

BIOLOGIJA - VEDA O ŽIVLJENJU

UČBENIK STR. 7 DO 11

Vede, s katerimi je biologija tako ali drugače povezana:

- Bioinformatika, biofizika, biokemija, biotehnologija, bionika, mikrobiologija.
- Biološka znanja uporabljajo: medicina, veterina, farmacija, kmetijstvo, gozdarstvo, živinoreja, živilska industrija...
- Pa tudi: gradbeništvo, arhitektura, računalništvo, marketing...

Za uspešno reševanje problemov človeštva je pomembno sodelovanje biologov, kemikov, fizikov, računalničarjev, matematikov, geologov, meteorologov in drugih znanstvenikov.

Biološka znanja v zakonodaji

- Da bi države v čim večji meri preprečile posledice napak posameznih človekovih dejavnosti, sprejemajo različne zakone in mednarodne dogovore, ki urejajo to področje.
- Pri njihovem oblikovanju sodelujejo biologi in strokovnjaki s posameznih področij, ki so se razvila na podlagi bioloških znanj.
- Pri tem se srečujejo s številnimi etičnimi vprašanji.

VLOGA SNOVI IN ENERGIJE V ŽIVIH SISTEMIH

UČBENI STR. 14 DO 21

Živi sistemi:

- Živi sistemi so odprti sistemi.
- Delovanje živih sistemov temelji na snovnih in energijskih pretvorbah v celicah.
- Živi sistemi so med seboj povezani in odvisni drug od drugega.
- Med seboj so povezani na različnih hierarhičnih ravneh v biosfero, kot skladno delujoči živi sistem.
- Njihova kompleksnost se povečuje na vsaki višji ravni organizacije.

Snovi v živih sistemih:

- Biogeni elementi: C, H, O, N, Ca, S, P, Mg, Na, K...
- Več kot 97% mase vseh živih bitij na Zemlji predstavljajo: C, H, N, O, P in S.
- Ti elementi sestavljajo tako majhne, kot tudi zelo velike molekule.

Brez ogljika ni življenja:

- Čisti ogljik ter ogljikove spojine brez vodika uvrščamo med del nežive narave (anorganske snovi).
- Večino drugih snovi, pri katerih je ogljik poglavitni element, pa najdemo kot sestavne dele živih bitij (organske snovi). Poleg ogljika vsebujejo vodik, večina tudi kisik, pa tudi druge elemente.
- Rastline CO₂ pretvarjajo v organske spojine, te pa se na koncu spet pretvorijo v anorganske.
- Ključnega pomena za nastanek in obstoj živih bitij na Zemlji je ravno lastnost ogljika, da se na različne načine spaja z drugimi manjšimi atomi (velika raznolikost v zgradbi in delovanju živih organizmov).

- Ogljikove spojine so tudi velike molekule hranil: beljakovine, ogljikovi hidrati, maščobe, nukleinske kisline in vitamini.

Življenje na Zemlji ni mogoče brez vode:

- prve oblike življenja,
- velika odvisnost kopenskih organizmov od vode,
- vsi organizmi sestavljeni pretežno iz vode,
- edina snov, ki je v naravi veliko v vseh treh agregatnih stanjih,
- 70 do 95% v vsaki celici (medij za potek biokemijskih reakcij; reaktant),
- vodne molekule so povezane z vodikovimi vezmi (šibke vezi).

Posebne lastnosti vode zaradi vodikovih vezi (pomembne za živa bitja):

- led ima pri 0°C manjšo gostoto od vode → kopno za žive organizme hladnejših območij;
- tesna povezanost vodnih molekul → premikanje vodnega stolpca po rastlinskih žilah;
- voda se počasi segreva in počasi ohlaja → lažje uravnavanje telesne temperature zaradi počasnejših temperaturnih sprememb okolja;
- velika specifična toplota vode → pri potenju ob dokaj majhni izgubi vode izgubimo veliko toplote;
- voda je polarna molekula, zato je primerno topilo za polarne snovi → predstavlja transportno sredstvo (hranila, hormoni, plini, soli).

