

evolucija

evolucija je z naravnim izborom temeljna lastnost zivega

- Jean Baptiste Lamarck 1809 je objavil svoje revolucionarno dognanje, da lahko zaporedja fosilov različnih organizmov razložimo le s postopnim spreminjanjem organizmov skozi daljša časovna obdobja.
- Charles Darwin leta 1859 objavi knjigo *O nastanju vrst z naravnim izborom*-evolucijska teorija (vse oblike življenja so nastale iz skupnega prednika na temelju dedovanja lastnosti s postopnim spreminjanjem, in da je mehanizem, ki povzroča to postopno spreminjanje, naravni izbor)-.
- **Evolucija je z naravnim izborom pravzaprav tista temeljna lastnost, ki živo naravo ločuje od nežive.**
 1. Osebki iste vrste se med seboj razlikujejo
 2. Organizmi imajo več potomcev, kot je staršev
 3. Mnogi osebki ne preživijo → naravni viri so omejeni, od vseh potomcev določenih staršev v povprečju preživi le toliko potomcev, da nadomestijo svoje starše. Preživijo le redki, za to se morajo borovati in tekmovati znotraj iste vrste – **boj za obstanek**. Boj za obstanek je v bistvu boj za **razmnoževanje** (lahko svoje lastnosti oz. gene prenesejo v prihodnost). Praviloma preživijo tisti, katerih lastnosti bolj ustrezajo trenutnemu okolju (vse kar obdaja nek osebek-živi in neživi dejavniki), ta pa se neprestano spreminja. **Različni osebki so različno uspešni pri razmnoževanju** → okolje s svojimi zahtevami izbira fenotipe, ki bodo preživel, se uspešno razmnožili in s tem prenesli svoje gene v naslednji rod- naravni izbor ali selekcija. Postopno, skozi mnoge generacije, se spreminjajo obstoječe lastnosti, ki osebkom neke vrste v danem okolju omogočajo prednost v boju za obstanek in uspešno razmnoževanje. Posledica je prilagojenost organizma na okolje. Prilagoditve ali adaptacije (v zgradbi, notranjem delovanju, vedenju) so lastnosti organizma, ki povečujejo njegovo uspešnost v danem okolju.

Osnovna enota evolucije je populacija (skupina osebkov iste vrste, ki živijo v istem času na istem prostoru in se med seboj razmnožujejo).

populacija je osnovna enota evolucije

Populacije je skupina organizmov iste vrste, ki živijo ob istem času v istem prostoru in se med seboj tudi dejansko razmnožujejo.

Vrsta je skupina populacij, katere pripadniki se lahko medsebojno razmnožujejo in imajo plodne potomce.

Organizmi imajo izjemno sposobnost za razmnoževanje- v vsaki generaciji imajo veliko več potomcev kot je njih samih (in kot jih lahko preživi)- **hiperprodukcija** ali čezmerno potomstvo. Hiperprodukcija pri bakterijah poteka z delitvijo na vsake 20 minut ($2^n - n$ je število delitev, po enem dnevi 72 delitev, $4,7 \times 10^{21}$)- le v idealnih razmerah (dovolj hrane in prostora za potomce). V povprečju pa preživi le toliko potomcev, kolikor je bilo strašev, vsi drugi potomci pa ne dočakajo obdobja, ko bi se lahko razmnoževali.

Številčnost osebkov v populacije se lahko nekoliko spreminja iz leta v leto, a kljub temu dolgoročno večinoma ostaja dokaj stalna.

Število ljudi se ves čas povečuje, to se intenzivno dogaja le v zadnjih 200 letih. Posledica povečevanje populacije človeka je zmanjšanje raznovrstnosti ekosistemov, zmanjšanje številčnosti mnogih drugih vrst in njihovo izumiranje. Ker so se v evlucijskem razvoju izoblikovale mnoge usodne povezave človeka z drugimi organizmi na našem planetu, naše sedanje brezobzirno uničevanje ekosistemov resno ogroža nadaljno blaginjo in razvoj človeške družbe.

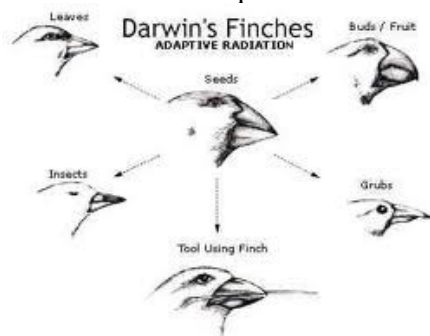
Osebkni neke populacije se ne razlikujejo le po videzu, ampak tudi po številnih drugih lastnostih (fenotip- nanj poleg genotipa vplivajo tudi različni dejavniki okolja). Podedovani geni določajo razpon vrednosti njene fenotipske lastnosti (sončenje Šveda in Afričana), kakšna pa je v tem trenutku dejanska vrednost njene fenotipske lastnosti, je odvisno od vplivov okolja (enojajčna dvojčka različna). **A za naravni izbor je pomembna samo dedna komponenta raznolikosti osebkov v populaciji.**

Dedna ali genetska raznolikost med osebki je posledica dveh naključnih procesov: **mutacij in kombiniranja alelov med spolnim razmnoževanjem.**

Z mutacijami lahko nastajajo nove različice genov- alelov. Posledica nastajanje novih alelov z mutacijami pa je raznolikost organizmov v populaciji. Vir dedne raznolikosti med osebki so mutacija (naključno) in spolno razmnoževanje(usmerjeno). Naravni izbor deluje na fenotip.

