партнера и стварање потомства је суштински део борбе за опстанак. У животињском свету, женке обично бирају. Оне ће изабрати мужјака који ће им показати да је здрав, јак и да може да обезбеди услове (простор, храну, склониште) за своје младе.

Мужјаци у различитим групама организама често су развили различите начине доказивања унутар врсте. То може бити песма (код птица певачица), боје тела (код птица, инсеката), различити покрети, плес, звуци (цврчци и цикаде), изградња и уређење гнезда, светлосни и хемијски сигнали (свице), рогови (јелени), снага код мужјака који се физички такмиче (лавови, бикови, јелени, па чак и инсекти попут јелена) и слично.

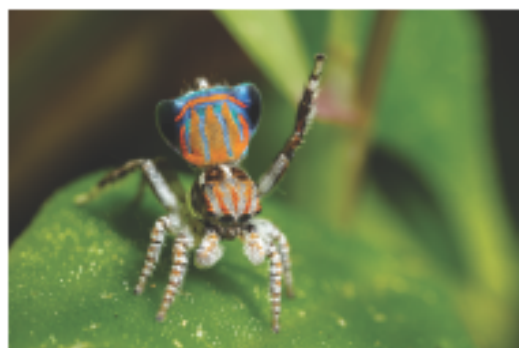
Ако птица не пева добро, то значи да има неку упалу респираторних органа и не може бити добар родитељ, тј. постоји ризик за бригу и храњење младих. Код мужјака неких врста лептира могу се приметити оштећења крила узрокована борбом за женке.



Риба клоун живи међу патреним пипцима анемона



Славуј дозива женке својом песмом у пролеће



Паук паун изводи сложене покрете како би привукао партнерку



Физичко такмичење између два мужјака инсеката јеленка

Активност**Моја борба за опстанак**

Изаберите организам и покушајте да објасните његову борбу за опстанак. Са којим изазовима се суочава током свог живота и како постиже свој циљ стварања потомства?

Истражите ...

... односи предатор-плен у борби за опстанак у воденом окружењу или на копну. Затим поделите своја открића са другим школским друговима.

Проверите шта сте научили

1. Наведите неке факторе који су услов за наставак врсте.
2. Наведите примере борбе за опстанак у биљном свету, између јединки исте врсте, али и јединки различитих врста.
3. Наведите пример како се гљиве боре за храну са конкуренцијом.
4. Опишите примере борбе за опстанак код птица, између јединки исте врсте.
5. Како су предатори и плен у сталној борби за опстанак?
6. Наведите неке врсте животиња код којих постоји борба за партнера током размножавања.

Занимљива биологија

Једна врста шумске жабе може да смрзне и до 45 % своје телесне тежине током зиме. То постиже складиштењем глукозе (шећера) у јетри и њеним ослобађањем у крвоток где делује као природни антифриз, штитећи њене виталне органе док се не отопи у пролеће.



5.10 Вештачка селекција и поређење природне и вештачке селекције

Уводна активност

Подсетите се рада Чарлса Дарвина и његова два најважнија дела, „О пореклу врста путем природне селекције“ и „Човеково порекло и повезаност селекције са размножавањем“. Која су три принципа која леже у основи природне селекције?

Природна селекција се може описати као преживљавање и размножавање организама који имају неку наследну карактеристику која их чини успешнијим, за разлику од других чланова врсте који ту карактеристику немају.

Дарвин је приметио промене које су домаће животиње и биљке претрпеле у поређењу са својим „дивљим“ рођацима. Разлоге за такве промене повеао је са променама врста у природи. Као што знате, Дарвин је објаснио природну селекцију користећи три принципа: принцип варијације, принцип адаптације и принцип наслеђивања.

Вештачка селекција подразумева упаривање јединки са жељеним карактеристикама током многих узастопних генерација и доводи до добијања јединки са новим карактеристикама. Приликом упаривања одабраних јединки, генетски материјал је на неки начин ограничен, јер не постоји слободно размножавање и избор партнера као у природи. Из тих разлога, карактеристике које су важне за отпорност на болести, промене температуре, глад, брзину кретања, рефлексе и слично могу се изгубити. Дакле, животиње и биљке, без подршке људи који спроводе вештачку селекцију, неће моћи да преживе у природи.



Природна селекција – тамно обојени мишеви су боље прилагођени окружењу и моћи ће да преживе и размножавају се



Вештачком селекцијом дивљег купуса, човек је добио разноврсно поврће

Селекција код домаћих животињских и биљних врста разликује се од природне селекције по томе што код њих селекцију спроводи човек, а не природа, односно услови околине.

Наследне карактеристике домаћих врста такође су подложне варијацијама. Човек је одабрао јединке са жељеним варијацијама и карактеристикама за одређену наследну особину. Затим их је укрштао једне са другима и током дужег временског периода успео је да добије потомство са довољно наследних особина које су му биле корисне. На пример, прве житарице су производиле мање зрна која су била мања од данашњих. Гајење биљних култура (посебно житарица) почело је пре око 10 000 година, а са тим је почела и вештачка селекција коју је спровео човек.

Практично, све домаће животиње (овце, козе, краве, коњи, свиње, кокошке, патке, голубови), воће, поврће и житарице, производ су вештачке селекције која се одвијала током периода од неколико хиљада година у прошлости.

Таквим процесом вештачке селекције, од једне дивље биљке (пример, дивљег купуса) који је почео пре 2 500 година, данас имамо неколико врста поврћа. Одабиром јединки са посебном карактеристиком, а затим укрштањем тих јединки, човек је успео да добије данашњи купус, карфиол, броколи, кел, прокељ, келерабу итд.

Још познатији пример вештачке селекције су пси који еволутивно воде порекло од вукова. Код паса је човек правио селекцију из забаве, форсирајући неке занимљиве особине код њих. Затим, укрштањем јединки са тим особинама, успео је да створи занимљиве псе чије су особине биле наследне. На сличан начин добијене су разне украсне цветнице, као што су различите боје и облици ружа.

Вештачком селекцијом добијене су и друге врсте животиња и биљака – златне рибице, декоративни голубови, култивисане крушке и јагоде итд.

Вештачку селекцију, за разлику од природне селекције, врше људи. Они обезбеђују новим облицима организама услове који су им потребни за преживљавање – храну, простор, заштиту од предатора, станишта и слично.



Различите расе паса су резултат вештачке селекције – њихов заједнички предак је дивљи вул



Златна рибица је настала вештачком селекцијом шарана



Декоративни голуб и његов предак дивљи голуб



Култивисана крушка је добијена вештачком селекцијом дивље крушке



Култивисане јагоде су добијене селекцијом шумских јагода

Активност**Моја животиња у будућности**

Користите своју машту и замислите како би животиња или биљка изгледала у будућности. Опишите њен изглед и карактеристике које би ваша биљка или животиња имала или изгубила? Које карактеристике бисте истакли као корисне и зашто?

Истражите ...

... штетне последице код паса булдога које настају услед парења блиских сродника.

Проверите шта сте научили

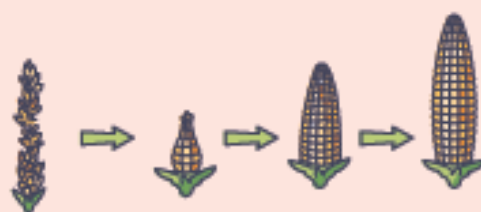
1. Која је основна разлика између природне и вештачке селекције?
2. Зашто човек спроводи вештачку селекцију?
3. Опишите процес вештачке селекције.
4. Зашто вештачка селекција може имати негативне последице по нове врсте?
5. Зашто животиње и биљке које су резултат вештачке селекције тешко преживљавају у природи?
6. Наведите примере организама добијених вештачком селекцијом и упоредите њихове карактеристике са њиховим такозваним „дивљим“ сродницима.

Занимљива биологија

Краве данас производе много више млека него што су некада производиле. Захваљујући вештачкој селекцији, модерне краве производе и до 10 пута више млека од својих дивљих предака.

Кокошке данас носе много више јаја него некада. Дивље кокошке су носиле мали број јаја годишње, али вештачком селекцијом људи су добили кокошке које носе преко 300 јаја годишње.

Кукуруз је некада био веома мали. Пре хиљада година имао је веома ситна зрна, али сталним одабиром најбољих биљака, људи су створили велики кукуруз са великим зрнима, исти као што је данас.



Питања за проверу знања из Теме 5

1. Објасните када и како је створен Универзум.

2. Попуните празна места у реченицама.

Сунце је _____ које је око себе формирало _____ систем од неколико планета и небеских тела која _____ око њега, укључујући планету _____. Старост Сунчевог система процењује се на око _____ милијарди година.

Верује се да је планета Земља настала пре око _____ милијарди година. На њеној површини формирана је кора (_____) – чврста љуска од стеновитих материјала, _____ љуска (хидросфера) и ваздушна љуска од гасова (_____).

Ако узмемо у обзир хемијски састав свих живих организама на нашој планети, видимо да су изграђени од четири групе једињења: _____, _____ и _____. Ова једињења се називају _____ једињења јер настају само у _____ ћелијама.

3. Објасните зашто се коацервати, иако нису били живи организми, сматрају важним кораком ка појави првих ћелијских структура.

4. Хемичари Стенли Милер и Харолд Јури спровели су експеримент да би:

- а) добили органска једињења из неорганских
- б) добили неорганска једињења из органских
- в) формирали коацервате

5. Китови су еволуирали од:

- а) водоземаца
- б) гмизаваца
- в) четвороножних сисара

6. Како нам геолошка временска скала помаже да разумемо еволуцију?

7. Које информације су геолози користили за конструисање (израду) геолошке временске скале?

8. Наведите по један кључни догађај из сваке од три главне ере геолошке временске скале.

9. Када су се први организми појавили на Земљи?

10. Како су први фотосинтетски организми променили Земљину атмосферу?

11. Објасните како се Земљина клима променила од терцијара до квартара.

12. Који услови су омогућили еволуцију различитих врста сисара током кенозоика?

13. Погледајте табелу геолошке временске скале са неким од најважнијих догађаја за сваки период. Попуните празна места у табели.

Ера	Период	Важни догађаји
Палеозоик		Прве копнене животиње
		Успон сисара
Мезозоик		Успон диносауруса
	Перм	Први гмизавци
	Креда	
Кенозоик	Квартар	

14. Објасните како су први сисари успели да преживе поред доминантних диносауруса.

15. Прве копнене животиње појављују се у периоду:

- а) силур
- б) девон
- в) карбон

16. Наведите неколико начина на које се фосили формирају.

17. Спојите појмове са одговарајућом изјавом.

Појмови	Исказ	број–слово
1. Фосилни запис	а) Процес претварања остатака и отисака у фосиле.	
2. Палеонтологија	б) Промене организама у изгледу, облику, исхрани, кретању, понашању, током одређеног временског периода.	
3. Фосилизација	в) Збир свих фосила или сачуваних остатака древних организама.	
4. Камбријум	г) Најстарији период палеозоица.	
5. Еволуција	д) Наука која проучава прошлост живота на планети.	

18. Ако се у фосилном слоју налазе само морски организми, којој ери припадају? Објасните зашто.

19. Палеонтолози су ископали фосил трилобита (изумрлог морског бескичмењака који је живео пре око 521–252 милиона година) у слоју стена на врху брда у Јужној Америци. Затим су пронашли исту врсту фосила у седиментном слоју стена у Европи. До ког закључка ће палеонтолози доћи о оба слоја стена?

20. Зашто се аустралопитекус сматра важном прелазном групом између мајмуна и људи?
21. Зашто се аустралопитекус сврстава у групу „праљуди“, а не у групу правих људи (*Homo sapiens*)?
22. Приказане су две лобање, једна људска и једна шимпанзе.



- а) Кома припада лобања А, а кома лобања Б?
 - б) Наведите неколико видљивих карактеристика које сте користили да бисте одговорили на претходно питање.
23. Како је повећање запремине мозга утицало на понашање раних врста рода *Homo*?
24. Прва врста хоминида која подсећа на модерне људе по величини тела и пропорцијама је:
 - а) *Homo erectus*
 - б) *Homo habilis*
 - в) *Australopithecus afarensis*
25. Процените који су докази (фосилни, генетски или културни, нпр. алати, уметност, гробови, огњишта, станишта) најјачи за реконструкцију људске еволуције. Објасните зашто.
26. Наведите сличности и разлике између неандерталаца и савремених људи.
27. Фосилни докази показују да је савремени коњ (*Equus*) еволуирао од малих, вишепрстих шумских предака као што је *Eohippus*.
 - а) Опишите две морфолошке промене које су се догодиле у еволуцији од *Eohippus*-а до савременог коња.
 - б) Објасните како су промене у окружењу допринеле овим еволутивним променама.
 - в) Процените зашто се еволуција коња често користи као јак палеонтолошки доказ за еволуцију.
28. Како нам фосили и савремени организми заједно помажу да разумемо еволуцију?
29. Одговорите на питања о хомологним органима као доказу за еволуцију.
 - а) Зашто су хомологни органи јак доказ за заједничко порекло живих организама?

- б) Како бисте утврдили да ли су пераја кита и људска рука хомологни органи?
- в) По чему су предње ноге различитих врста сличне и различите?
- г) Да ли органи који имају исту функцију, али различиту структуру и порекло, имају еволутивни значај?

30. На који начин се биогеографија може користити као доказ еволуције?

31. Одговорите на следећа питања:

- а) Зашто су Галапагоска острва била посебно важна у Дарвиновом истраживању?
- б) Које врсте птица је Дарвин проучавао?
- в) Објасните концепте адаптације, природне селекције и еволуције користећи птице које је Дарвин проучавао.
- г) Како се зове најпознатија књига Чарлса Дарвина и које принципе он у њој развија?

32. Објасните Ламаркову теорију на примеру жирафа.

33. Примените Дарвинову теорију природне селекције да бисте објаснили појаву резистенције на антибиотике код бактерија.

34. Лавови лове крдо антилопа, од којих неке бивају убијене, а неке успевају да побегну. Објасните који принцип Дарвинове теорије природне селекције може бити коришћен за описивање ове ситуације.

35. Зашто је борба за опстанак неопходна за еволуцију живих бића?

36. Наведите позитивне и негативне последице вештачке селекције код животиња.

Терминолошки речник

А

Абиотски фактори – фактори средине који утичу на живе организме (светлост, температура, вода, ваздух, земљиште).

Абортус – прекид трудноће пре него што је фетус способан за самосталан живот.

Адаптација – прилагођавање организма условима средине ради бољег преживљавања и размножавања.

Адолесценција – прелазни период између пубертета и одраслог доба, када се дешавају физичке, психолошке и социјалне промене.

Алкохол (етанол) – супстанца која се налази у алкохолним пићима и може изазвати интоксикацију и оштећење фетуса.

Амнион – унутрашњи омотач фетуса испуњен амнионском течношћу која штити ембрион.

Андропауза – период код мушкараца када ниво тестостерона постепено опада и повезан је са старењем.

Апсорпција – процес апсорпције супстанци (на пример: апсорпција воде из земљишта кореновим длачицама).

Апстиненција – уздржавање од одређених активности (најчешће сексуални однос или конзумирање алкохола/дрог).