Življenjski procesi potekajo v celicah:

- snovi → izbirno prepustna celična membrana → biokemijske reakcije (življenjski procesi);
- biokemijske reakcije: reakcije izgradnje, reakcije razgradnje (sproščanje energije, obnavljanje, rast, razvoj in delovanje celic);
- encimi: beljakovine, ki omogočajo oz. pospešujejo biokemijske reakcije;
- DNA - dedni zapis za izgradnjo beljakovin (iz aminokislin).

CELICA - OSNOVNA ENOTA ŽIVIH BITIJ

UČBENIK STR. 24 DO 33

Vsi organizmi so zgrajeni iz celic:

- zaradi skupnega prednika imajo vse današnje celice skupne značilnosti (celična membrana, citoplazma - citosol, DNA → izgradnja beljakovin),
- zaradi nenehne evolucije pa se celice in organizmi med seboj razlikujejo.

Prenos dednih informacij na potomce:

- Dedni zapis so informacije, ki so tudi prvotnim celicam omogočile preživetje, zaradi česar je pomembno, da jih prejmejo tudi potomci.
- Dedni zapis se nahaja v molekuli DNA.

DNA:

- nanizani so zapisi za beljakovine (katere aminokisline in kakšen vrstni red),
- zapis za eno beljakovino - gen,
- gen - manjši odsek DNA molekule; določeno zaporedje nukleotidov.

Beljakovine (za celico izredno pomembne):

- gradniki,
- encimi (biokemijske reakcije),
- omogočajo prehajanje snovi skozi celično membrano,
- tvorijo skelet celic...

Razumljivo je torej, da so zapisi za izdelavo teh beljakovin za celico izjemno pomembni, zaradi česar jih mora ohranjati čim bolj nespremenjene in jih prenašati tudi na potomce.

DNA pri evkariontih:

- jedri ovoj (dodatna zaščita),
- DNA ovita okoli posebnih beljakovin (histonov),
- med celično delitvijo se tesno zvije - kromosom (da se lažje prenese po ena kopija DNA na vsako hčerinsko celico),
- čas rasti in razvoja celice - nosilka informacij za izdelavo beljakovin,
- čas celične delitve - dedni zapis, ki se prenese v hčerinske celice.

DNA se pred delitvijo celice natančno podvoji:

- da vsaka izmed hčerinskih celic dobi po eno kopijo vseh zapisov,
- pomembna je natančnost podvojevanja,
- matrica je že obstoječa DNA,
- DNA se na več mestih razpre → na vsako verigo se dodajo ustrezni novi nukleotidi,
- nastaneta dve novi molekuli DNA (povsem enaki prvotni DNA),
- med celično delitvijo se v hčerinsko celico prenese ena od kopij → hčerinski celici sta genetsko popolnoma enaki in sta obenem klona izvirne (materinske celice).

Celične delitve:

- prokarionti: cepitev,
- evkarionti: mitoza (enocelični organizmi, skoraj vse telesne celice), mejoza (praspolne celice).

Mitoza:

- rast organizmov (povečevanje števila celic),
- obnavljanje organizmov (nadomeščanje poškodovanih in odmrlih celic),
- iz ene celice nastaneta dve popolnoma enaki,
- ohrani se diploidno število kromosomov (2n).

Mejoza:

- praspolne celice → spolne celice (gamete),
- spolni organi (♂: moda, ♀: jajčniki),
- redukcijska delitev: diploidno število kromosomov (2n) → haploidno število kromosomov (n),
- oploditev: moška s.c. (n) + ženska s.c. (n) → zigota (2n) → nov organizem (2n - diploiden organizem),
- nekaj genov med homolognimi kromosomi se zamenja (crossing over ali prekrižanje),
- kromosomi se naključno razporedijo v novo nastale spolne celice,
- posledica obojega: vse spolne celice se med seboj genetsko razlikujejo → genetsko različni potomci.

Kromosomi pri človeku:

- telesne celice: 2 garnituri (diploidno število; $2n$) kromosomov - 46 ali 23 parov,
- spolne celice: 1 garnitura (haploidno število; n) kromosomov - 23,
- 23 od matere + 23 od očeta = 46,
- homologna kromosoma: nosita zapise za istovrstne beljakovine (1 od očeta, 1 od matere),
- alela: gena na obeh homolognih kromosomih, ki nosita zapis za istovrstno beljakovino; lahko nosita enaka ali pa različna zapisa.

Organizmi se lahko razmnožujejo spolno in/ali nespolno

Nespolno razmnoževanje:

- cepitev (prokarioti), mitotična delitev (evkarioti),
- v kratkem času lahko nastane veliko genetsko popolnoma enakih potomcev,
- prednosti: hitrejše večanje populacije, hitrejše nadomeščanje propadlih osebkov → večja možnost preživetja v danih razmerah,
- slabosti: ob večji spremembi okolja nobeden od osebkov ne preživi (vsi so genetsko enaki).

Spolno razmnoževanje:

- potomcev je manj, so pa genetsko različni,
- velika raznolikost osebkov,
- slabosti: večja poraba energije (tvorba spolnih celic, iskanje partnerja ob ustreznem času),
- prednosti: ob večji spremembi okolja obstaja verjetnost preživetja nekaterih osebkov in nadaljevanje vrste (osebki imajo različne lastnosti zaradi različnega genetskega zapisa).

RAZNOLIKOST OSEBKOV

UČBENIK STR. 34 DO 41

Skupni učinki izražanja genov vplivajo na lastnosti organizmov

- Razlike med osebki so posledica raznolikosti DNA in ekoloških dejavnikov.
- Genotip (genom): celoten dedni zapis nekega osebkov.
- Genotip rastlinskih in živalskih celic vsebuje več tisoč različnih genov, ki so v diploidnih organizmih zapisani v dveh enakih ali različnih kopijah (alelih) in ležijo na točno določenih mestih na DNA.
- Lastnosti osebkov so odvisne od izražanja posameznih alelov pod vplivi okolja.
- Vsako lastnost organizma lahko določa eden ali več izraženih genov, prav tako pa lahko en izražen gen vpliva na več kot eno lastnost organizma.
- Fenotip: vse izražene lastnosti osebkov (zgradba, podoba, delovanje). Razvije se iz genotipa pod vplivom okolja.

Na izražanje genov in razvoj fenotipa vpliva tudi okolje

- Vpliv okolja in genov je lahko enakovreden ali pa prevladuje eden izmed vplivov.
- Nespolno razmnoževanje → potomci z enakim genotipom → razlike v fenotipih so odvisne od ekoloških razmer.
- Spolno razmnoževanje → potomci z različnim genotipom → razlike v fenotipih so odvisne od ekoloških razmer ter genetske zasnove.

Mutacije:

- povečujejo gensko raznolikost,
- večinoma naključen proces,
- povzročajo jih kemijski (genotoksične snovi), fizikalni (sevanja) in biološki dejavniki (virusi),
- nevtralne, škodljive, koristne.

Vrste mutacij:

- genske (spremembe zaporedja ali števila nukleotidov v DNA ter s tem zapisa posameznega gena),
- kromosomske (sprememba strukture kromosoma),
- genomske (sprememba števila kromosomov ter s tem strukture genoma).

Mutacije v telesnih celicah se ne prenašajo na potomce. Posledica takih mutacij je lahko rak. Če pa se mutacije zgodijo v času nastanka spolnih celic, v že nastalih spolnih celicah ali pa v času oploditve in razvoja zarodka, so spremembe dedne.

Vse lastnosti organizma so se razvile zaradi mutacij. Mutacije so eno izmed pomembnih gonil evolucije. Naključne mutacije v DNA različnih osebkov v neki populaciji povzročajo, da se ti osebki genetsko še bolj razlikujejo med seboj (genetska variabilnost). Ker se ekosistemi nenehno spreminjajo, se populacije z večjo genetsko variabilnostjo uspešneje prilagajajo na spremembe.