Ker se osebki praviloma razmnožujejo le znotraj populacije, ima tudi vsaka populacija svoj nabor alelov- **genski sklad populacije**. Predstavljajo ga vsi aleli neke populacije v danem trenutku. Genski skladi različnih populacij iste vrste se razlikujejo po številu alelov in po njihovi pogostosti, skozi čas pa se oboje večinoma tudi spreminja. Iz genskega sklada prejme svoje gene naslednja generacija. Pojave povezane z genskimi skladi preučuje populacijska genetika. Pogostost alela je njegov delež med vsemi aleli določenega gena v populaciji. Pri populaciji, ki se evlucijsko razvija, se spreminja pogostost alelov v genskem skladu. Če se populacija evlucijsko ne razvija, je populacija v genskem ravnovesju (**Hardy- Weinbergovo ravnovesje**). Genskega sklada populacije ne more spremeniti spolno razmnoževanje, lahko pa ga spremeni naravni izbor. Kadar deluje naravni izbor, se pogostost alelov v genskem skladu spreminja in populacija se evlucijsko razvija.

Edino naravni izbor vodi v postopno prilagajanje organizmov na okolje. Darwin je sklepal, da proizvajanje več potomcev, kot jih lahko preživi v okolju z omejenimi viri, vodi v boj za obstanek med osebki iste vrste, zaradi katerega le redki osebki preživijo dovolj dolgo, da se lahko razmnožijo in s tem proizvedejo svoje lastne potomce. Temelj naravnega izbora je različna uspešnost različnih osebkov pri razmnoževanju. Tiste dedne lastnosti, ki dajejo prednost pred drugimi, skozi generacije postajajo v populaciji bolj pogoste, tiste lastnosti, ki so za osebke »škodljive« v boju za obstanek, pa postajajo manj pogoste (primer črne kuge – 4 epidemije z vedno manjšimi odstotki umrlih- manjša smrtnost ob ponovnih epidemijah naj bi bila povezana s povečanjem pogostosti določenega alela oz. alelov v človeški populaciji zaradi naravnega izbora v prvih epidemijah). Primer evolucijskega spreminjanja so kljuni Darwinovih ščinkavcev na Galapaških otokih.



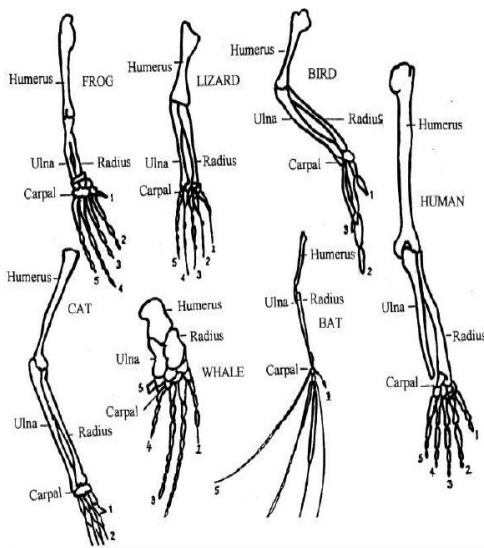
Okolje se stalno spreminja, zato ima spolno razmnoževanje prednost pred nespolnim, saj raznolikost osebkov zagotavlja večjo verjetnost za dolgoročno preživetje populacije. Vrste, ki se razmnožujejo nespolno, so v večji nevarnosti za izumrtje, zato skozi dolga obdobja, skozi mnoge generacije, preživi več vrst s spolnimi razmnoževanjem. A tudi nespolno razmnoževanje ima svoje prednosti- omogoča pritrjenim organizmom in osebkom, ki živijo v izolaciji, da se razmnožijo, tudi če nimajo spolnega partnerja. Spolno raz. je dokaj potratno s snovjo in energijo (proizvajanje spolnih celic, parjenje). Poleg tega pa je večina raznolikih potomcev slabše prilagojena na okolje kot njihov staši, zato imajo dokaj majhne možnosti za preživetje in razmnoževanje.

Naravni izbor izbira med fenotipi, ki jih določajo genotipi in na ta način prihaja do sprememb v pogostosti genotipov in alelov populaciji. Naravni izbor ne deluje na posamezne gene, ampak na osebek kot celoto (preživi ali ne).