Аутотрофни (организми) – организми који стварају сопствену храну од неорганских супстанци (биљке, алге, неке бактерије).

Б

Бесполно размножавање (код биљака) – метод размножавања који не укључује гамете, па је потомство генетски идентично родитељу (клон). Одвија се уз помоћ вегетативних делова биљке.

Биогеографија – наука која проучава распрострањеност живих организама на Земљи.

Биолуминисценција – способност неких организама да стварају и емитују светлост (на пример: свици, неки морски организми).

Биомаса – укупна сува маса живих организама на одређеном трофичком нивоу у одређеном времену у екосистему.

Биотички фактори – сви међусобни односи организама (биљки, животиња, микроорганизама) који насељавају одређени простор.

Близанци – (двоје) деце рођене у истој трудноћи.

Борба за опстанак – стална конкуренција између организама за храну, простор и партнере.

В

Вагина – женски полни орган који повезује матицу и спољашње гениталије.

Ваздушни простори – велики међућелијски простори/празнине у сунђерастом делу мезофила листа који омогућавају ефикасну размену гасова, а код водених биљака доприносе пловности.

Варијација – разлике у карактеристикама између јединки исте врсте, које могу бити наследне или стечене.

Вегетативни период – временски период током којег биљка расте и развија се.

Вештачка селекција – сједињавање јединки са пожељним карактеристикама током многих узастопних генерација, са циљем добијања јединки са новим или побољшаним карактеристикама.

Г

Гамете – полне ћелије (сперматозоиди и јајне ћелије) које формирају зигот након оплодње.

Гени – делови ДНК који носе наследне информације и одређују карактеристике организма.

Генитални херпес – полно преносива болест коју изазива вирус херпес симплекса, а која се манифестује болним пливовима на гениталијама.

Геологија – наука која проучава структуру, састав и развој Земље.

Геолошка временска скала – систем поделе времена на периоде прошлости на планети Земљи.

Глобално загревање – повећање просечне температуре Земље услед повећања емисије гасова стаклене баште.

Глукоза – једноставан шећер и главни извор енергије за ћелије.

Гонореја – полно преносива бактеријска болест која погађа гениталије и уринарни тракт.

Графов фоликул – зрео фоликул у јајнику који садржи зrelu јајну ћелију спремну за овулацију.

Грлић материце (цервикс) – доњи, сужени део материце који је повезује са вагином.

Д

Дијафрагма (контрацепција) – гумена дијафрагма која се поставља у вагину и покрива грлић материце, спречавајући сперматозоиде да уђу у материцу (контрацептив).

Дисање – спора оксидација хранљивих материја кисеоника, ослобађајући енергију из хране.

Дифузија – пасивно кретање честица са места веће на место ниже концентрације.

ДНК – дезоксирибонуклеинска киселина – молекул који носи наследне информације.

Е

Еволуција – постепене промене организама у изгледу, облику, исхрани, кретању, понашању током многих генерација, што доводи до адаптације и стварања нових врста.

Екологија – наука која проучава живе организме у њиховом окружењу и односе који њима управљају.

Еколошки фактори – фактори који утичу на живе организме и могу бити биотички и абиотички.

Екосистем – заједница живих организама и неживе средине у којој живе.

Ембриологија – наука која проучава развој организама од оплодње до рођења.

Ембрион (код биљака) – млади зародишни облик који се налази у зрелом семену и садржи коренић, стаблашце, клицине листиће и пупољчиће.

Ембрион (код животиња) – рани развој организма након оплодње, пре него што постане фетус.

Ендометријум – унутрашњи зид (слој) материце који припрема за имплантацију ембриона.

Ендотермна реакција – хемијска реакција која захтева енергију да би се одвијала.

Енергија – способност обављања рада.

Ензим – биолошки катализатор који убрзава хемијску реакцију у телу.

Еон – највећа временска јединица на геолошкој временској скали.

Епидермис (код биљака) – површинско заштитно ткиво биљних органа које учествује у размени гасова и транспирацији кроз стому које су његов саставни део.

Епоха – најмања временска јединица на геолошкој временској скали, подређена периоду.

Ера – велики временски период на геолошкој временској скали, који се састоји од неколико периода.

Естивација – мировање животиња у топлим и сушним периодима (летњи сан).

Естроген – женски полни хормон који регулише менструалну функцију и развој женских полних карактеристика.

Ж

Жиг – горњи део тучка где се полен лепи и клија током опрашивања.

Жуто тело (corpus luteum) – привремена жлезда која се формира у јајнику од остатака Графовог фоликула након овулације и лучи прогестерон, хормон важан за одржавање трудноће.

З

Зачеће – процес оплодње, тј. спајање сперматозоида са јајном ћелијом, стварајући зигот.

Зебе – група птица са Галапагоских острва коју је проучавао Чарлс Дарвин. Имају различите облике кљунова, прилагођене различитим врстама хране и представљају класичан пример еволуције и адаптације.

Зигот – прва ћелија новог организма која настаје спајањем мушких и женских гамета (сперматозоида и јајне ћелије).

И

Идентични близанци – близанци настали из једне оплођене јајне ћелије која се дели на два дела, формирајући два ембриона, који имају исти генетски материјал и исти пол.