OSNOVNI MEHANIZMI DEDOVANJA

UČBENIK STR. 44 DO 53

Od izraženega alela je odvisna lastnost osebkov

- V prvi generaciji je ena lastnost prevladala (dominirala) nad drugo - prevladujoča ali dominantna lastnost.
- Bela barva v 1. generaciji ni bila vidna, pojavila pa se je pri manjšem številu osebkov v 2. generaciji. Rečemo, da gre za prikrito ali recesivno lastnost.

Aleli za neko lastnost so lahko enaki ali različni

- Vsak kromosom homolognega para vsebuje enega izmed dveh alelov, ki nosijo zapis za posamezno lastnost.
- Če ima osebek dva enaka alela za določeno lastnost, pravimo, da je homozigot za to lastnost (RR, rr).
- Če ima osebek dva različna alela za določeno lastnost, pa pravimo, da je heterozigot (Rr, rR).
- Vse dominantne lastnosti označujemo z velikimi tiskanimi črkami, vse recesivne lastnosti pa z malimi tiskanimi črkami.

V istem osebku se lahko izrazita oba alela

- Včasih se ne izrazi le en izmed obeh alelov staršev, ampak se izrazi vmesna lastnost. Tak primer je rožnata barva pri odolinu.
- Lahko pa se izrazita obe lastnosti staršev hkrati. Tak primer je krvna skupina AB.

Dedovanje in rodovniki

- Dedovanje pri človeku preučujemo ob pomoči rodovnikov.
- V rodovniku z dogovorjenimi simboli prikažemo osebe, pri katerih se je neka lastnost izrazila.

- Prikažemo tudi sorodstvene vezi.
- Kadar je gen za neko lastnost na spolnem kromosomu X ali Y, govorimo o spolno vezanem dedovanju (npr. gen za barvno slepoto, hemofilijo...).

Nekateri geni se dedujejo skupaj

Ali se bodo geni na istem kromosomu dedovali skupaj ali ločeno, je odvisno od njihove lege na posameznem kromosomu (čim bliže sta si gena, večja je verjetnost, da se bosta dedovala skupaj).

BIOTEHNOLOGIJA

UČBENIK STR. 55 DO 65

Človek z biotehnologijo pridobiva nove proizvode

- Biotehnologija je uporaba živih sistemov in organizmov za razvoj ali izdelavo uporabnih izdelkov.
- Biotehnologija je interdisciplinarna veda, ki s sodobnimi metodami uporablja žive organizme ali njihove dele (celice, encime) v industrijske in medicinske namene.

Primeri:

- uporaba zdravilnih zelišč,
- udomačevanje in gojenje domačih živali,
- gojenje rastlin za prehrano človeka in živali,
- umetna selekcija in križanje,
- kruh, pivo, vino - kvasovke,
- sojina omaka - kvasovke, plesni, bakterije,
- mlečni izdelki - mlečnokislinske bakterije, kvasovke,
- penicilin - plesen,
- biogoriva,
- hormoni,
- rudarjenje,
- bioremediacija,
- GSO v kmetijstvu...

Področja biotehnologije:

- bioinformatika,
- modra biotehnologija (vodni ekosistemi),
- zelena biotehnologija (kmetijstvo),
- rdeča biotehnologija (medicina, veterina),
- bela biotehnologija (industrija).

Gensko spreminjanje organizmov



Kloniranje

Je nespolni način razmnoževanja mnogih organizmov (mitoza - enocelični evkarionti, cepitev - bakterije).

Klon = skupina genetsko enakih celic ali organizmov, ki so potomci ene same celice ali enega samega organizma.

Kloniranje je tudi razmnoževanje krompirja z gomolji in razmnoževanje rastlin s potaknjenci.

Z modernimi biotehnološkimi postopki pa lahko znanstveniki nov organizem vzgojijo že iz ene same celice, ki jo odvzamejo izbranemu organizmu. Najlaže je tako razmnoževati rastline (večina rastlinskih celic se lahko razvije v različna tkiva in v nove rastline). Živalske celice pa so zelo specializirane. Različna tkiva lahko vzgojijo le iz matičnih celic (popkovnica, mlečni zobje, rdeči kostni mozeg). Celoten organizem pa lahko vzgojijo le tako, da iz telesne celice odvzamejo jedro in ga vnesejo v jajčno celico z odstranjenim jedrom.