Razliko v videzu med samci in samicami imenujemo **spolna dvoličnost**. Razlog za nastajanje in ohranjanje takšnih lastnosti, ki jim pravimo sekundarni spolni znaki je **spolni izbor** (posebna oblika naravnega izbora). Določene lastnosti so npr. lahko všeč samicam in po njih izbirajo svoje spolne partnerje. Če samice izberejo svoje partnerje po videzu, potem nepriljubljenemu samcu nič ne koristi, da mu je uspelo poglobiti pred plenilci in preživeti. Če ga samica ne bo izbrala za parjenje, se pač ne bo mogel razmnožiti in prenesti svojih genov v naslednji rod (pav, rasa mlakarica, ribe gupiji).

Umetni izbor ali selekcija poteka na podoben način, a o preživetju in razmnoževanju osebkov ne odloča okolje, ampak človek, ki je pri svojih izbirah veliko doslednejši. Zato je umetni izbor v večini primerov občutno hitrejši od naravnega (vse pasme psov je človek vzgojil iz prednika volka, razvoj kulturnih rastlin).

Prilagoditev je vsaka lastnost, ki poveča verjetnost organizma za preživetje in razmnoževanje v danem okolju. Organizmi se vse bolj prilagajajo svojemu okolju, a okolje se spreminja (popolna prilagoditev brez konca) → naša hrbtenica v obliki S ni idealna prilagoditev, a je dovolj dobera za preživetje in uspešno razmnoževanje.



Evolucijsko bolj sorodne vrste (skupni prednik) so si med seboj večinoma podobne tudi po videzu in drugih lastnostih. Podobnost zaradi skupnega izvora imenujemo **homologija**.

Homologi ali istoizvorni organi so lahko pri različnih vrstah zelo podobni, lahko pa se zaradi postopnih prilagoditev v različnem okolju tudi razlikujejo (listi semenk, okončine vretenčarjev-5 kosti funkcijsko pa krila, noge roke..., hemoglobin). Razvoj, pri katerem se iz homolognih organov razvijejo strukture, ki se med seboj razlikujejo imenujemo **divergenca ali divergentni razvoj**.

Včasih pa najdemo nekatere podobne lastnosti tudi pri vrstah, ki evolucijsko niso preveč sorodne, živijo pa v podobnem okolju. Temo pojavu pravimo **konvergentni razvoj** (hidrodinamično oblikovano telo- delfin sesalec, ihtiozaver izumrli plazilec, mečarica riba kostnica, pingvin ptica). V procesu konvergentnega razvoja si strukture, ki nimajo skupnega izvora, zaradi prilagajanje na podobne zahteve okolja postajajo vse bolj podobne. Lastnosti nastale v konvergentnem razvoju so **analogne lastnosti**. (mali ježasti tenrek in beloprski jež- oba imata bodice, a nista v bližnjem sorodstvu, kleščice škorpiona in raka, vitice graha in vinske trte, mesnati stebli kot prilagoditev na sušne razmere pri kaktusih in mlečkovk).

Razvoj organizmov poteka praviloma progresivno (od bolj preprostih do bolj kompleksnih oblik). A evolucijski razvoj lahko poteka tudi regresivno (kompleksno zgrajeni organizmi v evolucijskem razvoju postanejo preprosteje zgrajeni) – primer notranjih zajedalcev je trakulja, tudi človeška ribica se je iz dvoživke telesno poenostavila (zakrnele oči in njen osebni razvoj se je ustavil na stopnji ličinke) kot prilagoditev na življenje v podzemlju.

Če ena vrsta izumre, se ne bo nikoli več pojavila ali ponovila, enako velja za organe.

Koevolucija je medsebojno prilagajanje različnih vrst, pri čemer evolucijska sprememba ene vrste vpliva na evolucijo druge vrste. Vsaka vrsta ima selekcijski vpliv na druge vrste, s katerimi živi v ekosistemu in se tudi sama razvije glede na pritisk drugih vrst nase (odnos zajedalec-gostitelj, plen-plenilec, organizmi v sožitju). Naprimer koevolucija kritosemenk in žuželk- žužkocvetne kritosemenke so razvile lepo obarvane in dišeče cvetove z medicino.

Evolucijski razvoj ni nek načrten proces, ampak le izbiranje med obstoječimi razlikami. Izbira, ki je bila nekoč najboljša, se kot take ne izkaže nunjo tudi v ponovno spremenjenem okolju.

z evolucijskim razvojem nastajajo nove vrste

Nastajanje novih vrst imenujemo tudi speciacija. Vsakič, ko poteče nastanek dveh vrst iz ene se poveča biotska pestrost. V daljni preteklosti se je vrsta skupnega prednika vseh danes živečih vrst razdelila na dve ali več vrst. Ta proces postopne cepitve evolucijskih linij v nove in nove vrste se je nato skozi evolucijsko zgodovino neprestano dogajal, in se še dogaja, ter vodil do nastanka milijonov različnih vrst organizmov, ki danes poseljujejo naš planet. Proces nastajanja novih vrst nam razloži silno raznolikost med vrstami (vsaka se prilagaja drugačnemu okolju, razlike se s časom kopičijo) in podobnost med nekaterimi izmed njih (isti skupni prednik).