Имплантација – процес којим се оплођена јајна ћелија усађује у ендометријум материце.

J

Јајна ћелија (код биљака) – женска полна ћелија у тучку цвета која се спаја са мушком полном ћелијом и формира зигот.

Јајна ћелија (код животиња) – женска полна ћелија (гамета) која се производи у женским репродуктивним органима и учествује у оплодњи.

Јајник – женски полни орган који производи јајне ћелије и лучи женске полне хормоне (естроген и прогестерон).

Јајовод – цеваста орган који повезује јајнике са материцом и место где се обично дешава оплодња.

K

Калорија – јединица мере за енергију коју организам добија из хране.

Камуфлажа – прилагођавање боје или облика организма да би се сакрио од предатора или плена.

Кандида – микроскопска гљивица која може изазвати инфекције код људи, посебно у усној дупљи или гениталијама.

Килоџул (kJ) – јединица мере за енергију. 1 калорија $\approx$ 4,184 kJ.

Кинетичка енергија – енергија тела у покрету.

Климатске промене – дугорочне промене у Земљиној клими, изазване природним и људским факторима.

Клица – млада биљка која се развија из ембриона након клијања семена и почиње самостално да спроводи фотосинтезу.

Колоније – групе организама исте врсте које живе заједно и помажу једни другима (на пример: бактерије или морски полипи).

Комензализам – интеракција између две врсте где једна има користи, а друга нема ни користи ни штете.

Кондоми (презервативи) – контрацептивно средство које спречава зачеће и штити од полно преносивих болести.

Конкуренција – борба између организама за ограничене ресурсе (храна, вода, простор).

Контрацепција – употреба метода и средстава за избегавање зачећа и нежељене трудноће.

Концентрација – количина растворене супстанце у одређеној количини раствора.

Корен (код биљака) – вегетативни орган који се развија у земљишту, служи за причвршћивање/апсорпцију биљке и главни

је орган за апсорпцију/апсорпцију воде и минерала.

Коренов притисак – притисак који се ствара у корену услед активне апсорпције минерала и омогућава кретање воде навише кроз ксилем.

Коренове длачице – нежне израслине епидермалних ћелија у корену које повећавају површину апсорпције и омогућавају апсорпцију воде и минерала.

Котиледони – ембрионални листови који служе за складиштење и снабдевање ембриона хранљивим материјама.

Крунични листићи – обојени листићи цвета које привлаче опрашиваче и штите прашнике и тучак.

Ксилем – проводљиво ткиво кроз које се вода и растворени минерали транспортују од корена до свих делова биљке и доприноси њеној чврстоћи.

Кутикула – танак, воштани, заштитни слој на површини листа и младе стабљике, који смањује губитак воде и штити биљку од спољашњих утицаја.

L

Ланци исхране – шематски дијаграм који приказује однос организама у екосистему путем исхране.

Лисна дршка – део листа који повезује лисну плочу са стаблом и омогућава боље излагање листа светлости.

Лисна основа – доњи део петелке којим је лист причвршћен за стабљику.

Лисна плоча – тамни и широки део листа који врши фотосинтезу, транспирацију и размену гасова.

Лист – главни вегетативни орган који врши фотосинтезу у биљци, транспирацију и размену гасова.

Лутенизирајући хормон (LH) – полни хормон који лучи предња хипофиза и има функцију изазивања овулације и формирања жутог тела код жена, а код мушкараца стимулише лучење тестостерона у тестисима.

Људска лоза (редослед људских предака) – еволутивна линија која води до модерних људи.

M

Материца – женски репродуктивни орган где се фетус (ембрион и фетус) развија током трудноће.

Мезофил – унутрашње фотосинтетичко ткиво листа, смештено између горњег и доњег епидермиса у коме се одвија фотосинтеза.

Менопауза – период у животу жене када менструација престаје и репродуктивна способност се смањује (обично око 50. године).

Менструација – крварење из материце које се код жена јавља једном месечно ако јајна ћелија није оплођена.

Метаморфоза – промена облика и структуре организма током његовог развоја (на пример: од ларве до одрасле јединке код инсеката или водоземаца).

Миграције – сезонска или редовна кретања животиња са једног места на друго, обично ради хране или размножавања.

Мимикрија – адаптација организма да личи на нешто друго у окружењу како би се заштитио од предатора или због напада (на пример, инсекти који личе на лишће).

Мониторинг (праћење) – континуирано праћење стања екосистема и популација живих организама.

Морталитет – број људи који умру на 1 000 становника популације током године.

Мочни канал (уретра) – цев кроз коју се урин избацује из тела. Код мушкараца, такође транспортује семену течност.

Мутуализам – однос између два организма где оба организма имају користи (на пример: пчеле и цвеће).

Н

Надсеменици – цевасте органи повезани са тестисима где сперматозоиди сазревају, постају покретни и складиште се (складиште) пре него што буду избачени.

Наталитет – број новорођенчади на 1 000 становника популације током године.

Неидентични близанци – два ембриона која настају из две различите јајне ћелије оплођене од стране два различита сперматозоида. Генетски су различити и могу бити различитог пола.