Nastali zarodek lahko vnesejo v maternico samice (razmnoževalno kloniranje), lahko pa ga uporabijo za vzgojo različnih tkiv in organov (terapevtsko kloniranje). Tako pridobljenih tkiv in organov imunski sistem bolnika prejemnika ne zavrne, saj so genetsko enaki njegovim lastnim celicam.

Iz matičnih celic se lahko razvijejo celice različnih tkiv

Vse telesne celice imajo enak genski zapis (genotip). Ko se oplojena jajčna celica začne deliti, so njene celice v začetku popolnoma enake (zarodne matične celice). Celice se v določenem obdobju razvoja osebka specializirajo in razvijejo v svoji nalogi ustrezno končno obliko (fenotip). Sprememba teh celic v neke druge celice ni več mogoča. V organizmu pa se nahajajo tudi celice, ki ohranjajo sposobnost razvoja v druge tipe celic. Imenujemo jih matične celice. Zaradi te lastnosti so zelo primerne za uporabo pri zdravljenju določenih bolezni in poškodb. Najbolj uporabne so zelo mlade matične celice (npr. iz popkovnice), saj se lahko razvijejo v večino celic.

Etične dileme v biotehnologiji

Uporaba GSO

- Medicina: gensko spremenjeni mikroorganizmi za raziskave in za pridobivanje zdravil, cepiv, hormonov...
- Kmetijstvo: možnost iznosa GSO in s tem spremenjenih genov v celotno biosfero!
- Živilska industrija: prehranski vnos človeku neznanih beljakovin → alergije in druge reakcije!

Kloniranje:

- razmnoževalno kloniranje večceličnih živali (nasprotovanja tudi s strani mnogih raziskovalcev),
- terapevtsko kloniranje (nasprotovanje uporabi zarodkov za pridobivanje zarodnih matičnih celic).

EVOLUCIJA JE TEMELJNA ZNAČILNOST ŽIVEGA

UČBENIK STR. 68 DO 87

Zgodovina raziskovanja nastanka življenja

Jean Baptiste van Helmont:

- belgijski kemik, fiziolog in zdravnik,
- 17. stoletje,
- želel dokazati, da življenje nastaja spontano (hipoteza o spontanem nastanku življenja).

Francesco Redi:

- italijanski zdravnik, naravoslovec in pesnik,
- konec 17. stoletja,
- z nadzorovanim poskusom ovrgel domnevo o spontanem nastanku življenja.

Louis Pasteur:

- francoski kemik in mikrobiolog,
- 19. stoletje,
- dokončno ovrgel hipotezo o spontanem nastanku življenja.

Harold Urey in Stanley Miller:

- ameriška kemika,
- Miller - Urey eksperiment,
- 1952,
- poskušala simulirati razmere na Zemlji in nastanek prvih organskih spojin.

Evolucija je temeljna lastnost živega

Evolucijska teorija:

- konec 19. stoletja,
- Charles Darwin in Alfred Russel Wallace,
- na podlagi opazovanj, zbiranja in zapisovanja podatkov in na podlagi fosilov,
- razlaga spreminjanja živega sveta, razvoja novih vrst, izumiranja starih vrst,
- vsa živa bitja imajo skupnega prednika.

Oba sta se dokopala do enakih ugotovitev:

- Vse oblike življenja so nastale iz skupnega prednika na temelju dedovanja lastnosti s postopnim spreminjanjem.
- Postopno spreminjanje vrst je posledica naravnega izbora.
- Evolucija z naravnim izborom je temeljna lastnost živega.

Darwin je evolucijsko teorijo utemeljeval na naslednjih spoznanjih:

- raznolikost organizmov (znotraj populacij),
- čezmerno potomstvo,
- tekmovanje med organizmi (boj za obstanek),
- prenašanje lastnosti s staršev na potomce.

Na podlagi tega je sklepal:

- Posamezniki, katerih lastnosti jim omogočajo večjo možnost preživetja in razmnoževanja v določenih življenjskih razmerah, imajo ponavadi več potomcev kot drugi osebki.
- Posledica tega je, da se prek več generacij v neki populaciji kopičijo tiste lastnosti, ki pomenijo za organizme prednost pri preživetju in razmnoževanju.

Naravni izbor je proces, v katerem osebki neke populacije z določenimi dednimi lastnostmi v danem okolju preživijo in se razmnožujejo uspešneje od drugih.

Evolucija je postopno razvijanje in spreminjanje vrst (tudi biološka disciplina). Naravni izbor pa je eden izmed mehanizmov, ki evolucijo omogoča.

Na naravni izbor vplivajo številni dejavniki:

- neživa narava,
- tekmovanje med osebki iste vrste,
- tekmovanje med osebki različnih vrst,
- odpornost proti povzročiteljem bolezni in zajedavcem,
- plenilci.

Razvoj temelji na naravnem izboru

Pomembna lastnost populacije je **raznolikost** (večja možnost preživetja v spreminjajočih se ekoloških razmerah).

Osebki, ki v določenem ekosistemu živijo in imajo več potomcev, so na dane ekološke razmere **prilagojeni**.

Na izbor s svojim ravnanjem vplivamo tudi ljudje (ulov večjih rib, lov na kapitalne jelene, lov na zdrave in lepe osebke...). Gre za **umetni izbor** (selekcijo). Primer umetne selekcije je tudi izbor osebkov z določenimi lastnostmi za razplod pri domačih živalih (živinoreja, hišni ljubljenci).

Evolucijska teorija je podprta s številnimi dokazi

Kljub izjemni raznolikosti organizmov nas med preučevanjem življenjskih procesov ali primerjanjem notranje zgradbe celice ali organizma presenetijo marsikatero podobnosti. To osupljivo enotnost je mogoče pojasniti samo s skupnim evolucijskim izvorom.

1. Preučevanje spreminjanja populacij:

- opazovanje populacij osebkov, ki imajo kratko življenjsko dobo in se hitro razmnožujejo,
- npr. odpornost bakterij na antibiotike, odpornost žuželk na insekticide...

2. Preučevanje fosilov:

Fosili so različni ostanki ali odtisi organizmov, ki so stari najmanj 10 000 let.

Enostaven časovni trak razvoja organizmov na Zemlji	
4,6 milijarde let	nastanek planeta Zemlja
3,6 milijarde let	prokarioti
3,4 milijarde let	cianobakterije (fotosinteza)
2 milijardi let	evkarionti
1,2 milijardi let	evkarionti, ki se spolno razmnožujejo
1 milijarda let	mnogocelični organizmi
600 milijonov let	preproste živali
550 milijonov let	bilateralno simetrične živali (sprednji in zadnji del)
500 milijonov let	ribe in predniki dvoživk
475 milijonov let	kopenske rastline
400 milijonov let	žuželke in semenke
360 milijonov let	dvoživke
300 milijonov let	plazilci
200 milijonov let	sesalci
150 milijonov let	ptiči
130 milijonov let	cvetnice
60 milijonov let	primati
20 milijonov let	družina <i>Hominidae</i> (človeku podobne opice)
2,5 milijona let	rod <i>Homo</i> (vključno s človekom in njegovimi predniki)
200 000 let	moderni človek (<i>Homo sapiens sapiens</i>)

Živi fosili:

- Organizmi, ki so milijone let imeli in do danes ohranili zelo podobno obliko telesa in druge značilnosti oz. so zelo podobni že davno izumrlim sorodnikom. Večinoma nimajo danes živečih bližnjih sorodnikov ali pa je to samo kakšna vrsta.
- Primeri: arapaima, Latimerija, pljučarica, jeseter, ostvarji, krokodili, okapi, kljunaš, kljunati ježek, dvokrpi ginko, velbičija, sagovec...

S preučevanjem sedimentnih kamnin in v njih najdenih fosilov so ugotovili, da na raznolikost organizmov vplivajo tudi ekološki dejavniki (spremembe ozračja, količina padavin, temperaturne spremembe, debelina ozonske plasti, spremembe odnosov med vrstami...).

Razvoj življenja na Zemlji so usmerjale tudi nenadne globalne katastrofe (vulkanski izbruhi, udari meteorjev in kometov, globalno segrevanje ali ohlajanje, pomanjkanje kisika v morju, izbruhi gama žarkov, epidemije...). Posledice hitrih večjih sprememb v ekosistemih so bila množična izumrtja (5 večjih in številna manjša).

Trenutno poteka holocensko izumiranje, povezano z razširjanjem in delovanjem človeka v zadnjih tisočletjih. Poteka z zelo veliko hitrostjo (sto do tisočkrat hitreje od povprečja).

Predvidevajo, da je izumrlo 99 % vseh vrst, ki so kdaj živele na Zemlji. Trenutno na našem planetu živi 10 do 14 milijonov vrst živih organizmov.

3. Primerjanje anatomske zgradbe:

Konvergentni razvoj:

- = razvoj z zблиževanjem,
- podobnost v zunanjem videzu,
- razlika v telesni zgradbi,
- nimajo bližnjega skupnega prednika,
- posledica prilagajanja na podobne življenjske razmere.

Divergentni razvoj:

- = razvoj z razhajanjem,
- velika razlika v zunanjem videzu,
- podobnosti v telesni zgradbi,
- imajo bližnjega skupnega prednika,
- posledica mutacij in prilagajanja na različne življenjske razmere.

Analize rodovnikov posameznih vrst:

- pomagajo odkrivati poti razvoja,
- npr. razvoj konjev (gozd → stepa; zaradi vedno trdnejše podlage sta zakrnela 2. in 4. prst).

Zakrneli organi so organi, ki so bili za prednike v spremenjenih razmerah manj pomembni za preživetje. Ker so neškodljivi, se ohranjajo iz generacije v generacijo, vendar zmanjšani ali okrnjeni.

4. Preučevanje razvoja zarodkov:

- V razvoju zarodkov vretenčarjev se pojavljajo določeni vretenčarski znaki (npr. hrbtenica, oko, sluhovod, škržne brazde) pred drugimi znaki posamezne skupine vretenčarjev (npr. rep, parklji, škrge).
- Zarodki so si tem bolj podobni, čim bolj so si vrste sorodne.
- Podobnost zarodkov dokazuje sorodnost in skupen izvor vrst.

5. Geografska razširjenost vrst:

- Prostorske ločitve populacij zaradi različnih pregrad (gore, puščave, morja...) pogosto vodijo v razvoj novih vrst.
- Velik vpliv na evolucijo življenja na Zemlji je imelo tudi premikanje kontinentov.

6. Primerjanje biokemijskih in molekularnih lastnosti:

- Princip zapisovanja informacije o zgradbi beljakovin na molekuli DNA je v vseh organizmih enak, kar potrjuje teorijo o skupnem izvoru vseh organizmov.
- Sorodnost dokazujejo tudi številni biokemijski procesi in zgradba mnogih beljakovin.
- Z DNA analizo lahko strokovnjaki ugotovijo podobnosti v genetskih zapisih in na ta način organizme ustrezno sistematsko razvrstijo.

Evolucijska zgodovina primatov

- Razvoj primatov se je začel pred 65 milijoni let iz skupnega prednika, ki je živel na drevesih tropskih gozdov.
- Najprej se je ločila veja lemurjev in sorodnih skupin primatov.
- Nato se je odcepila veja pravih opic (večji možgani, dobro razvit globinski vid in oprijemalne okončine, zelo zmanjšan gobec, v ustih 32 zob).
- Sledil je razvoj človeku podobnih opic (orangutan, gorila, šimpanz).
- Skupen človekov in šimpanzov prednik je živel pred 6 do 7 milijoni let.
- Živelo je najmanj 20 različnih vrst človečnjakov, med katerimi je preživela le vrsta *Homo sapiens* (sodobni človek).

Posebne značilnosti vrste *Homo sapiens*: velik volumen možganskega dela lobanje, govor, uporaba kompleksnih orodij in vzravnana dvonožna hoja.

Sodobni človek izvira iz Afrike, od koder se je najprej razširil v Azijo, nato pa v Evropo, Avstralijo in Ameriko.