VRSTA:

- biološki koncept vrste → je populacija ali skupina populacij, katere pripadniki imajo sposobnost, da se lahko medsebojno razmnožujejo in ima plodne potomce (problem pri organizmih, ki se razmnožujejo nespolno- prokarionti, nekateri enoceličarji evkarionti)
- morfološki koncept vrste- ločevanje vrste predvsem po zgradbi organizma, včasih tudi po lastnostih, povezanih z delovanjem organizma in vedenjem
- ekološki koncept vrste- vrste se razlikujejo med seboj po svojih ekoloških nišah in vlogi, ki jo imajo v ekosistemu.
- evlucijski koncept vrste ali filogenetski- vrsta je skupina organizmov s posebno genestko zgodovino

Osebki, ki pripadajo različnim vrstam se med seboj ne razmnožujejo. Posebne lastnosti organizmov imenovane **razmnoževalne pregrade**, preprečujejo razmnoževanje med osebki različnih vrst in s tem izmenjavanje genov med genskimi skladi vrst. Poznamo predoploditvene (različen habitat, različna zgradba telesa, proces oploditve, vedenje- ni spolne privlačnosti, različen čas razmnoževanja) in pooploditvene pregrade (nesposobnost križanca za preživetje, neplodnost križanca, nesposobnost potomcev križancev za preživetje).

Pri nastanku dveh novih vrst iz ene predniške vrste je pogosto pomembna razdelitev ene populacije na dve prostorsko ločeni populaciji. Osebki v prostorsko osamljenih populacijah so fizično ločeni od drugih osebkov iste populacije, zato se z njimi ne morejo razmnoževati. Zaradi tega ima vsaka prostorsko osamljena populacija svoj genski sklad ločen od genskih skladov drugih populacij in lahko sledi svojemu lastnemu evlucijskemu razvoju – **alopatrična speciacija**. Prostorske pregrade lahko nastanejo z dvigom gladine morja, spremenjen tok reke, dvig gorovja, preselitev skupine osebkov na otok...

V nekaterih primerih lahko iz ene vrste nastaneta dve ločeni vrsti na istem območju, brez prostorske ločitve populacij – **simpatrična speciacija** (se ne loči od parentalne populacije). Ker pa more v tem primeru priti do nastanka razmnoževalne pregrade med osebki, ki istočasno živijo na istem ozemlju, je takšno nastajanje novih vrst veliko redkejše. Nastanek novih vrst na istem območju je pogosto povezan z nastankom **poliploidnosti**. Večina živali in rastlin ima v svojih celicah dva kompleta kromosomov ($2n$ - enega od očetov in enega od matere). V nekaterih primerih pa ima osebek več kot dva kompleta kromosomov in je poliploiden. Temelj za nastanek poliploidnosti je napak pri celični delitvi ene od celic v nekem diploidnem osebku (po križanju se celica ne razdeli na 2). Tetraploidna celica se nato normalno deli naprej, vse njene potomke pa so tetraploidne. Nastajanje tetraploidnih osebkov je bolj pogosto pri rastlinah kot pri živalih. Ne normala diploidna spolna celica ($2n$), ki pripada tetraploidu, se sicer lahko združi z normalno haploidno celico (n) ostalih normalnih osebkov v populaciji, toda nastali križanec je triploidi ($3n$) in je zaradi zapletov pri mejozi ne more tvoriti spolnih celic- je neploden. Nekatero raslitnske vrste se lahko samooplodijo (novonastale spolne celice tetraploidnega osebka se združijo z ženskimi spolnimi celicami istega osebka) ali pa se razmnožujejo nespolno dokler kje v njegovi bližini ne nastane drug tetraploidni osebek z drugačnim genotipom.

Evlucijski razvoj mnogih novih vrst iz skupnega prednika, ki se znajde v novem in raznolikem okolju, se imenuje **adaptivna radiacija** (hitro nastajanje novih vrst iz

skupnega prednika). Adaptivna radiacija je običajno povezana s prihodom organizmov v novo okolje, ki še ni gosto poseljeno z drugimi vrstami ali z velikimi izumrtji, ob katerih se izprazniijo mnogi življenjski prostori in ekološke niše (izumrtje dinosavrov, oddaljena otočja).

Evolucijska novost nastane na enak način kot druge nove lastnosti, torej prek mutacije in naravnega izbora.

Širok razpon dokazov za evolucijsko teorijo prihaja z zelo različnih področij sodobne bioznanosti:

- FOSILI paleontologija

Znanstveniki fosilne ostanke organizmov urejajo v zaporedja glede na njihovo starost (starost kamnin, v kateri je bil fosil). Takšna časovna urejena zaporedja fosilov predstavljajo enega od najmočnejših dokazov za evolucijo.

- OBMOČJA RAZŠIRJENOST VRST biogeografija

upoštevati moramo tudi geološko dogajanje v preteklosti → tektonika plošč (premikanje litosferskih plošč).

Endemiti- vrste, ki živijo na zelo majhnem območju in nikjer drugje.

- PRIMERJAVA ZGRADB ORGANIZMOV anatomija

Zgradba organov prednikov se v različnih evolucijskih linijah sicer spreminja v procesu naravnega izbora, a kljub spremembam in različnim nalogam, ki jih ti deli telesa opravljajo pri različnih skupinah organizmov, lahko prepoznamo njihov skupen izvor. Primer homologije so tudi zakrneli ostanki različnih organov, ki so pri predniku imeli določeno funkcijo, pri njegovih današnjih potomcih pa so več ali manj brez pomena. Z evolucijsko teorijo lahko razložimo tudi analogije (strukture, ki nimajo skupnega izvora, a so si podobne, zaradi prilagajanje na podobne zahteve okolja).

- RAZVOJ ZARODKOV embriologija

Tudi primerjava zgodnjih stopenj razvoja zarodka je vir dokazov za skupni izvor različnih organizmov. Do neke mere se v zgonjem razvoju zarodka pojavljajo lastnosti po istem vrstnem redu, kot so se pojavljali v evoluciji vrste: najprej opazimo pri zarodku evolucijsko izvirnejše lastnosti, ki jih je vrsta pridobila najprej, in nato postopno lastnosti, ki so nastale kasneje v evolucijskem razvoju.

Bolj, ko so si vrste evolucijsko sorodne, dlje so si v svojem razvoju podobni njihovi zarodki (zgodnji človeški zarodek ima rep)

- ZGRADBA GENOV, BELJAKOVIN IN DRUGIH MOLEKUL molekularna biologija

Geni in beljakovine so dodatne lastnosti organizmov, ki jih danes lahko primerjajo in iz primerjav sklepajo na evolucijsko sorodnost med organizmi (primer galapaške želve)

- OPAZOVANJE EVOLUCIJSKIH SPREMEMB V LABORATORIJSKIH POSKUSIH IN V NARAVI evolucijska biologija

- UMETNI IZBOR GOJENIH RASTLIN IN ŽIVALI kmetijstvo

Umetni izbor dokazuje, da lahko z načrtnim odbiranjem osebkov v populaciji, ki imajo potomce, v zelo kratkem času močno spremenimo lastnosti različnih sort gojenih rastlin in pasem gojenih živali. Umetni izbor je še eden izmed argumentov, da v naravi poteka naravni izbor, čeprav bistveno počasneje kot umetni.

Evolucijska zgodovina življenja na zemlji

Na temelju fosilnih in drugih dokazov so znanstveniki uspeli ugotoviti časovni potek evolucije skupin organizmov in ključnih dogodkov v evolucijskem razvoju življenja. Ti zaporedno obsegajo nastanek življenja in prokariotske celice v vodnem okolju, razvoj evkariontske celice iz prokariotske, razvoj večceličnih evkariontov in prehod organizmov iz vodnega okolja na kopno.

Zemlja, ki je nastala pred približno 4,6 milijardami leti, je bila žareča krogla. Zaradi neprestanega bombardiranja skal, lednih kosov in prašnih delcev, ki so ostali od nastanka našega osončja, se trdna Zemljina skorja ni mogla ohladiti. Zaradi visoke temperature pa je vsa voda izhlapevala – življenje na planetu ni bilo mogoče.

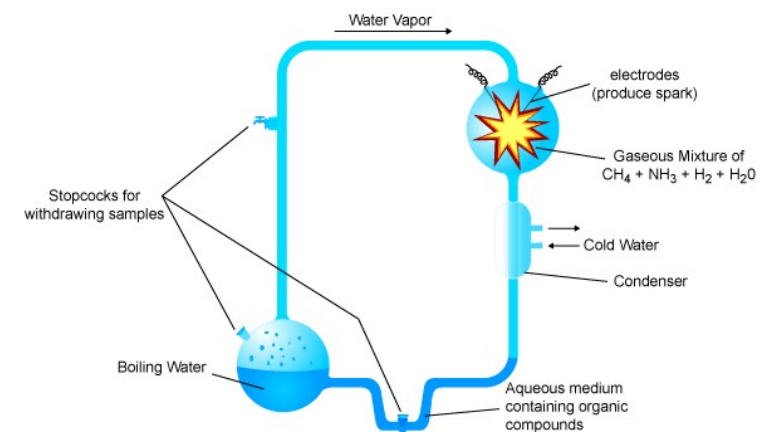
Na temelju kemijskih, geoloških, fizikalnih in bioloških opazovanj in poskusov znanstveniki domnevajo, da so fizikalni-kemijski procesi na mladi Zemlji ob delovanju porajajočega se naravnega izbora vodili v nastanek celic (**sinteza majhnih organskih molekul v neživi naravi, združevanje majhnih organskih molekul v polimere, združevanje organskih molekul v kapljice obdane z membranami, nastanek samopodvajajočih se molekul**).

