

2013

Marek Vácha

JAK ŽIJÍ MIMOZEMŠŤANÉ

Co je život?

1. metabolismus
2. autoreprodukce
3. složen z DNA a proteinů
4. princip hierarchie
5. dráždivost
6. Varela Maturana: kreativita, autopoiesis, samotvoření, realizace přirozených sklonů
7. dissipativní struktura (Prigogine)

...mluvíme zde ale o životě samotném nebo jenom o charakteristikách života?

GOULD: PŘEHRÁNÍ PÁSKY

Kambrická exploze



Během cca 40 milionů let (dnes nověji možná během 6 – 10 mil. let!) (565 - 525) vznikly všechny současné kmeny říše Animalia. Kambrium začíná před 543 miliony lety.

Kambrium

prvohory

543 – 488 miliónů let

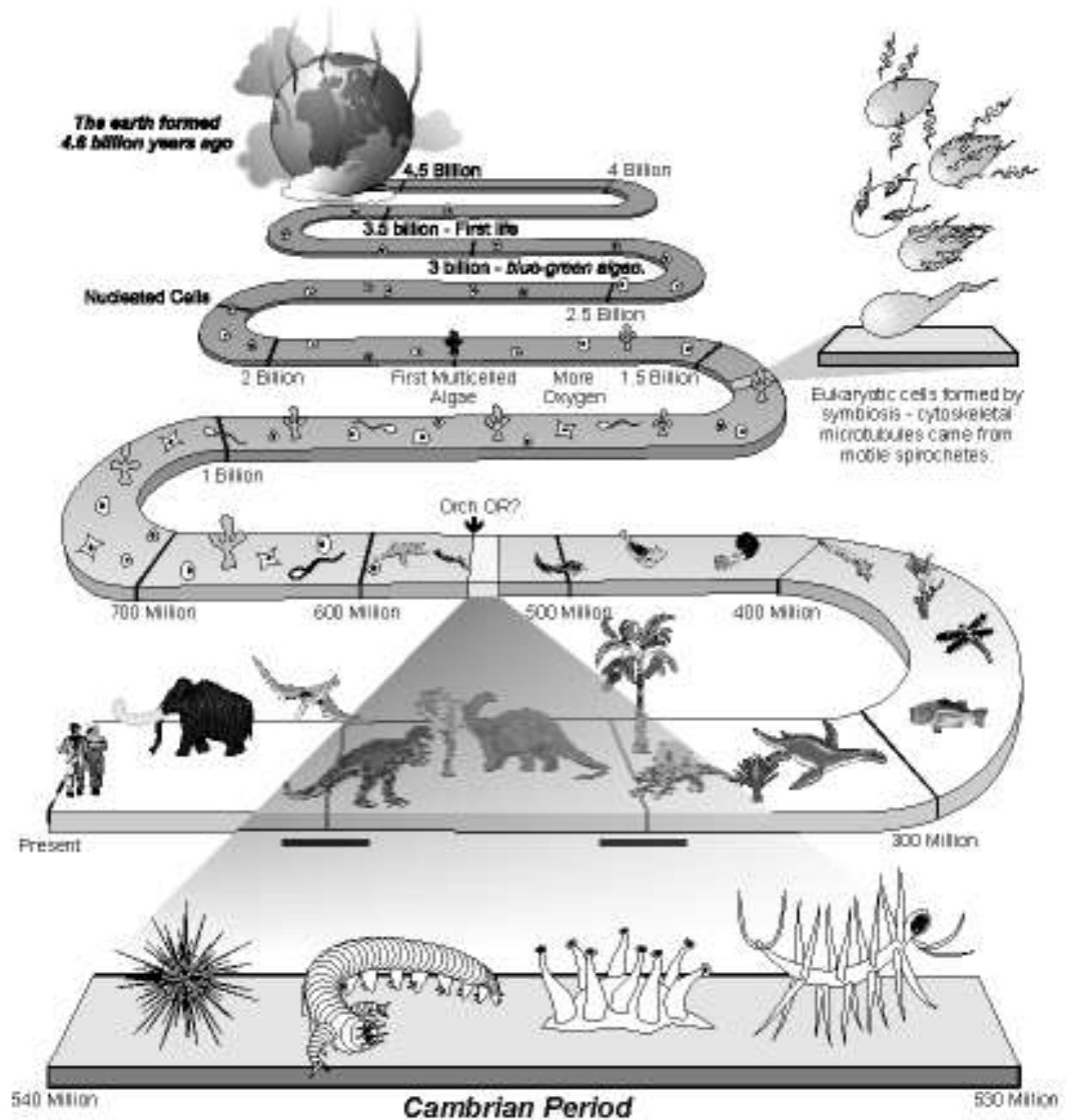
- