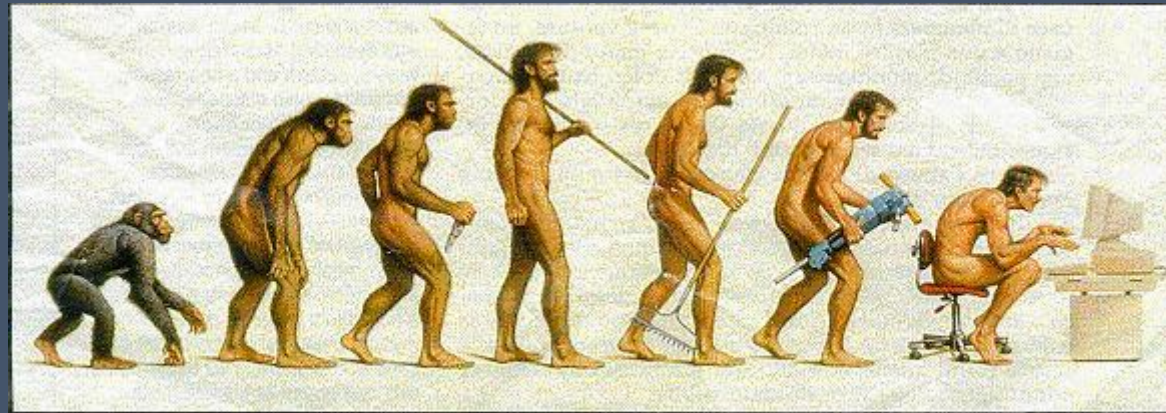


Základy evoluční biologie 2

Makroevoluce (speciace, extinkce), koevoluce, kritika a obrana evoluční teorie

Mgr. Hana Šigutová, Ph.D.
hana.sigutova@osu.cz



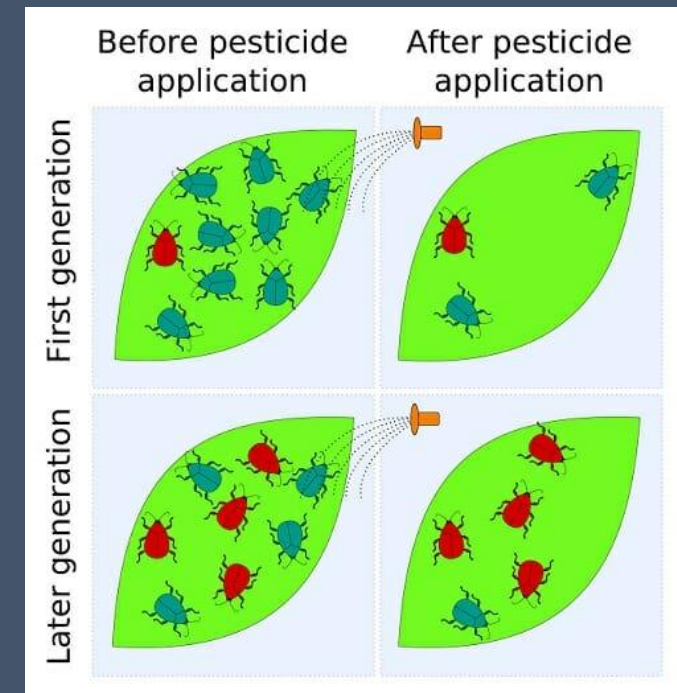
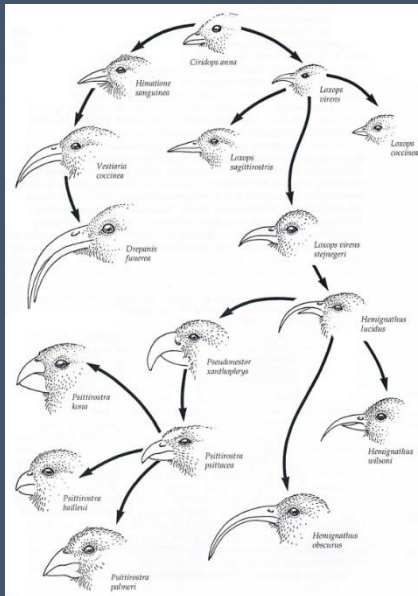
Somewhere, something went terribly wrong

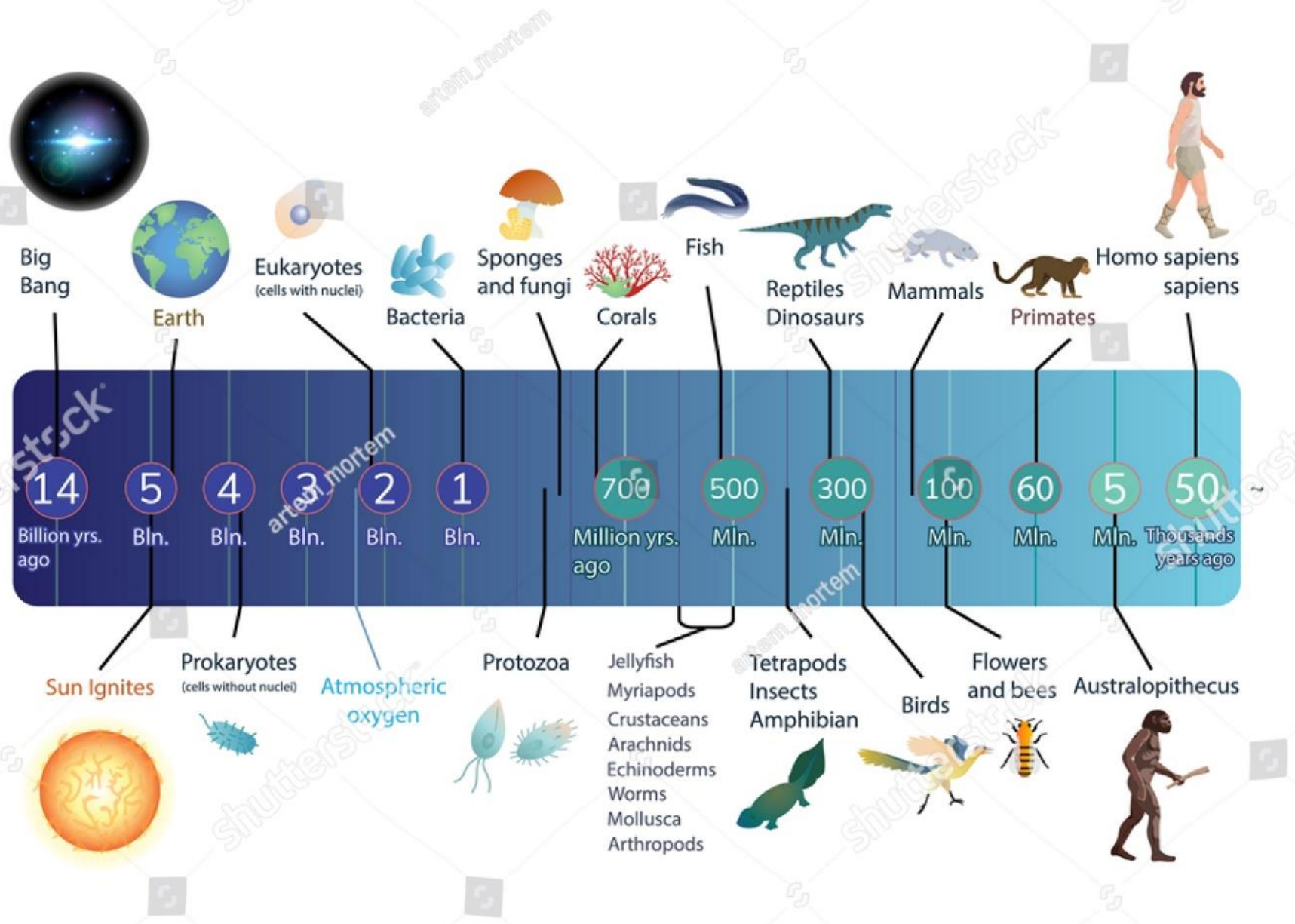
Makroevoluce

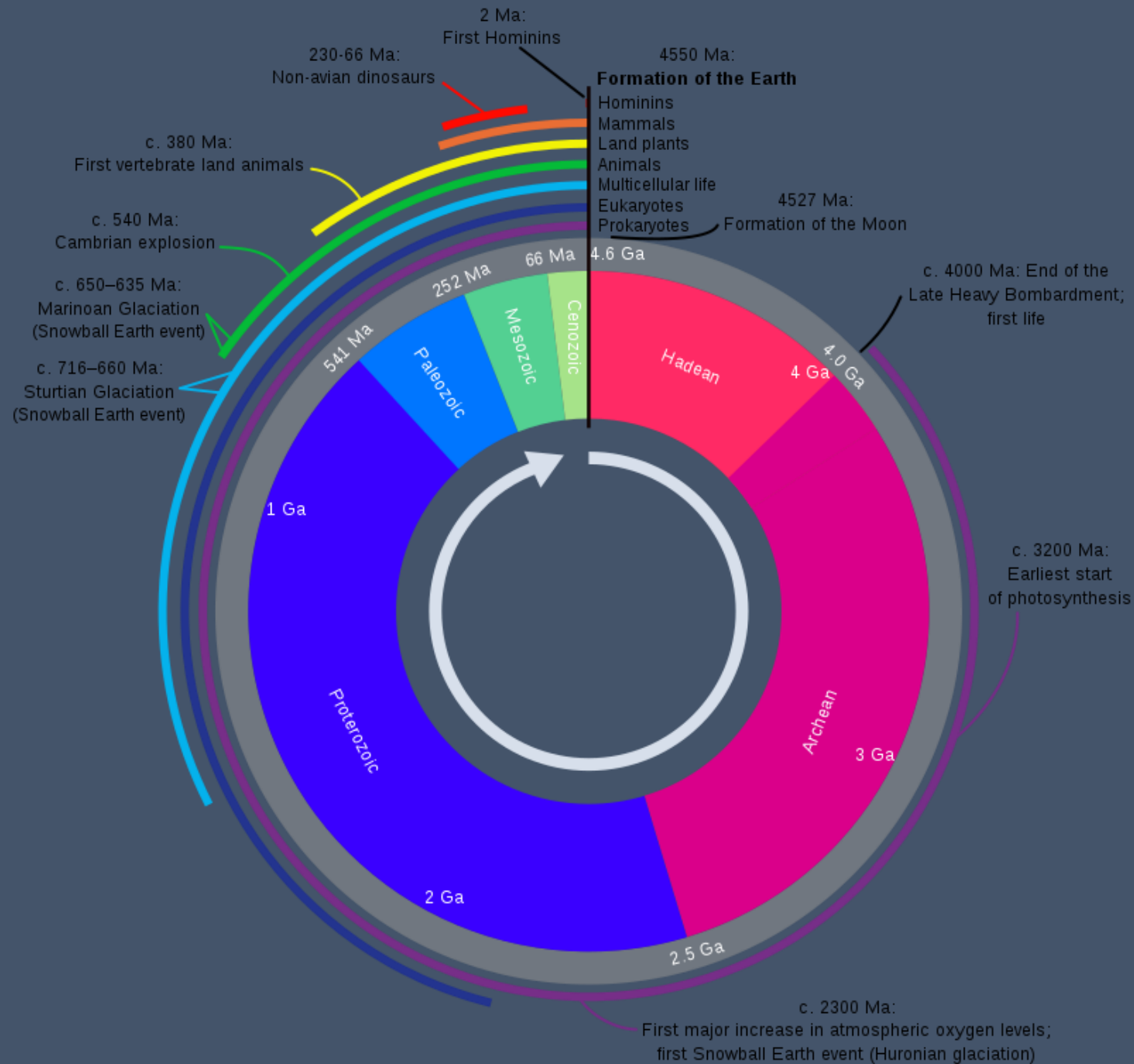
- Evoluční procesy probíhající **nad úrovní druhu**
- Zdroj evolučních novinek: mutace, nositelem je druh
- Procesy:
 - Speciace (vznik druhu)
 - Extinkce (zánik druhu)
- Mechanismy: **druhový výběr** (kompetice evolučních linií o co nejčastější speciace a co nejmenší četnost extinkcí)
- Třídění z hlediska stability (entity, které se mění, přicházejí a odcházejí, zatímco entity, které jsou stabilní nebo neustále vznikají, se hromadí a převažují)

Mikro vs. makroevoluce

- Makroevoluce je dlouhodobý výsledek mikroevoluce, popisuje jevy na nad úrovni druhu
- Kontinuální proces, mikroevoluce za dlouhý časový úsek
- Mikroevoluce se projevuje na vnitrodruhové úrovni a týká se alel

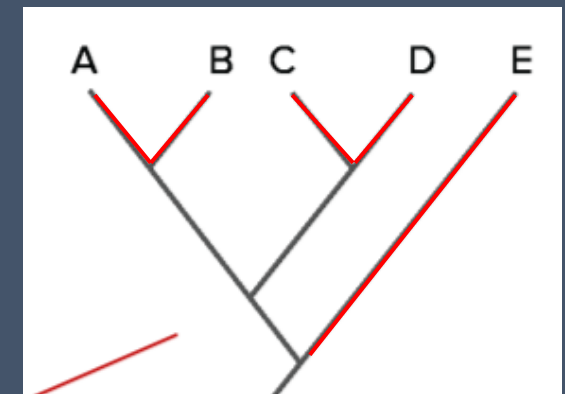
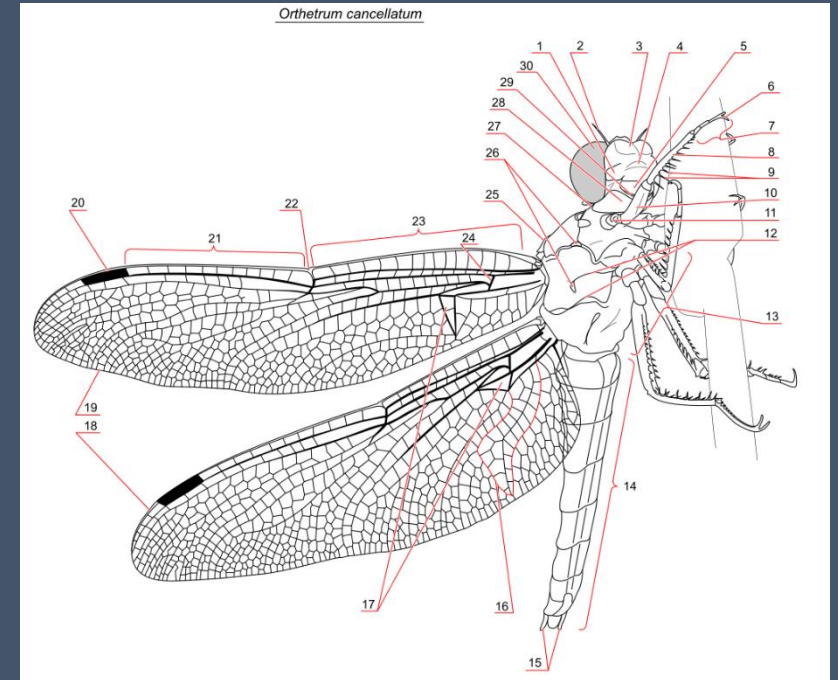






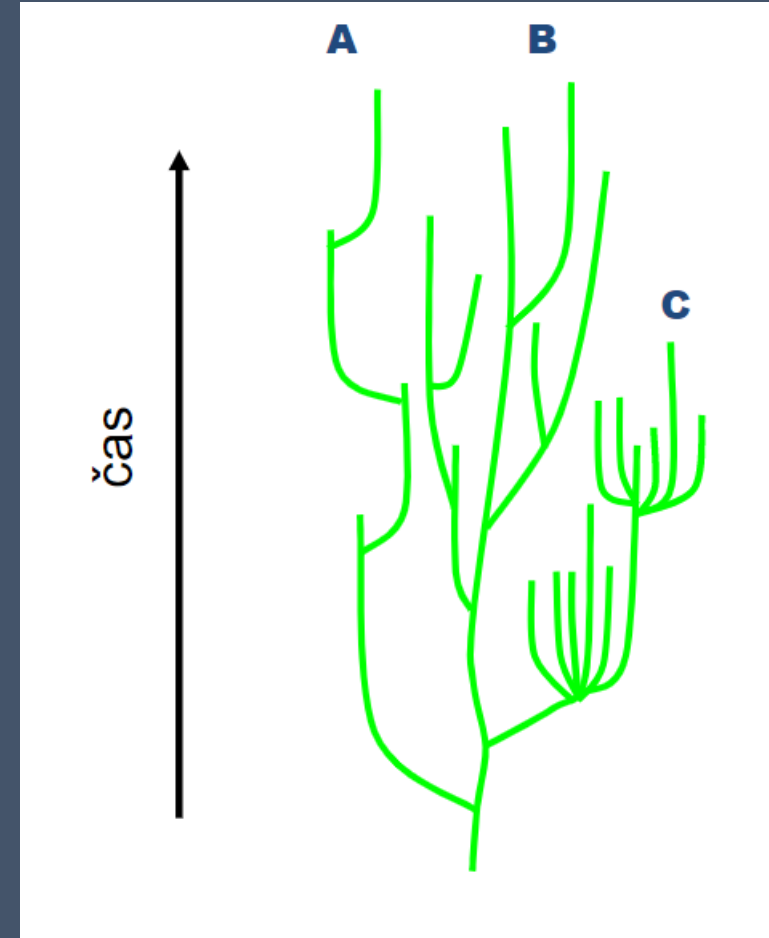
Možné definice druhu

- ~ 26 definic druhu (konceptní závislost)
- Soubor jedinců, kteří mají společné charakteristické vlastnosti (*morfologický koncept*)
- Skupina populací reprodukčně izolovaná od ostatních populací (*biologický koncept*)
- Soubor jedinců se společnou evoluční historií odlišnou od jiných skupin (= jedna samostatná koncová větev fylogenetického stromu) (*fylogenetický koncept*)
- E. Mayr: Druh je soubor populací s jedinečným vývojovým původem a historií, tvořený navzájem si podobnými jedinci, kteří se mezi sebou mohou plodně křížit a jsou reprodukčně izolováni od jiných podobných skupin.
-



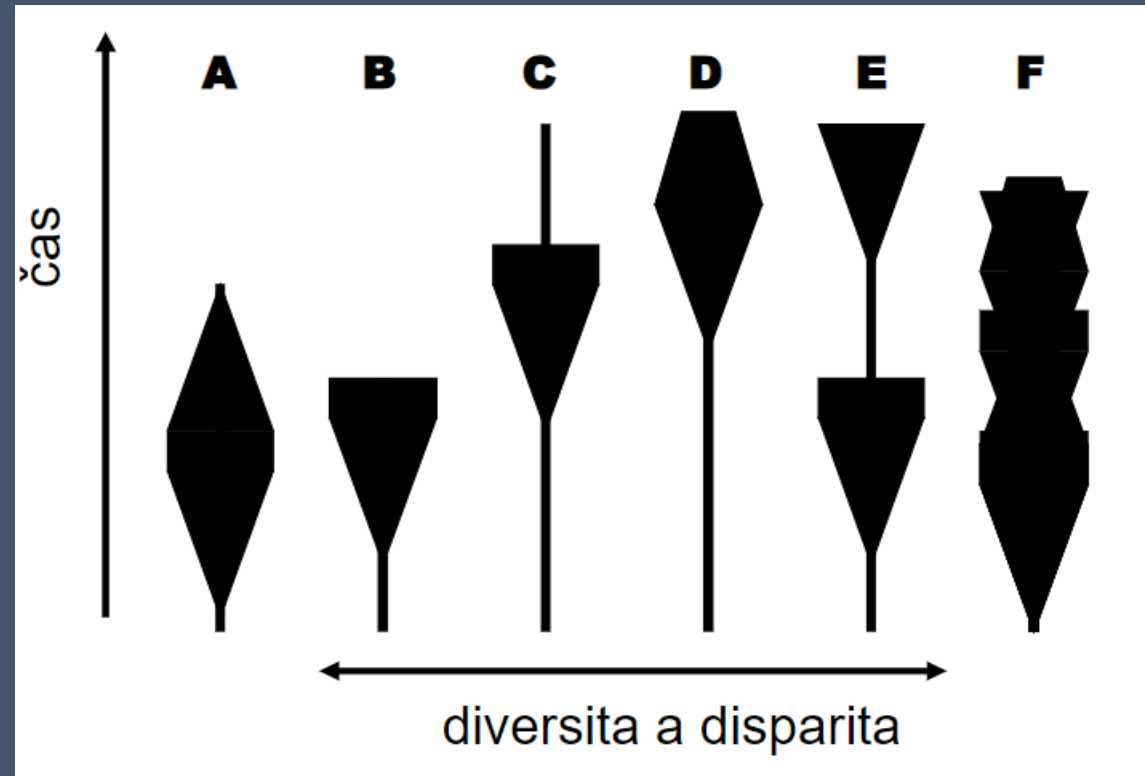
Charakter kladogeneze

- Klad: skupina organismů, která zahrnuje společného předka a všechny z něj vzešlé potomky
- Odštěpování vývojových linií
- X anageneze: změny na úrovni jedné vývojové linie
- Liší se u jednotlivých větví v rámci téže vývojové linie:
 - A) vzácné speciace, starý druh vyhyne rychle po vzniku nového
 - B) náhodné speciace v rámci kterékoli větve (někdy vyhyne starý druh, někdy nový)
 - C) většina druhů vyhyne, aniž by podlehly speciaci, u některých dojde k radiaci



Změny diverzity a disparity v čase

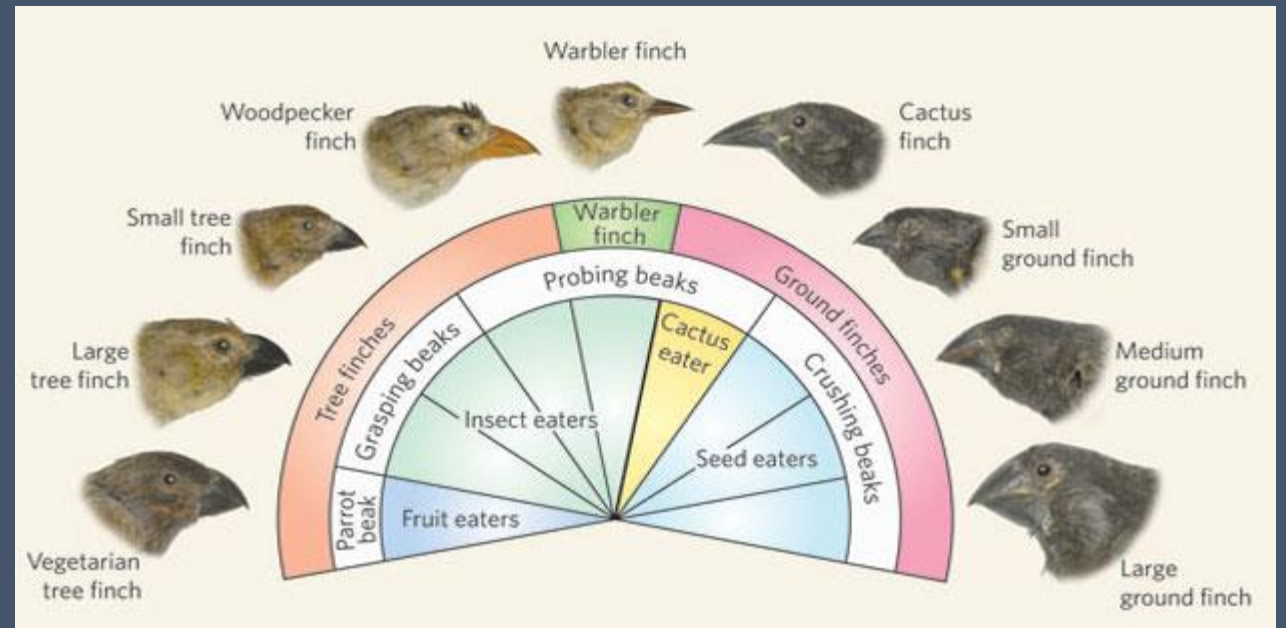
- Diverzita: počet druhů
- Disparita: fenotypová různorodost druhů
- A) postupné zvýšení a snížení
- B) – F) hromadné vymírání
- B) – E) delší období evolučního klidu
- C) evoluční klid u sublinií přeživších hromadnou extinkci
- E) opakovaný vzestup a pád
- F) nepravidelná proměnlivost



Evoluční radiace

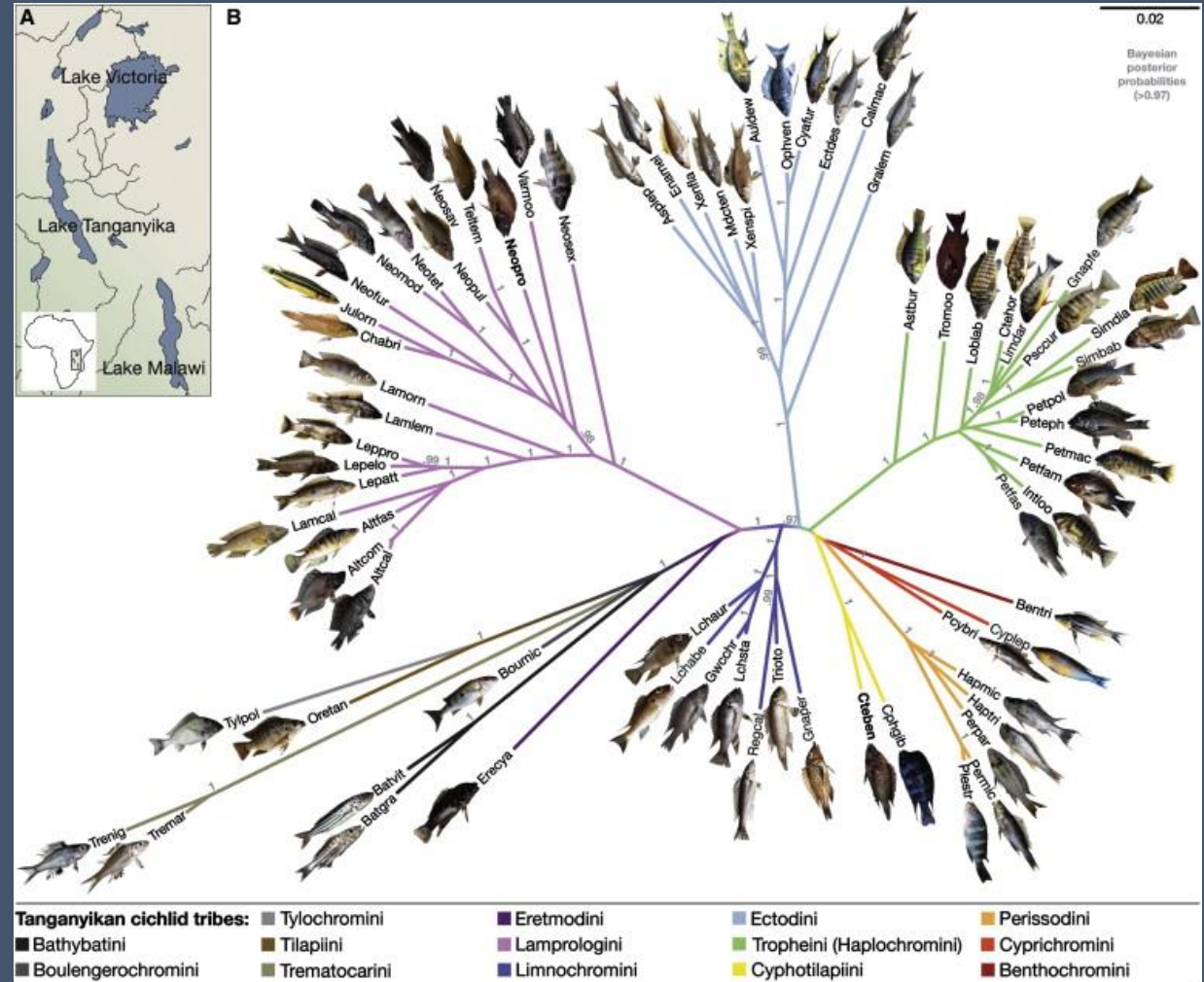
- Proces nárůstu taxonomické diverzity nebo morfologické variability v důsledku **adaptivních změn** nebo **vznikem nových nik**
- Může se týkat jedné větve nebo mnoha
- Graduální nebo rapidní

Adaptivní radiace: rapidní radiace řízená jedinou adaptací druhu (\Rightarrow speciace), geografická izolace, důsledek změny klimatu či evoluční strategie (Galapážské pěnkavy)



Konvergentní evoluce a adaptivní radiace

- **Konvergentní evoluce:** nepříbuzné druhy se vyvíjejí pod podobnými selekčními tlaky (prostředí, životní styl) ⇒ podobná morfologie (**analogické struktury = homoplazie**)
- Nezávislé adaptivní radiace často tvoří konvergentní fenotypy
- Konvergentní evoluce cichlid v jezerech Tanganika a Malawi souvisí s jejich adaptacemi na stejnou niku
- Druhy vzniklé z jiného předka, ale morfologicky velmi podobné, využívají stejný typ biotopu



rock
scraper

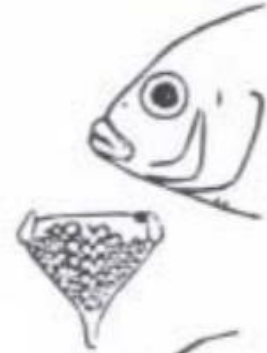
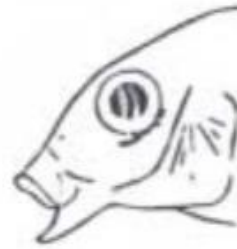
invertebrate
picker

invertebrateeater
fleshylips

digger

mollusc
crusher

Lake
Malawi



Lake
Tanganyika



zooplankton
feeder

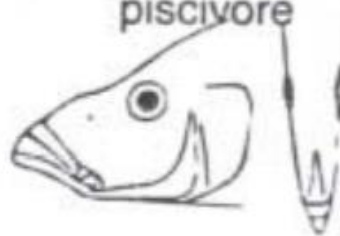
pursuit-hunting
piscivore

ambush-hunting
piscivore

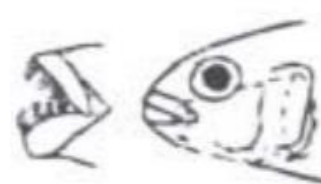
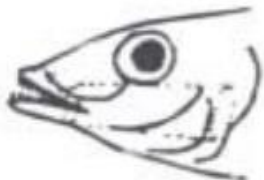
scale-eater

plant-eater

Lake
Malawi



Lake
Tanganyika



Konvergentní evoluce (homoplazie)

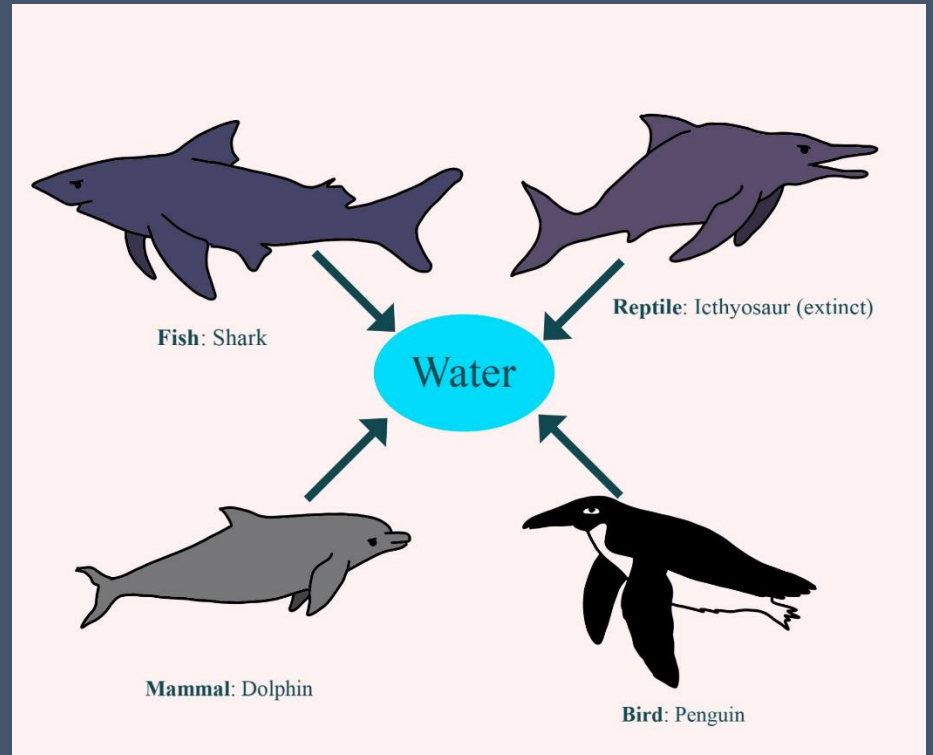
Convergent



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Convergent Evolution

Niche	Placental Mammals	Australian Marsupials
Burrower	Mole	Marsupial mole
Anteater	Lesser anteater	Numbat (anteater)
Mouse	Mouse	Marsupial mouse
Climber	Lemur	Spotted cuscus
Glider	Flying squirrel	Flying phalanger
Cat	Ocelot	Tasmanian "tiger cat"
Wolf	Wolf	Tasmanian wolf



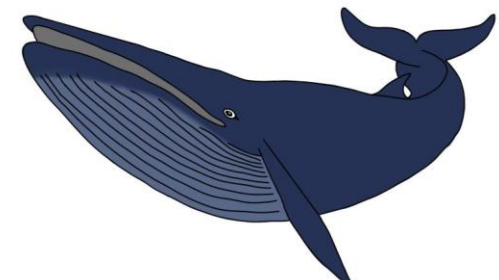
CONVERGENT EVOLUTION OF ECHOLOCATION

Both bats and whales use echolocation to find food



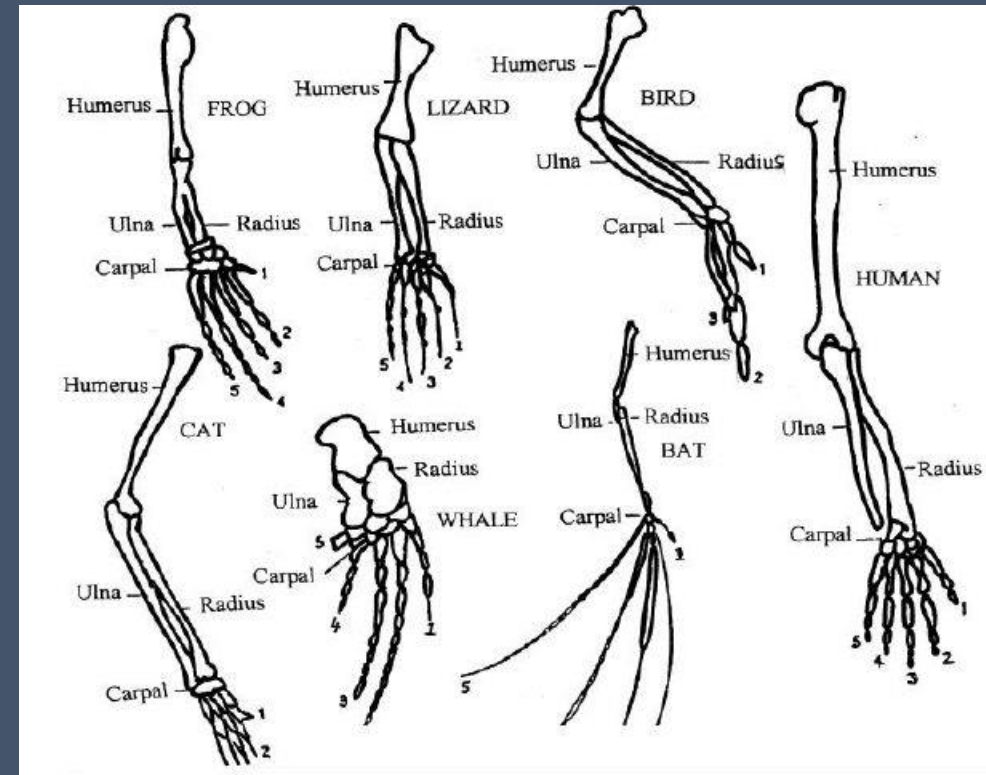
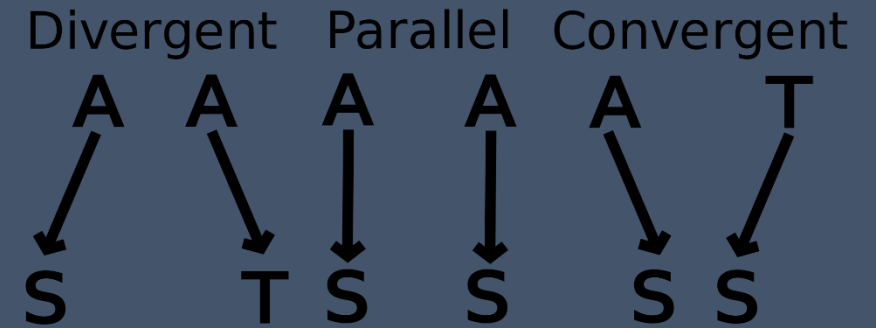
bats hunt for food at night and use echolocation to "see"

whales have limited access to sunlight in the ocean and use echolocation to find their way around



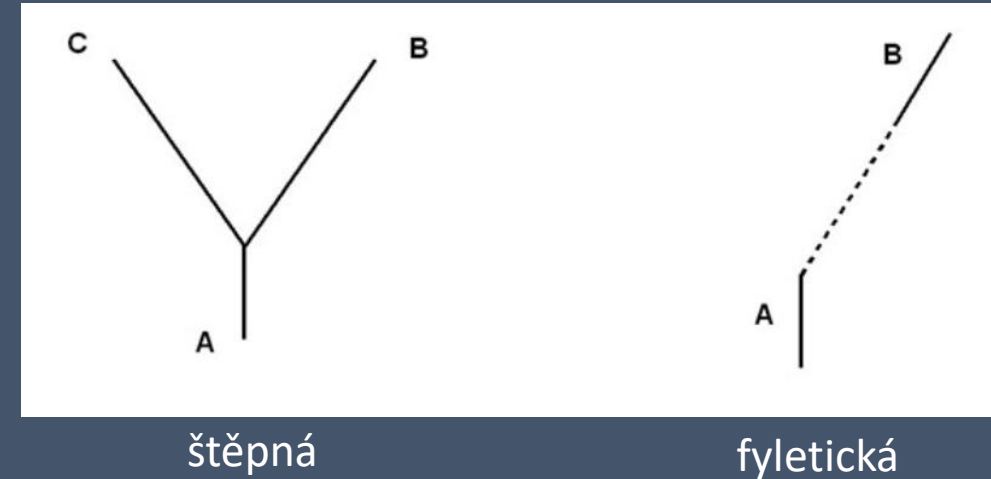
Divergentní evoluce

- Proces vývoje dvou či více druhů ze společného předka
- Vznikají **homologické znaky** (zděděné od společného předka)
 - Oči obratlovců (*x oko obratlovce a oko hlavonožce – homoplazie!*)
 - Křídla ptáků, savců a plazů (*x křídlo obratlovců a hmyzu – homoplazie!*)
- Např. evoluce předních končetin savců
- Druhy žijí v odlišném prostředí než jejich společný předek (*x konvergentní evoluce – adaptace na stejný typ prostředí u nepříbuzných druhů*)



Speciace

- Proces vzniku nových druhů
- Fyletická: mateřský druh se změní na druh odlišný
- Štěpná: původní druh se rozpadne v nové druhy
- Základní podmínkou je **izolace**, která zabraňuje křížení jedinců z různých populací
- Geografická izolace – nejjednodušší varianta (vznik bariéry bránící setkávání jedinců původně patřících do jedné populace – řeka, pohoří, poušť, ostrov, ledovec...) – alopatická speciace



Možné výsledky rozdělení populace

1. Jedinci obou původně rozdělených populací se kříží a mají plodné potomstvo – **nový druh nevznikne**
2. Změna v jedné (nebo obou) dílčích populacích byla taková, že zabraňuje křížení nebo plodnosti potomstva – vytvoří se reprodukčně-izolační mechanismy (RIM) – vznikají **dva nové druhy**
3. Přejídná varianta – morfologicky odlišné **poddruhy**

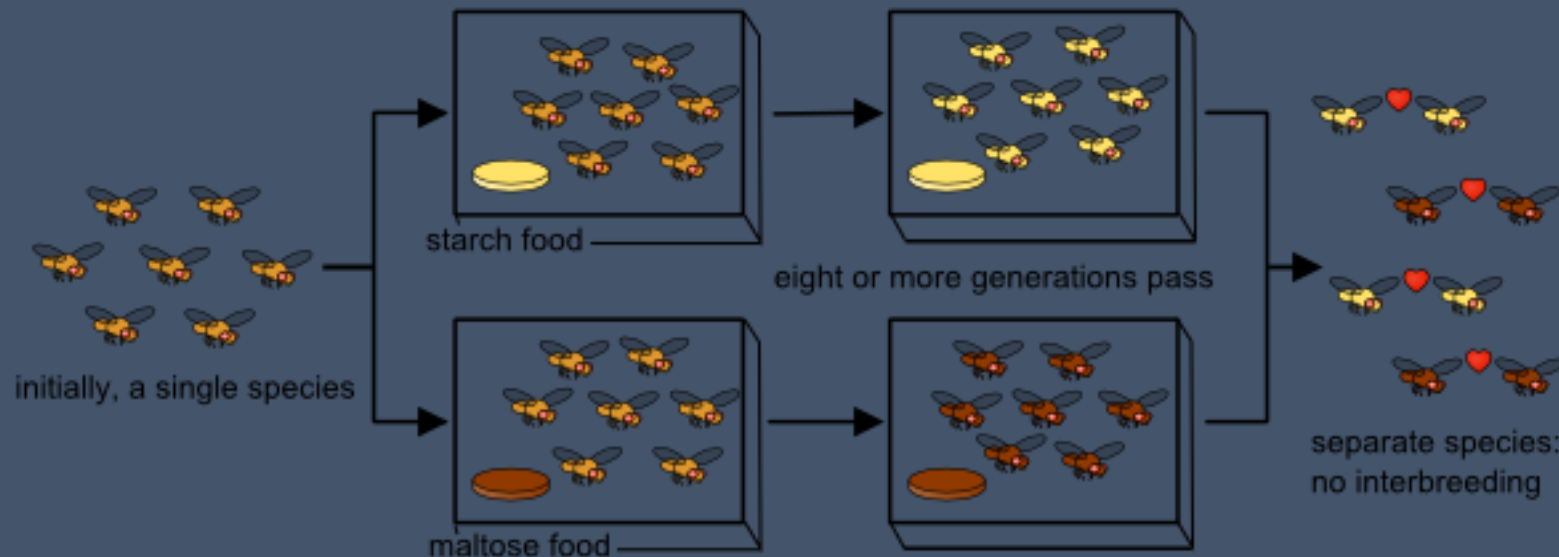
Reprodukčně-izolační mechanismy

1) Prezygotické

- a) Nevznikne zygota, pohl. buňky se nespojí
- b) Nekompatibilita pohl. orgánů (princip zámku a klíče)
- c) Vzájemná nepřitažlivost

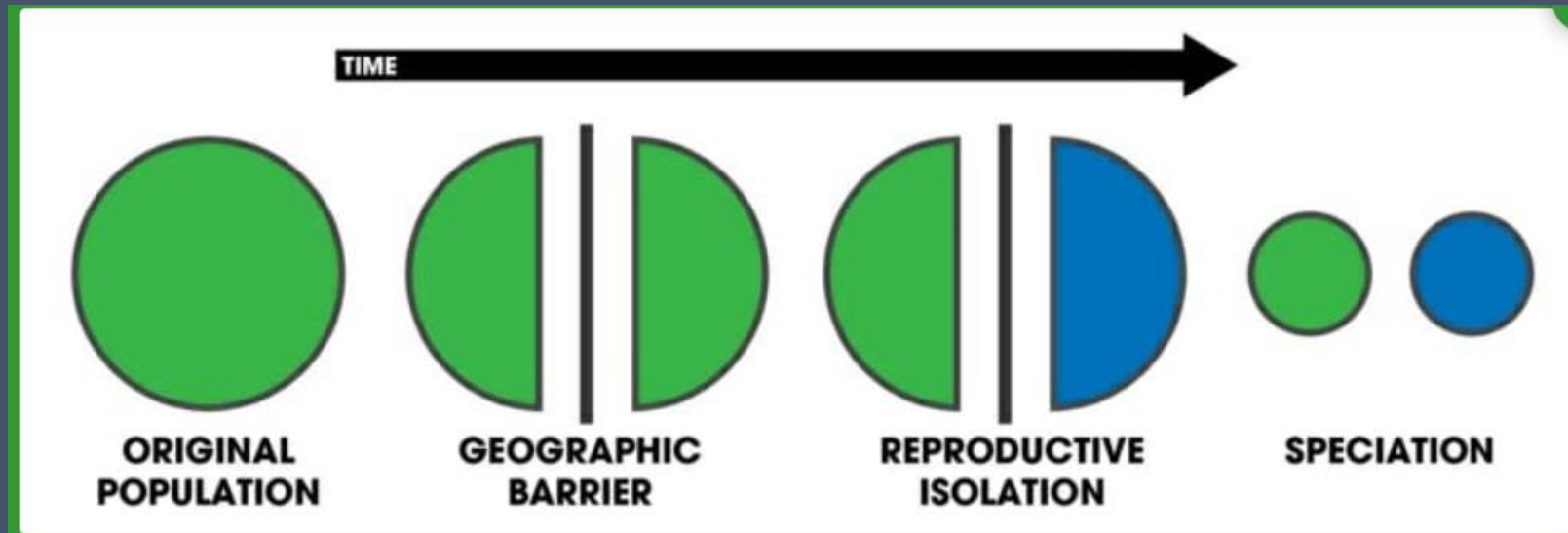
2) Postzygotické

- a) Sterilita hybridů
- b) Malá životaschopnost hybridů
- c) Malá životaschopnost embryí
- d) Zygota hyne



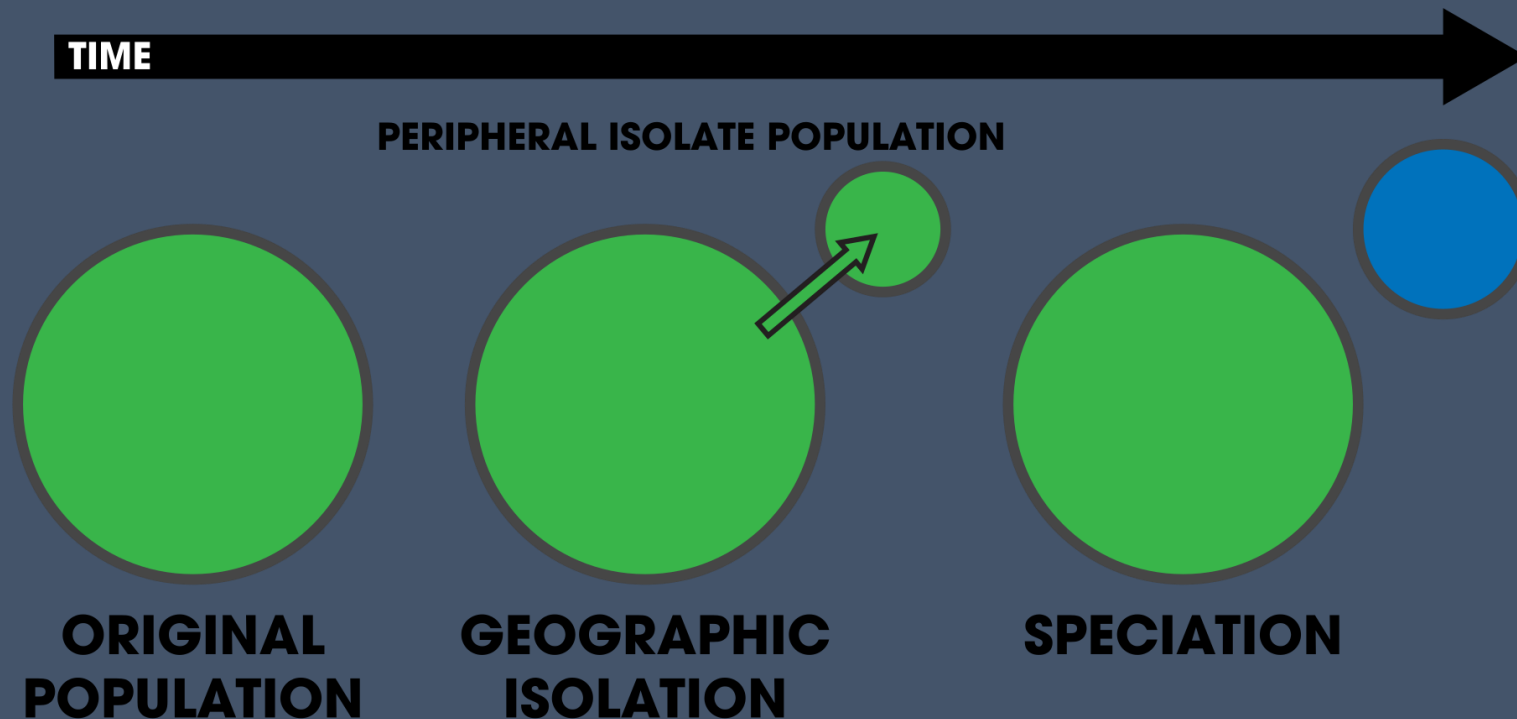
Alopatrická speciace

- Populace se rozdělí na dvě části rozdělené geografickou bariérou
- Postupné hromadění mikroevolučních změn na obou stranách bariéry, mohou se uplatňovat jevy typické pro malé populace



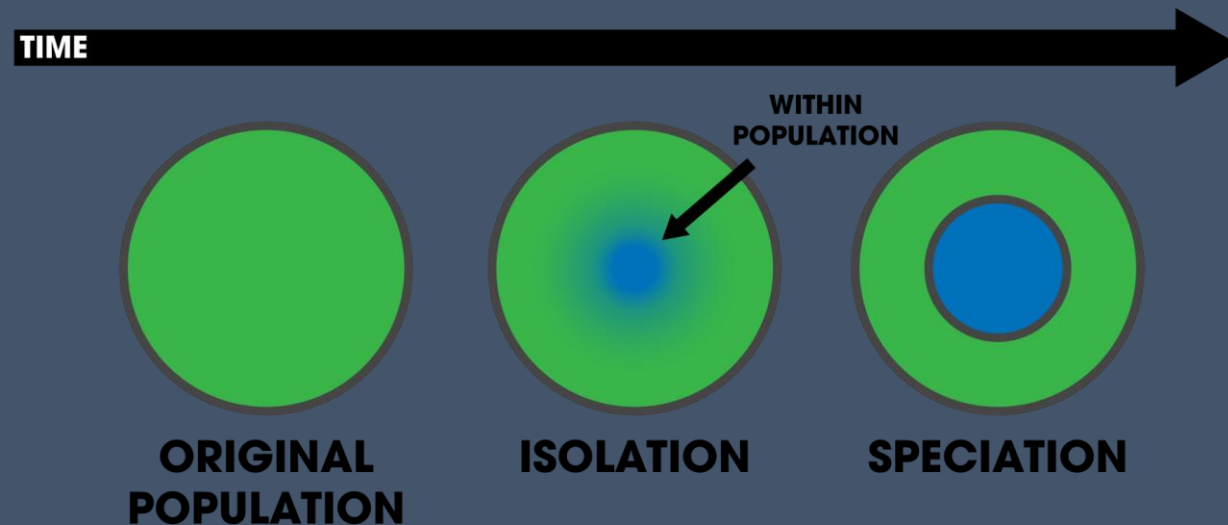
Peripatrická speciace

- Malé populace na okrajích areálu druhu
- Týká se sousedních, nepřekrývajících se populací



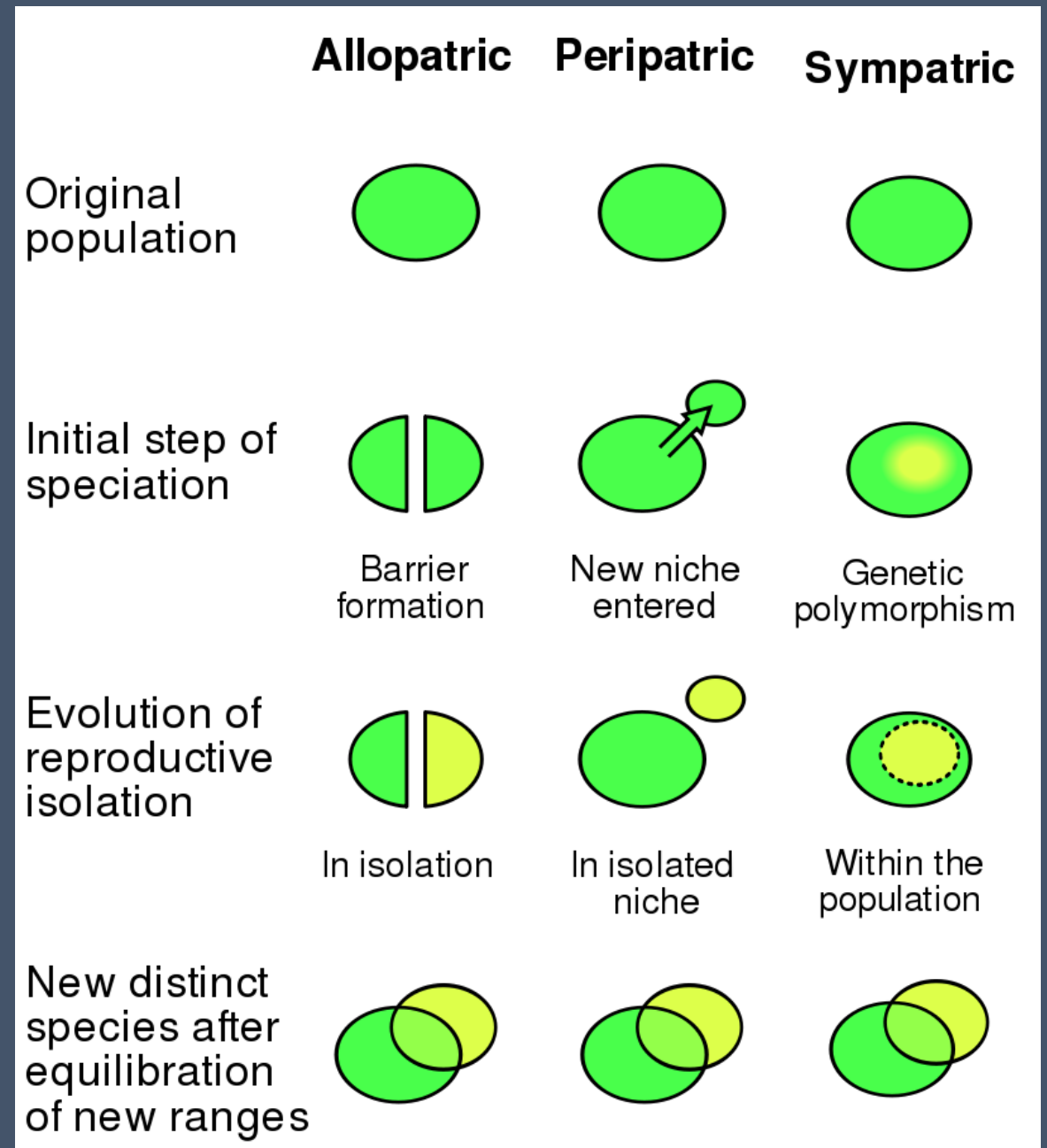
Sympatrická speciace

- Vznik nových druhů z jedné ancestrální populace žijící na stejném území (bez geografické izolace)
- Část populace změní např. dobu a místo rozmnožování (nebo hostitele v případě parazitů) + rychlé mikroevoluční změny v subpopulacích
- Divergentní evoluce v důsledku konkurence, např. o zdroje



Speciace – Diskuze

- **Ernst Mayr:** ke speciaci nemůže docházet bez fyzické bariéry (sympatrie → genový tok → stírání rozdílů mezi populacemi)
- **John Maynard-Smith:** jsou-li dvě ekol. niky obsazeny jedním druhem, ke sympatrické speciaci dojít může vlivem divergující selekce (→ reprodukční bariéra), a to, i když se příslušníci druhu vzájemně kříží
- Definice sympatrické speciace: biogeografie x populační genetik

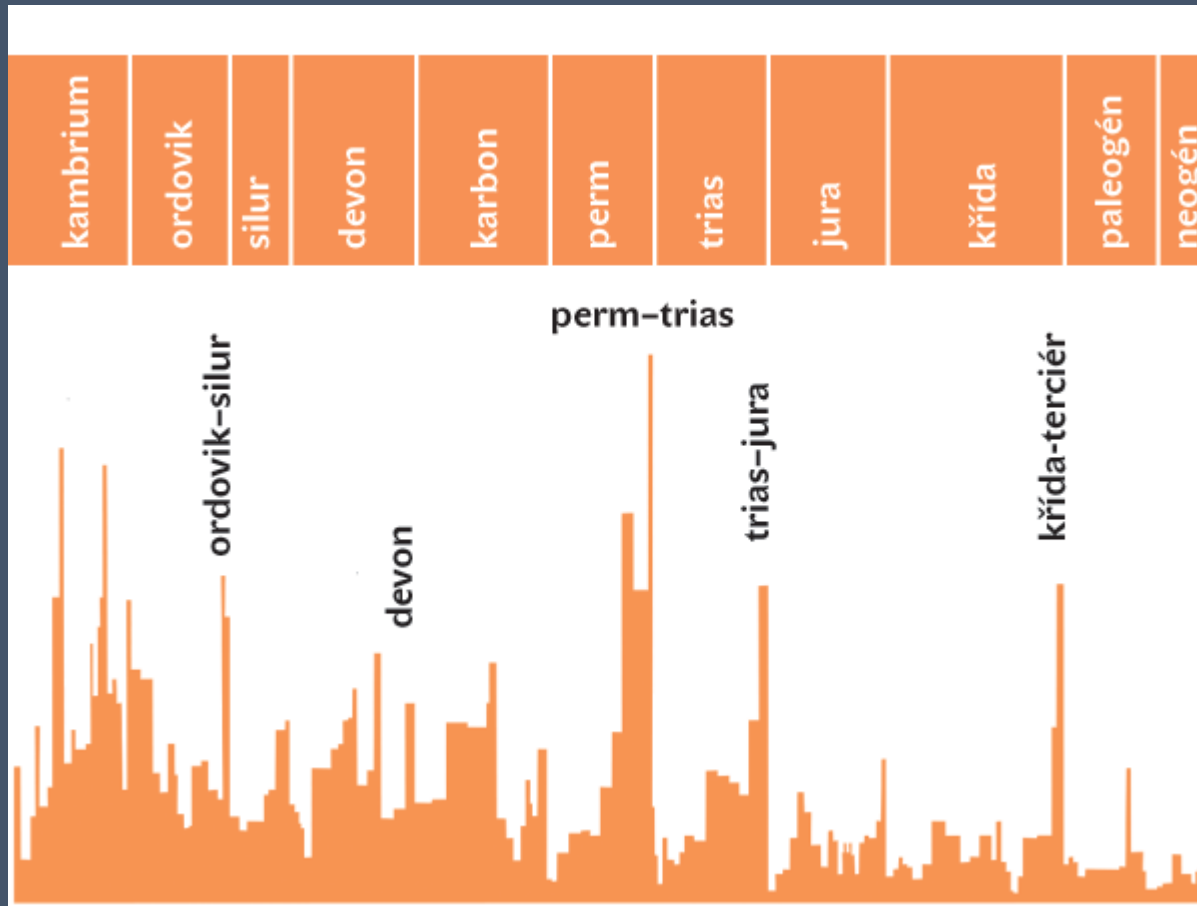


Extinkce

- Vymírání, konec existence určitého taxonu (nejč. druhu)
- 99,9 % všech druhů, které kdy na Zemi existovaly, vymřelo (~ 5 mld.)
- Druhy zanikají, neboť se neumí přizpůsobit měnícím se životním podmínkám
- Průměrná délka existence druhu: 1–13 mil. let (některé druhy přežívají stovky milionů let)
- V určitých geologických obdobích Země docházelo k masovým vymíráním: události, kdy během relativně krátké doby (řádově tisíce až několik málo milionů let) vymře nejméně 40–50 % všech druhů



Hromadné extinkce



1. **Ordovik** (450–440 mil. let) – 85 % druhů; prudké ochlazení
2. **Devon** (337 mil. let) – 75 % mořských druhů; kolísání mořské hladiny (glaciál–interglaciál)
3. **Perm** (251 mil. let); 90–95 % mořských, 70 % suchozemských druhů, příčiny nejasné (náhlý vzestup koncentrace CO₂ – vulkanická aktivita?)
4. **Trias** (200 mil. let) – 48 % druhů mořských i suchozemských, souběh několika faktorů
5. **Křída** (65 mil. let) – 85 % všech druhů; většina linií dinosaurů, savci; dopad meteoritu do Mexického zálivu? oteplování???
6. Žijeme v době 6. masového vymírání? (lidská činnost) – 1000 x rychlejší než obvykle

Pravděpodobnost extinkce

- Nesouvisí s délkou existence daného taxonu
- Při hromadné extinkci závisí na charakteru katastrofy
- Při průběžné extinkci je větší pravděpodobnost vymření u:
 - Druhů, které odštěpily dceřiný druh
 - Taxonů, které málo speciují
 - Druhů s úzkou ekologickou valencí
 - Velkých druhů (rozměrově)
 - Druhů (rodů) s malým areálem rozšíření

Koevoluce

- Reciproční evoluční změna (dva a více druhů); zpětná vazba
- Adaptace x protiadaptace
- Různý charakter: predátor – kořist; parazit – hostitel; mutualista – mutualista (mšice – mravenci, opylovači – rostliny, mykorrhiza, ...)
- Závody ve zbrojení (*arms races*) – antagonistická koevoluce (výhra jednoho je prohrou druhého) – např. konflikt pohlaví
 - Nové adaptace, strategie – druh se vyvíjí
 - **Princip večeře nebo život** (rychlejší běh zajíců než lišek)
 - **Efekt vzácného nepřítele** (vymizení teritoriality po vymezení hranic)
 - **Efekt červené královny** (parazit – hostitel, predátor – kořist, ekologicky antagonistické druhy se musí co nejrychleji vyvíjet, aby zachovaly daný stav)

Hypotéza červené královny

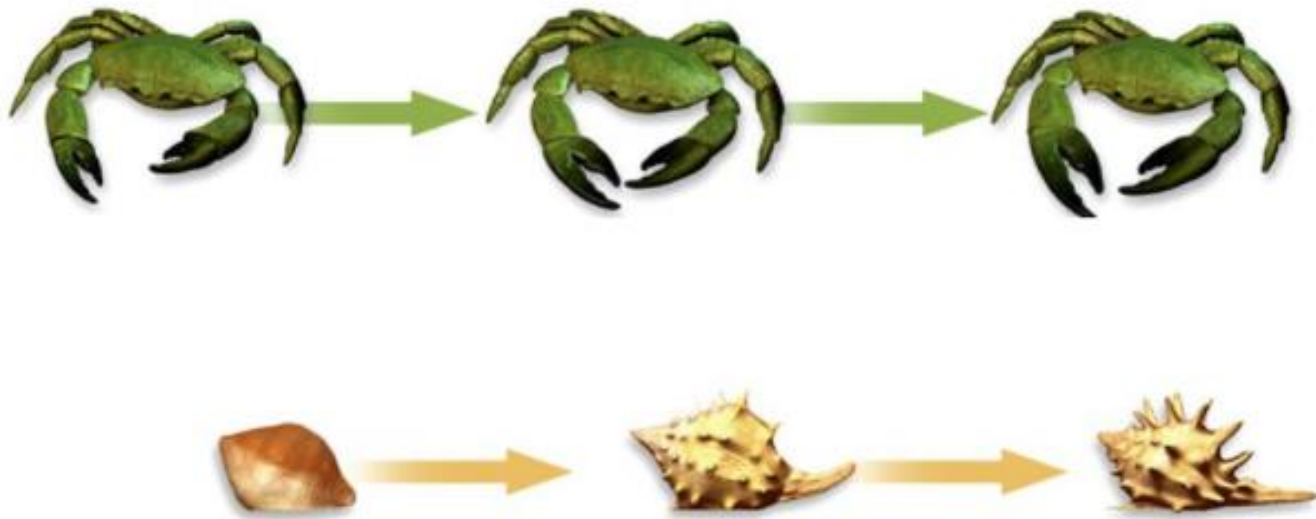
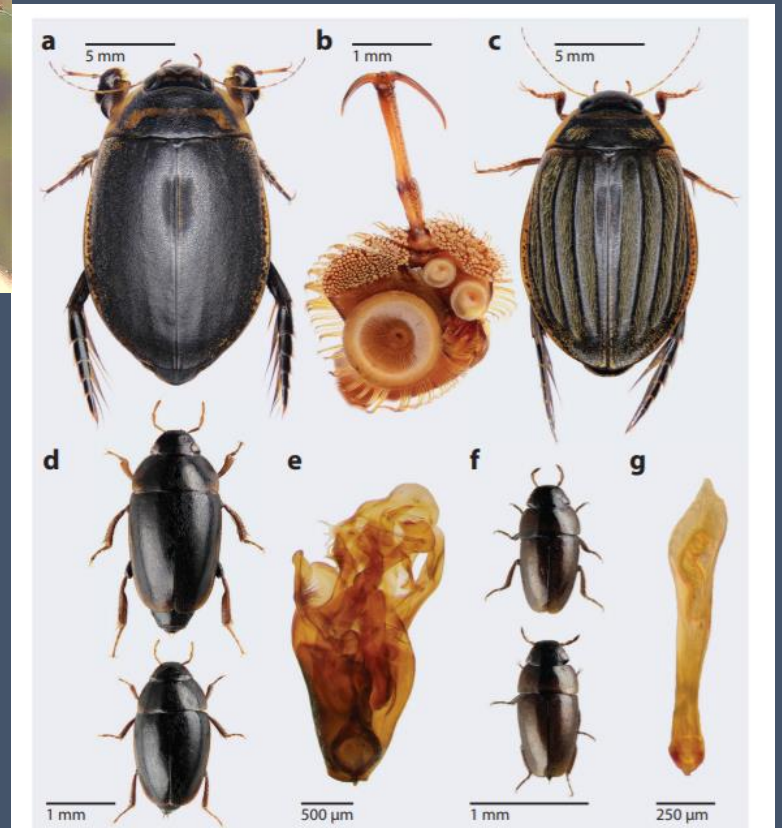
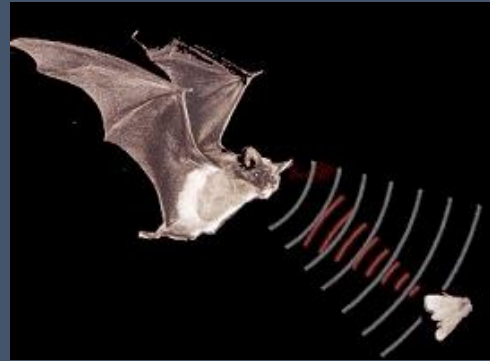
- *Královna Alence: „Abys zůstala na místě, musíš stále běžet, jak jen to dovedeš.“*
(Lewis Carroll, *Through the Looking-Glass*, 1871)



- *Aneb „Na počátku byla jemná křehká bylinka, kterou občas někdo sežral; na konci je trnitá a jedovatá obluda, kterou také občas někdo sežere.“*

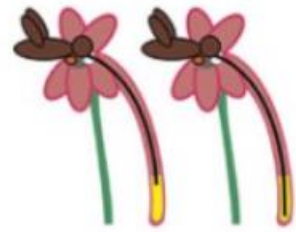
—Jan Zrzavý, David Storch, Stanislav Mihulka (Jak se dělá evoluce: od sobeckého genu k rozmanitosti života)

Koevoluce (arms races)

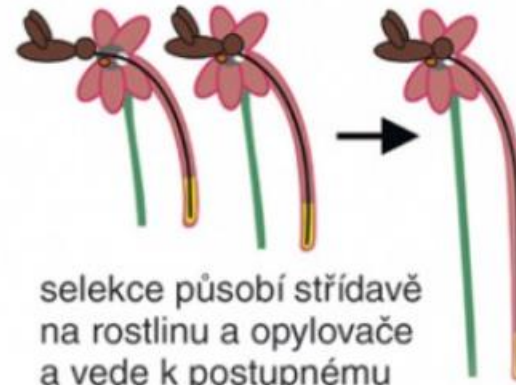


Koevoluce

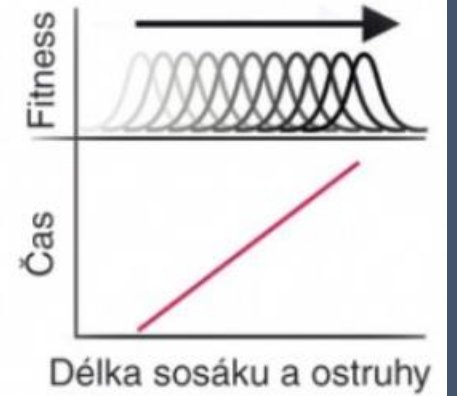
A – Darwinovy koevoluční závody



selekce jedinců
s co nejdelším sosákem,
aby dosáhli na nektar



selekce působí střídavě
na rostlinu a opylovače
a vede k postupnému
prodlužování sosáku a ostruhy



B – Změna opylovače

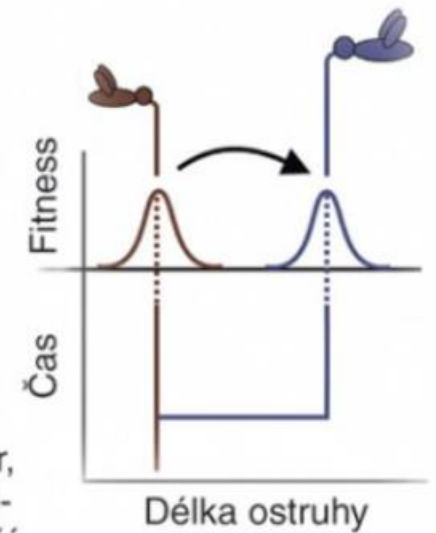
v části areálu
se dominantním
opylovačem stane
druh s delším
sosákem



ve zbylé části areálu
je dominantním
opylovačem původní
druh

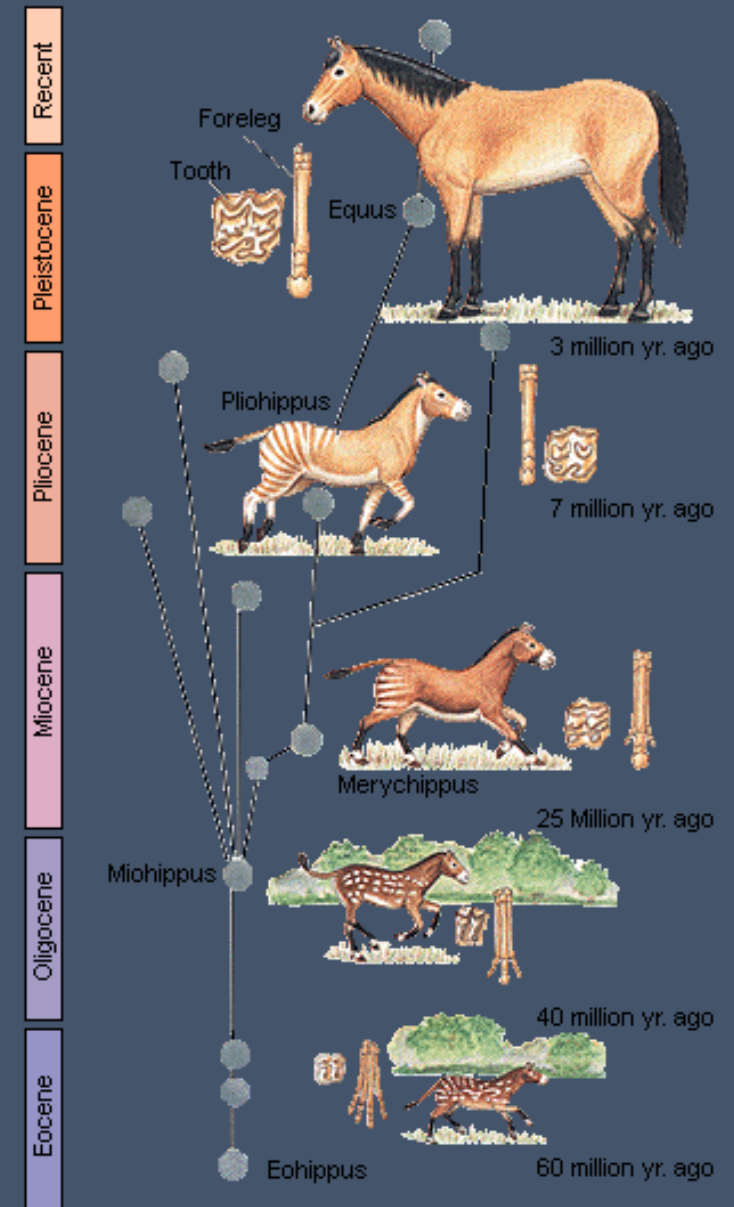
rychlá evoluce
delší ostruhy
pro efektivnější
přenos pylu

pokud opylovač
nedosáhne na nektar,
přestane květ navště-
vovat, návrat ke kratší
ostruze je méně
pravděpodobný



Evoluční trendy

- Pravidelné změny vlastností organismů v jednotlivých evolučních liniích
- Obecné trendy:
 - Copeho pravidlo (zvětšování těla, pův. také specializace)
 - Willistonovo pravidlo (zmenšování počtu tělních článků a jejich diferenciaci)
 - Spinizace – prodlužování trnů (či dlouhých výběžků), předchází zániku linie
- Specifické trendy (redukce prstů k koní)



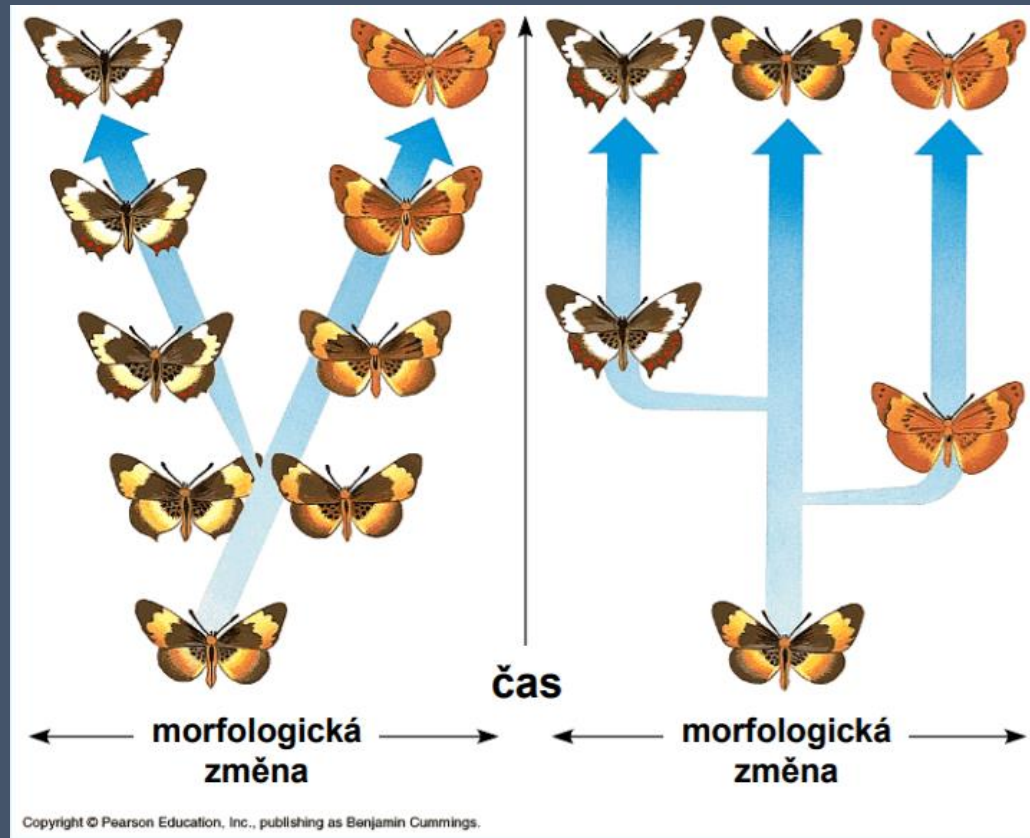
Příčiny vzniku evolučního trendu

- Dlouhodobé působení určitého selekčního tlaku
- Pomalá kumulativní změna v prostředí
- Druhový výběr (supermyš vs. myš chcípáček)
- Vývojová omezení (constraints)
- Zdroje trendů:
 - Efekt zdi
 - Statistický artefakt (při testování mnoha znaků)
 - Skutečné evoluční procesy

Tempo evoluce

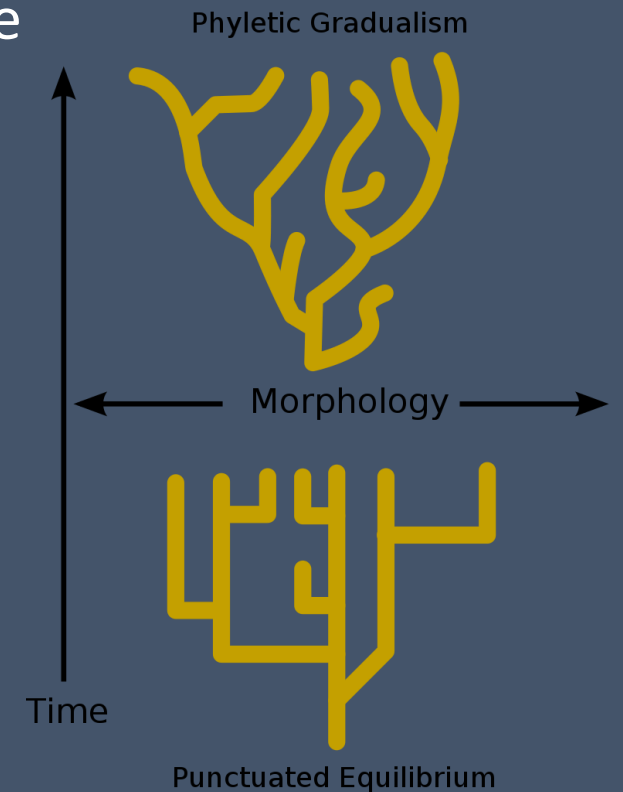
- **Gradualistický model**

- Postupná změna, akumulace morfologických adaptací



- **Teorie přerušovaných rovnováh**

- Erupce druhu rychlou změnou z rodičovského druhu (speciální epizoda), následováno obdobím evoluční stáze

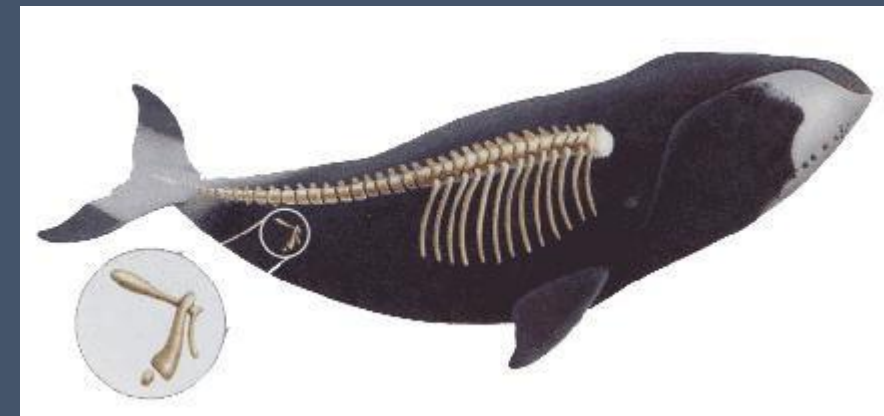
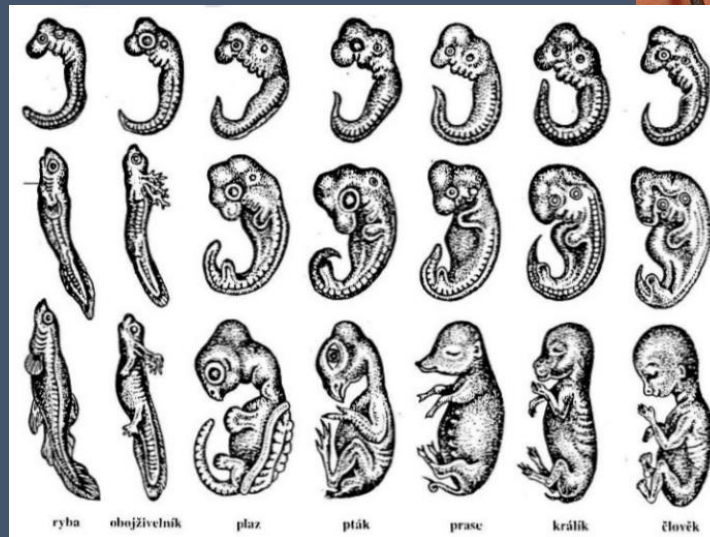
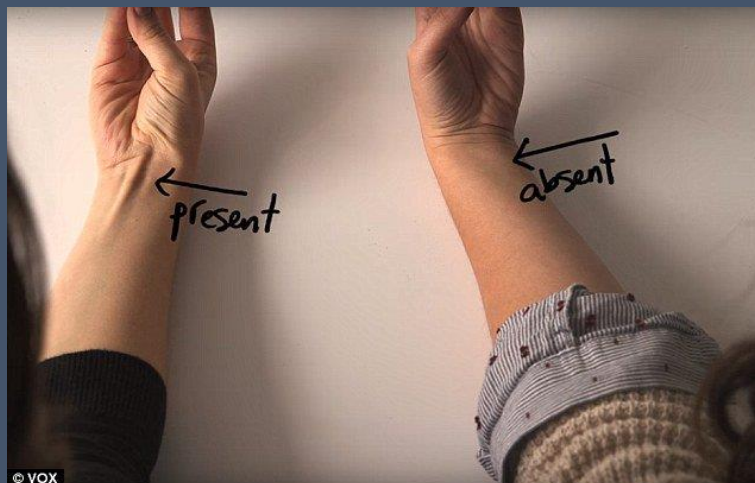
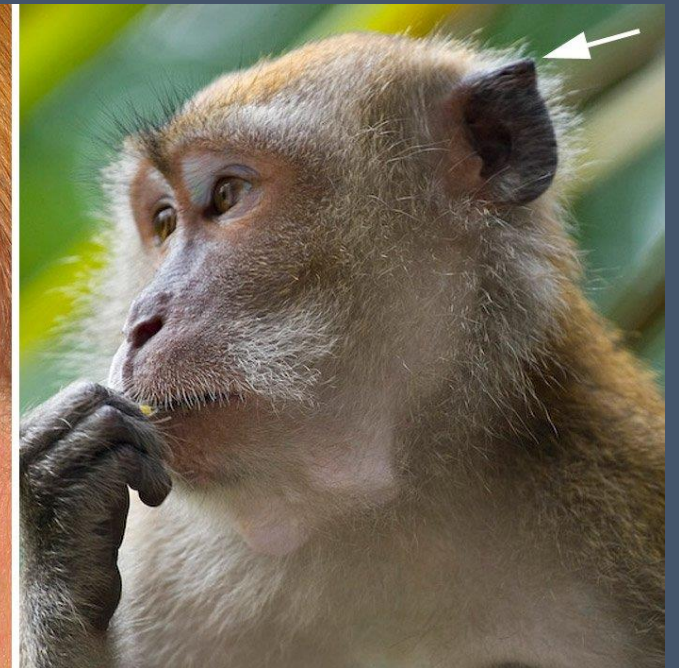
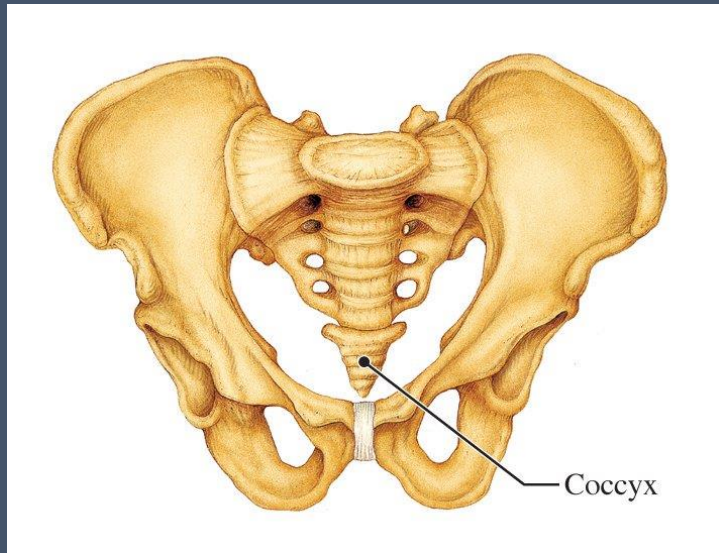


Důkazy platnosti evoluční teorie

- Paleontologie – zkameněliny umístěné v různě starých vrstvách (stratigrafické analýzy)
- Biogeografie – druhy rozmístěné v různých koutech planety
- Anatomie – rudimenty (zakrnělé pozůstatky dříve funkčních orgánů), atavismy (znaky vymizelé, které se v průběhu evoluce u některých jedinců znovu objeví), homologie
- Embryologie – podobnost vývojových stádií různých taxonů v urč. fázi vývoje



Důkazy platnosti evoluční teorie



Důkazy platnosti evoluční teorie

- Oportunismus evoluce
- Shoda fylogenetických stromů vytvořených na základě různých znaků
- Soulad poznatků různých vědních oborů, včetně poznatků získaných dodatečně

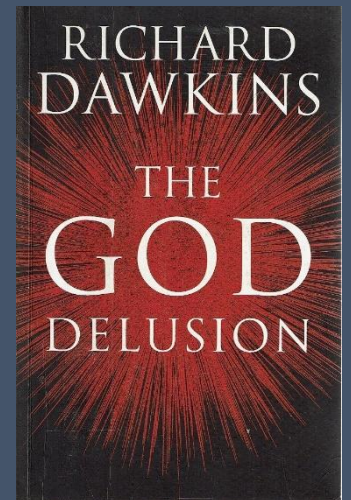
Kritika evoluční teorie

3 hlavní motivy:

1. Nesoulad se světovým názorem příslušného kritika
2. Neshoda poznatků (postulátů) evoluční biologie s realitou (fakty)
3. Obava z důsledků přijetí teorie

Kritika evoluční teorie

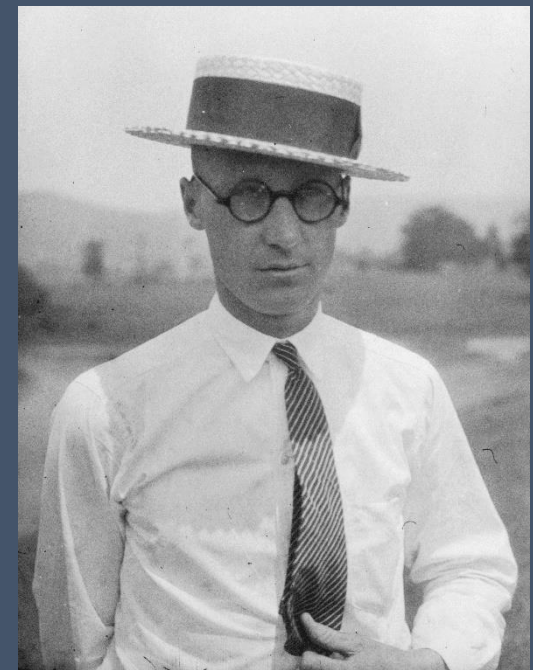
- 1. Nesoulad se světonázorem
 - Teorie memů (Dawkins) – kulturní evoluce, tak, jako soutěží geny, v kulturní evoluci spolu soutěží memy, kolik se jich přenesou do dalších generací
 - Mem (myšlenkový komplex), přenáší se, když je stabilní a agresivní (když není kritizován, většinou zanikne)
 - ⇒ Nemá cenu argumentovat někomu, kdo za každou cenu hájí své memy
- 2. Nesoulad se skutečností – faktické nedostatky evoluční teorie (nedokáže vysvětlit jevy vyskytující se v přírodě – není pravda)
- 3. Obavy – např. co se stane, když padne idea o stvoření světa Bohem? Bude společnost fungovat lépe, když se lidé budou domnívat, že je stvořil bůh? (evoluční biologové nemohou rozhodnout, politické rozhodnutí)



Kritika evoluční teorie

3. Obava z důsledků přijetí teorie

- Opičí proces - Tennessee, 1925, středoškolský učitel (J. T. Scopes) obžalován za porušení Butlerova zákona zakazujícího výuku evoluce; modernisté (náboženství je v souladu s evolucí) vs. fundamentalisté (kreacionismus) = souboj teologie
- zákon zrušen až v roce 1967, v r. 1968 prohlásil Nejvyšší soud podobné zákony za protiústavní
- opičí procesy vznikají stále (snaha vnutit lidem „správné“ modely chování), dezinterpretace evoluční biologie (strach, co se stane, když se lidé budou chovat podle zákonů přežití nejsilnějšího *x altruismus*)



Námitky vůči platnosti evoluční teorie

- Teorie vs. fakt („evoluce je teorie, která nebyla nikdy dokázaná = neměla by se vyučovat“)
- Nedokazatelnost (= nevědeckost) x (ale odolává falzifikaci)
- Pochyby samotných odborníků (kreacionisté říkají, že evoluční biologové nejsou jednotní a sami o svých teoriích pochybují)
- Statistická nepravděpodobnost – Infinite monkey theorem (nepochopení úlohy náhody v evoluci – selekce není slepá, ale má své zákonitosti)



Námitky vůči platnosti evoluční teorie

- Teorie vs. fakt („evoluce je teorie, která nebyla nikdy dokázaná = neměla by se vyučovat“)
- Nedokazatelnost (= nevědeckost) x (ale odolává falzifikaci)
- Pochyby samotných odborníků (kreacionisté říkají, že evoluční biologové nejsou jednotní a sami o svých teoriích pochybují)
- Statistická nepravděpodobnost – Infinite monkey theorem (nepochopení úlohy náhody v evoluci – selekce není slepá, ale má své zákonitosti)
- Vznik druhů („nikdo přímo neviděl“)
- Chybějící mezičlánky (nenašly se nebo neexistovaly) (problém je ve vnímání mezičlánků – nejsou to zprůměrované tělní plány = není to aritmetický průměr daného znaku; jakákoli bytost je mezičlánek, jelikož představuje spojovník mezi rodiči a svými potomky)
- Neredukovaná komplexita (přehlížení preadaptací)

Závěrem

- Je potřeba rozlišovat důvody k odmítání evoluční teorie
- Věcné námitky validní nejsou
- Námitky týkající se morálky validní nejsou
- Poznatky evoluční biologie jsou platné = je to regulérní věda
- Existence evoluce je prokázána nad veškeré pochybnosti

Literatura

- Zrzavý, Jan a spol.: Jak se dělá evoluce (2017)
- Flegr, Jaroslav: Zamrzlá evoluce, aneb, Je to jinak, pane Darwin (2006)
- FLEGR, Jaroslav. *Evoluční biologie* (2005)
- Mayr, E. Co je evoluce (2009)