Začetek življenja povezujemo s padcem meteorita, ki je treščil v Zemljo in iz nje izbil ogromno maso, iz katere je nastala Luna. Ob tem se je sprostil toliko energije, da je Zemlja ponovno zažarela in se nato začela počasi ohlajati. Trk meteorita je povzročil tudi, da se je os vrtenja Zemlje nagnila → letni časi.

Iz plinov (vodna para, dušik in njegovi oksidi, vodik, ogljikov dioksid, metan, amoniak in vodikov sulfid - ni bilo prostega kisika niti ozona). Iz plinov prvotnega Zemljinega ozračja so se sintetizirale organske snovi, brez prisotnosti življenja, a je za to potrebna energija (strele, UV žarki, toplota). Ko se je Zemlja ohlajala, je dež iz oblaka polnil kotanje na Zemljinem površju z vodo, v kateri so se nabirale organske molekule. Tekoča voda je bila pomembna za nastanek življenja. Odsotnost kisika v prvotnem ozračju je bila pomembna za postopno kopičenje organskih molekul (kisik močan oksidant, hitro reagira z organskimi molekulami). Pomembno pa je bilo še dejstvo, da takrat še ni bilo življenja, ki bi razgrajevalo organske snovi.

Proces s katerim so iz preprostih organskih molekul nastajale kompleksnejše imenujemo **kemoevolucija**. Nastanek kompleksnejših organskih molekul v procesu kemoevolucije je bil temelj **bioevolucije** (nastanek in razvoj živih bitij).

Med prvimi znanstveniki, ki so poskusili ustvariti preproste organske snovi v podobnih pogojih, kakršni so verjetno vladali v prvotnem Zemljinem ozračju, sta **bila Američana Stanley Miller in Harold Urey**. Za svoj poskus (1952) sta sestavila napravo iz dveh povezanih posod, od katerih sta zgodnjo napolnila s plini (metan, amoniak, vodik), v spodnji pa sta segrevala morsko vodo. Zaradi segrevanja je vodna para po ceveh prihajala v zgodnjo posodo in se mešala s prej omenjenimi plini. V tej posodi sta prek dveh elektrod z razelektritvami



stimulirala strele. Cev, ki je vodila iz zgornjega plinastega prostora z raztopljenimi snovmi v spodnjo posodo z morsko vodo, sta hladila in paro kondenzirala. Iz te cevi sta lahko prek posebnega petelička tudi občasno spuščala vodo, kateri so bile raztopljene novonastale snovi → aminokislinae.

Miller-Ureyev poskus je bil prvi eksperimentalni dokaz, da v takih pogojih resnično lahko nastanejo organske snovi brez živih posrednikov ter da nastanejo neverjetno hitro v razmeroma velikih količinah.

V vseh celicah poteka cel kup kemijskih reakcij – **presnova** ali metabolizem. Presnovne reakcije pa morajo pospeševati katalizatorji, organski katalizatorji so **encimi**. Z Miller-Ureyevim poskusom smo dokazali nastanek aminokislin, ki se lahko potem naključno nizajo v verigo. Če bi tako nastala beljakovina, ki bi pospeševala neko reakcijo, bi se ta lastnost hitro izgubila (beljakovina bi razpadla). Poleg tega so encimi uspešni le, če je v okolju dovolj velika koncentracija substrata. Učinkovit način za takšno omejitev notranjosti organizma od zunanjega okolja je **lipidna membrana**. Večja težava kot nastanek membrane je bila ohranitev učinkovitih encimov, ki so sprva nastajali naključno. **Uporaba DNA kot informacijske molekule in proces izdelave beljakovin na temelju te informacije z uporabo RNA in ribosomov** je skupna lastnost vseh današnjih organizmov. Za ohranitev in prenašanje informacije v organizmu poskrbi **podvojevanje DNA**, ki poteče pred celično delitvijo. Ker pa celice opravljajo delo, potrebujejo prenašalca energije → vsi današnji organizmi za **prenašanje energije** po celici uporabljajo ATP.

Vprašanje o nastanku življenja je trd oreh tudi za sodobno znanost:

- ena od hipotez predvideva, da se je **najprej razvila presnova** → preprosti organizmi naj bi se razvili tako, da bi se ustrezen nabor molekul z lipidno membrano omejil od ostalega neživega okolja. Najprej naj bi potekale preproste kemijske reakcije, te pa naj bi pospeševali anorganski katalizatorji kot so minerali. Zapis aminokislin naj bi se pojavil kasneje.
- **svet RNA** → vlogo katalizatorja in hkrati tudi spomina o svoji sestavi je opravljala ena sama vrsta molekul. Nekatere molekule RNA lahko opravljajo obe nalogi (imajo podatke o svoji sestavi zapisane v zaporedju nukleotidov, se lahko množijo s podvojevanjem in se vključujejo v pospeševanje kemijskih reakcij kot encimi). Ker pa katalitične lastnosti RNA niso bile ravno visoke, so pozneje prevzele funkcijo pospeševanje kemijskih reakcij encimske molekule.