Нодули – мале, заобљене структуре у биљкама (на пример: нодули на корену махунарки где се фиксира азот).

Нуклеинске киселине – биомолекули (ДНК и РНК) који носе и преносе наследне информације (гене).

Нутритивна вредност – количина хранљивих материја (угљених хидрата, протеина, масти, витамина, минерала) коју храна садржи.

О

Овулација – процес када се зрела јајна ћелија ослобађа из јајника и спремна је за оплодњу.

Оплодња (код биљака) – процес у коме се мушка гамет са спаја са женском гаметом (јајном ћелијом) у тучку цвета, стварајући зигот.

Оплодња (код животиња) – спајање сперматозоида са јајном ћелијом, стварајући зигот, прву ћелију новог организма.

Опрашивање – процес у коме се полен са прашника преноси на жиг цвета, омогућавајући биљци да се полно размножава.

П

Палеонтологија – наука која проучава фосиле и историјску прошлост Земље.

Палеонтологи – научници који проучавају палеонтологију.

Палисадни слој – део мезофила листа, који се састоји од издужених, густо збијених ћелија, богатих хлоропластима у којима се одвија најинтензивнија фотосинтеза.

Паразитизам – мутуализам где се један организам (паразит) храни на рачун другог организма (домаћина).

Пенис – мушки полни орган који служи за избацивање семене течности и урина.

Период (геолошке временске скале) – део геолошке ере који служи за прецизнију временску поделу и проучавање историје Земље.

Пигмент – супстанца која даје боју (на пример: хлорофил – даје зелену боју листу).

Плацента – привремени орган којим је ембрион повезан са мајком преко које се снабдева хранљивим материјама и кисеоником.

Плод (код биљака) – генеративни орган биљке који се развија из тучка цвета и служи за заштиту и расејање семена.

Плодник – део тучка у коме се налази јајна ћелија и након оплодње се развија у плод.

Пнеуматофори – респираторни корени код мангрова (дрвећа) који више изнад воде и омогућавају размену гасова у земљишту сиромашном кисеоником.

Полен – зрна карактеристичног изгледа и структуре прилагођена за опрашивање, свако садржи две мушке полне ћелије (језгра) којима се врши оплодња.

Полни хромозоми – хромозоми који одређују пол организма (X и Y код људи).

Полно преносиве болести (ППБ/СПБ) – болести које се преносе сексуалним контактом.

Полно размножавање (код биљака) – метод размножавања који подразумева спајање мушких и женских гамета, што резултира генетски различитим потомством и производњом семена.

Популација – број јединки исте врсте које живе на одређеном станишту.

Порођајни болови (контракције) – јаке контракције мишића материце током порођаја.

Прашник – мушки део цвета у коме се формирају полне ћелије и сазрева полен.

Прашников нит – танак издужени део којим су прашници повезани са цветном ложом и носи и подиже прашнице.

Прашнице – део прашника где се формирају и сазревају поленова зрна која садрже мушке полне ћелије.

Предатор – организам који лови и храни се другим организмима (пленом).

Преци – далеки или непосредни претходници организма.

Примарне полне карактеристике – карактеристике присутне при рођењу (јајници, тестиси) и директно су повезане са размножавањем.

Принцип адаптације – организми се прилагођавају условима околине како би преживели.

Принцип варијације – јединке у популацији се разликују једна од друге.

Принцип наслеђивања – особине родитеља се преносе на потомство путем гена.

Природна селекција – процес у којем организми са бољим адаптацијама имају веће шансе за преживљавање и размножавање.

Прогестерон – женски полни хормон који лучи жуто тело. Он припрема и одржава ендометријум током трудноће.

Продукти – супстанце које настају као резултат хемијских реакција.

Проста деоба – врста ћелијске деобе где се једна ћелија дели на две приближно идентичне ћерке ћелије.

Простата – мушка полна жлезда која производи течност која је компонента семене течности и омогућава покретљивост сперматозоида.

Пубертет – период развоја када организам постаје полно зreo и почиње репродуктивну способност.

Пупчана врпца – веза између ембриона и плаценте кроз коју се обезбеђују хранљиве материје и кисеоник.

Р

Размножавање (репродукција) – процес стварања нових јединки (потомства).

Расејавање – процес којим се семе или плод преноси са матичне биљке на другу локацију, омогућавајући ширење биљне врсте.

Реактанти – супстанце које ступају у хемијску реакцију и мењају се да би формирале производе.

Рудиментирани органи – органи који су слабо развијени или немају функцију код савремених организама, али су постојали код предака (на пример: црволики израстак слепог црева код људи).

С

Самоопрашивање – врста опрашивања када полен са прашника падне на жиг истог цвета, омогућавајући полно размножавање без учешћа друге биљке.

Седимент (талог) – чврста материја која се таложи на дну воде или течности.

Секундарне полне карактеристике – полне карактеристике које се јављају у пубертету (на пример: брада код мушкараца, развој дојки код жена).

Семе – генеративни орган биљке који садржи ембрион, хранљиве резерве и семену љуску, служи за размножавање и опстанак врсте.

Семени заметак – структура унутар плодника у којој се формира и сазрева јајна ћелија са придружним ткивима, а након оплодње се развија семе.

Семеници (тестиси) – мушки полни органи где се производе сперматозоиди и лучи тестостерон.

Семеновод – дуга цев која полази од надсеменика и спаја се са уретром кроз коју се транспортују сперматозоиди.

Семењача – заштитни спољашњи део семена који штити унутрашњост од исушивања, оштећења и инфекције.

Семиналне везикуле – жлезде које луче течност која је део семене течности код мушкараца.

Сила апсорпције (сила упијања) – способност корена да апсорбује воду и растворене минерале.

Симбиоза – живи однос између две врсте организама (може бити мутуализам, комензализам или паразитизам).

Синхронизација опрашивача – подешавање времена цветања биљке када су опрашивачи (пчеле, инсекти) активни.

Сифилис – полно преносива болест коју изазива бактерија (*Treponema pallidum*).

Скروب – сложени шећер који се у биљкама складишти као извор енергије.

Скротум – кожна кесица у којој се налазе тестиси.

Сперматозоид – мушка полна ћелија (гамета) која може да оплоди јајну ћелију.

Спирала – уређај који се убацује у материцу ради дуготрајне контрацепције.

Стабло – вегетативни орган који служи као ослонац биљци, проводи воду, минералне и органске материје, носи лишће, цветове и плодове.

Станиште – место или окружење у којем организам живи и где налази све услове неопходне за живот (храна, вода, склониште).

Стерилност – немогућност зачећа, што код жене значи да не може да затрудни, а код мушкарца да његова сперма не може да оплоди јајну ћелију.

Стома – мали отвор у епидермису који формирају две специјализоване ћелије за затварање (стоматалне) које регулишу размену гасова и транспирацију.

Стопа раста – разлика између стопе наталитета и стопе смртности у популацији.

Стубић – део тучка који повезује тучак са плодником и омогућава пренос поленових цеви након клијања полена.

Сунђерасти слој – део мезофила листа, састављен од неправилних ћелија са великим међућелијским просторима, који омогућава размену гасова и учествује у фотосинтези.

Т

Телесни хромозоми – хромозоми који носе наследне информације о телесним карактеристикама.

Тестостерон – мушки полни хормон који стимулише развој полних органа, секундарне полне карактеристике код мушкараца и производњу сперматозоида.

Транспирација – процес испаравања воде из надземних делова биљке, најчешће кроз стому листова, што омогућава кретање воде и минерала кроз ксилем.

Трихомонас – микроорганизам (протозоа) који може изазвати полно преносиве инфекције код људи.

Трофичка пирамида – дијаграм који приказује расподелу енергије, броја јединки или биомасе између различитих трофичких нивоа у екосистему.

Трудноћа – период развоја ембриона и фетуса у материци, који код људи траје око 9 месеци (40 недеља).

Тучак – женски део цвета прилагођен за полно размножавање, пријем полена и оплодњу.

Ћ

Ћилибар – фосилизована смола дрвета.

У

Унакрсно опрашивање – врста опрашивања када полен са прашника једног цвета падне на жиг другог цвета, на истој или другој биљци исте врсте, омогућавајући генетску разноликост у полном размножавању.

Ф

Фетални алкохолни синдром (ФАС) – поремећаји у развоју фетуса узроковани алкохолом који конзумира мајка.

Фетус – ембрион након осме недеље трудноће до рођења.

Флоем – проводно ткиво које транспортује органске супстанце из листова у друге делове биљке.

Фоликулостимулишући хормон (FSH) – хормон хипофизе који стимулише раст Графових фоликула код жена и производњу сперме код мушкараца.

Фолна киселина – витамин Б9, важан за развој нервног система ембриона.

Фосил – окамењени остаци или трагови изумрлих организама.

Фосилизација – процес стварања фосила.

Фосилни запис – скуп свих фосила или сачуваних остатака изумрлих организама у слојевима стена.

Фотосинтеза – процес у којем биљке користе светлосну енергију за стварање хране (глукозе).

Х

Хемоглобин – протеин у црвеним крвним ћелијама који транспортује кисеоник.

Хербаријум – осушени и конзервирани примерци биљака за научна истраживања.

Хетеротрофи – организми који се хране другим организмима, не могу сами да производе храну.

Хибернација – дуготрајно мировање код животиња током хладних месеци.

ХИВ – (скраћеница од енглеског израза за вирус који изазива људску имунодефицијенцију – Human Immunodeficiency Virus) – вирус који изазива СИДУ и напада имуни систем.

Хидродинамички изглед – облик животиње који јој омогућава лако кретање кроз воду.

Хипофиза – жлезда у мозгу са унутрашњим лучењем која контролише производњу хормона.

Хламидија – сексуално преносива бактеријска инфекција.

Хлоропласти – ћелијске органеле карактеристичне за биљне еукариотске ћелије које садрже хлорофил.

Хлорофил – зелени пигмент, који се налази у хлоропластима биљних ћелија, који апсорбује светлосну енергију и омогућава фотосинтезу.

Хоминиди – породица примата која обухвата људе и човеколике мајмуне (шимпанзе, гориле, орангутане).

Хоминини – група примата која обухвата све претке људи и савременог човека.

Хомо сапиенс – савремени човек.