Strukture, ki še niso prave celice, imajo pa že veliko lastnosti, ki jih opazimo pri današnjih celicah imenujemo **predcelice** ali probionti. Zaradi napak pri podvojevanju so se v nekaterih RNA molekulah pojavljale spremembe, s katerimi so nekatere RNA molekule pridobile boljše encimske sposobnosti kot prejšnje. Beljakovine, ki so začele tako nastajati ob pomoči RNA, so imele sprva bolj skromne, potem pa čedalje boljše katalizatorske sposobnosti. Postopno so zaradi svojih kemijskih lastnosti postale daleč boljši katalizator kot molekula RNA. Zato so postopoma beljakovine prevzele katalizatorsko vlogo, molekule RNA pa so obdržale le samopodvojevalno funkcijo. Ker so RNA s svojo enojno verigo manj stabilne kot DNA, se je osnovni zapis o zgradbi in delovanju celic postopoma prenesel na DNA.

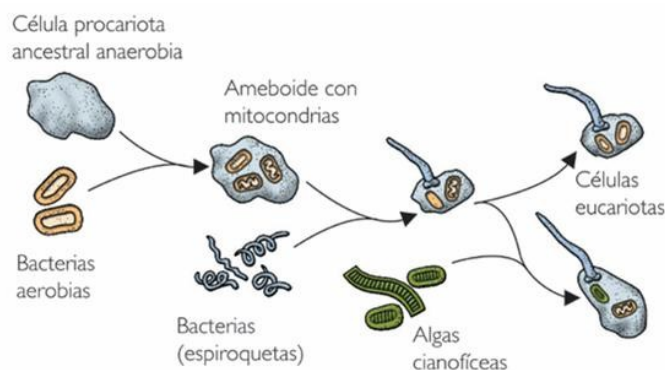
- da življenje ni nastalo na Zemlji, temveč ima zunajzemeljsko poreklo. Menijo, da z meteoriti lahko potujejo po vesolju preproste oblike celic. Ti naj bi nekoč prinesli celice tudi na Zemljo, pri čemer bi celice nastle drugje npr. na Marsu. Temelj za to hipotezo je dejstvo, da se prokariotne celice v neugodnih razmerah lahko

pretvorijo v neaktivne, vendar izredno trdožive oblike celic, ki lahko preživijo zelo nizke temperature, ki vladajo v vesolju.

Prvi organizmi na Zemlji so bili prokarioti, ki so bili heterotrofi. Hranili so se z organskimi snovmi, ki so se v obdobju kemoevolucije nakopičile v oceanih. Organskih snovi je počasi začelo primanjkovati in postopno so se razvili avtotrofi. Različne skupine avtotrofov so se nekoliko razlikovale po načinu izgradnje organskih snovi. Zelo velike posledice za nadaljni razvoj življenja na našem planetu so imeli predniki današnji cianobakterij (modrozelenih bakterij), ki so opravljali fotosintezo (svetlobno energijo so uporabljali za izgradnjo organskih snovi iz anorganskih, v okolje pa so sproščali prosti kisik O_2). Iz celic prednikov cianobakterij se je kisik sproščal v vodo oceanov, kjer je zaradi veliko raztopljenega železa reagiral z njim in nastal je železov oksid. Ta se je oboril kot rdeča usedlina in se posedal na dno oceana. Tako se je koncentracija raztopljenega železa zmanjševala, kasneje se ves kisik ni porabljal za nastajanje železovih oksidov in koncentracija kisika je v vodi začela naraščati. Del raztopljenega kisika je z difuzijo prišel iz vode v ozračje- prvič v zgodovini Zemlje je ozračje vsebovalo kisik.

Ker je kisik zelo reaktiven (predvsem z organskimi molekulami), je zaviral delovanje encimov in poškodoval različne organske snovi v celici → zato so najverjetneje izumrle številne skupine prokariotov. Nekateri prokarioti so preživele v okoljih brez kisika (anaerobni prokarioti), drugi pa so se evolucijsko prilagodili na to velikansko spremembo okolja → razvilo se je celično dihanje (prokarioti so izkoristili kisik za učinkovitejše delovanje celice). Prokariotska celica se je kot tip organizacije celice ohranila skozi milijarde let evolucije do danes.

Eukariotske celice so v primerjavi s prokarioti bolj zapletene – imajo poleg celične membrane več notranjih membranskih struktur kot so jedrna ovojnica, endoplazmatski retikulum, golgijev aparat, mitohondrij, celice alg in rastlin pa še kloroplaste. Eukariotska celica je nastala s postopnim razvojem prokariota. Celična membrana prokariotske celice se je uvihala (endoplazmatski retikulum in golgijev aparat). **Endosimbiontska teorija** pojasnjuje izvor mitohondrija in kloroplasta. Prednik mitohondrijev je bila prosto živeča bakterija, ki je opravljala celično dihanje. V gostiteljsko celico je vstopila z endocitozo bodisi kot plen, ki se nato ni razgradila, bodisi kot zajedalec. Predniki mitohondrijev so postopoma postajali v večjih prokariotskih gostiteljih endosimbionti. Postopoma se je med njima razvila tako tesna povezava, da eden brez drugega nista mogla več živeti. Razdelitev eukariotske celice na več z membran obdanih delov je tudi omogočilo, da so bile lahko eukariotske celice večje od prokariotskih. Eukariotska celica, ki ima poleg mitohondrija še kloroplast, ima še dodatno prednost, saj lahko organske snovi s fotosintezo izdelava sama iz anorganskih.



Večcelični evkarionti so se razvili večkrat neodvisno v evolucijskih linijah živali, gliv in rastlin. Večcelični organizmi se temeljno razlikujejo od enoceličnih. Pri enoceličarjih se vsi življenjski procesi odvijajo v eni celici, večceličar pa ima različne specializirane celice (omogočajo gibanje, fotosintezo, spolno razmnoževanje), ki opravljajo posebne naloge in so medseboj odvisne.

Mnogo znanstvenikov je mnenja, da so se večcelični organizmi razvili iz kolonij (skupnosti neodvisnih celic, ki so živele skupaj), drugi pravijo, da so se večcelični organizmi razvili z vključevanjem različnih celic v enotno telo, tretja predpostavlja, da je prišlo znotraj celice z več jedri do obdajanja teh jeder s celično membrano.

Večja kompleksnost zgradbe omogoča razvoj večjega števila raznolikih oblik življenja. V nadaljnjem evolucijskem razvoju so se iz prvotnih večceličarjev razvili mnogi različni organizmi. V kambrijskih plasteh (500 do 590 milijov p.n.š.) so paleontologi našli veliko fosilov najrazličnejših večceličnih organizmov → **kambrijska eksplozija življenja**.

Poselitev kopnega je eden od pomembnih dogodkov v evolucijski zgodovini življenja. Življenje na kopnem ni bilo mogoče, dokler ni v ozračju nastala ozonska plast, ki ščiti površje Zemlje pred močnim UV-sevanjem. UV-sevanje namreč povzroča poškodbe organskih molekul in tudi mutacije v molekulah DNA. Življenje v vodi je bilo mogoče že pred nastankom ozonske plasti, ker voda dobro absorbira UV-sevanje. Ozonska plast je nastala šele po tem, ko se je zaradi delovanja fotosinteznih organizmov v ozračju nakopičilo dovolj kisika.

Med prehodom na kopno so morali organizmi s postopnimi evolucijskimi prilagoditvami rešiti več problemov → problem izsuševanja, dodatne opore telesa, sprejemanje kisika v plinastem stanju. Pri kopenskih rastlinah, ki so se razvile iz sladkovodnih zelenih alg, se je kot zaščita pred izsuševanjem razvila voskasta prevleka nadzemnega dela telesa. Mnoge današnje kopenske rastline živijo v sožitju z glivami, ki ovijajo njihov koreninski sistem in se raztezajo v okoliško prst. Nekateri najstarejši fosili rastlinskih korenin kažejo na sožitje z glivami. Najverjetneje so glive kot partnerji v sožitju sodelovale že pri zgodnjem naseljevanju kopnega z rastlinami.

Živali (potrošniki) so poselile kopno šele po tem, ko so se tam naselile rastline (proizvajalci). Danes najdemo mnoge skupine živali, najbolj razširjeni in raznoliki so členonožci (predvsem žuželke). Žuželke pred izsuševanjem na kopnem ščiti zunanje ogrodje, ki hkrati služi kot opora telesu in skupaj z mišicami omogoča gibanje. V prazgodovini je bilo več eksplozij razvoja različnih žuželk. Krila so žuželkam omogočala umik pred plenilcem, lov plena, iskanje partnerja in hitrejše razširjenje na nova območja, kot to lahko naredijo živali, ki se gibljejo po tleh. Druga eksplozija je bila povezana z rastlinami → žuželke so se hranile s pelodom in medicino, hkrati pa so prenašale njihove moške spolne celice. Kar je primer koevolucije.

V evoluciji vretenčarjev pa je zelo pomemben trenutek, ko so se iz plavuti določenih rib postopno razvile štiri okončine. Štirinožni vretenčarji so postopno prešli na kopno in se razvili v številne nove oblike (dvoživke, plazilci, ptiči, sesalci). V mnoge raznolike oblike so se razvili po velikem izumrtju pred 65 milijoni let, ki ga je povzročil padec velikega asteroida na Zemljo. Tedaj je izumrla več kot polovica morskih vrst in mnoge družine kopenskih rastlin in živali, med njimi tudi dinozavri.

Človek je v evolucijski zgodovini življenja na Zemlji nedavni prišlek.

Vsi danes živeči organizmi imamo enako dolgo evolucijsko zgodovino, saj smo se razvili iz skupnega prednika pre 3 milijardami let. Vsi danes živeči organizmi, od bakterij do človeka, smo potomci evolucijskih zmagovalcev.