Хомологни органи – органи исте структуре и порекла, али могу имати различиту функцију (на пример: крило код птице, пераје код рибе, рука код човека).

Хормони – хемијске супстанце које се производе у ендокриним жлездама и директно се луче у крв. Регулишу рад одређених ћелија или органа у телу.

Хромозоми – тела састављена од ланаца ДНК и протеина, смештена у једру ћелије, састоје се од хиљада гена и носе наследне информације.

Хумани папилома вирус (ХПВ) – вирус који може изазвати полно преносиве инфекције и рак грлића материце.

Ц

Цвет – генеративни орган биљке који служи за полно размножавање, стварање плода и семена.

Цветна дршка – део који повезује цвет са стаблом и пружа неопходну потпору и пренос воде и хранљивих материја цвету.

Цветна ложка – проширени део цветне дршке на који су причвршћени сви делови цвета.

Ч

Чашчини листићи – зелени спољашњи листићи који штите цветни пупољак пре отварања и представљају први цветни круг окоцветних листића.

Чопор – група животиња исте врсте које живе и лове заједно (на пример: вукови).

Џ

Џул (J) – јединица мере за енергију; 1 џул је количина енергије потребна да се нешто помери силом од 1 њутна (1 N) на растојању од 1 метра (1 m).

Коришћена литература

- Бекет, Б., и Галагхер, Р. *Природни науки: биологија*. Скопје: Просветно дело, 1996.
- Групче, Р. *Ботаника (второ издание)*. Скопје, Македонија: НИО „Студентски збор“, 1994.
- Ѓоргоски, И. и Малческа, Ц., *Биологија за 8 одделение*. Скопје: Просветно дело, 2003.
- Равен, П. Х., Џонсон, Џ. Б., Масон, К. А., Лосос, Џ. Б., Сингер, С. Р. *Биологија*. Скопје, Македонија: Арс Ламина, 2020.
- Хавиленд В. А., Принс Х. Е.Л., Волрат Д., Мекбрајд Б. *Антропологија: Предизвикот на човештвото (тринаесетто издание)*. Издадено на македонски јазик во Скопје, Македонија: Арс Ламина, 2014.
- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Walter, P. *Essential Cell Biology*. New York, USA: Garland Science, 2014.
- Denffer, D., Ziegler, H. *Morfologija i fiziologija*. Zagreb, Jugoslavija: Skolska knjiga, 1982.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. *Biology of plants (Fifth edition)*. New York, USA: Worth Publishers, 1992.
- Tatic, B., Marinkovic, R., Blazencic, J. *Morfologija biljaka*. Beograd, Jugoslavija: Naucna knjiga, 1986.

Коришћени линкови

- <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>
- <https://www.stratigraphy.org>
- <https://www.bbc.co.uk/bitesize>
- <https://www.britannica.com/>
- <https://www.scientificamerican.com/article/new-form-chlorophyll/>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21178998/>
- http://www.theguardian.com/science/2025/nov/25/brain-human-cognitive-development-life-stages-cambridge-study?utm_source=chatgpt.com "Brain has five 'eras', scientists say - with adult mode not starting until early 30s"
- <https://www.fossilera.com/pages/top-11-famous-meteorites>
- <https://www.australianenvironmentaleducation.com.au/education-resources/life-in-the-cambrian/>
- <https://science.nasa.gov/science-research/earth-science/the-great-dying/>
- <https://walkingwith.fandom.com/wiki/Synapsida>
- <https://www.ebsco.com/research-starters/earth-and-atmospheric-sciences/fossilization>
- <https://www.nhm.ac.uk/discover/the-origin-of-our-species.html>
- <https://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species/sahelanthropus-tchadensis>
- <https://www.amnh.org/exhibitions/permanent/human-origins/understanding-our-past/dna-comparing-humans-and-chimps>

https://www.bradshawfoundation.com/origins/origin_tugenensis.php
<https://www.nhm.ac.uk/discover/homo-erectus-our-ancient-ancestor.html>
<https://www.aip.org/inside-science/the-final-days-of-homo-erectus>
<https://www.nhm.ac.uk/discover/charles-darwin-most-famous-biologist.html>
<https://www.nhm.ac.uk/discover/who-was-alfred-russel-wallace.html>
<https://www.prb.org/articles/how-many-people-have-ever-lived-on-earth/>
https://populationmatters.org/the-facts-numbers/?gad_source=1&gad_campaignid=22890350583&gbraid=0AAAAADyIiKA6D4MORSrk78eIFqFvxKg-j&gclid=CjwKCAiA0eTJBhBaEiwA-Pa-hZINdp03SD_SyZtRg6f_jKmuQ4sLNJDF_QYAzcJ7xqolhknLM5PQxoCllsQAvD_BwE
<https://www.un.org/development/desa/pd/world-population-prospects-2024>
<https://collections.fes.de/publikationen/ident/fes/15103>
<https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/external-and-internal-fertilization/>
<https://oceansafaris.com/2024/02/01/all-about-great-white-shark-breeding-and-births/>
<https://scoutlabs.ag/insect-metamorphosis-complete-incomplete-life-cycles/>
<https://www.exploratorium.edu/explore/cooking/egg-anatomy>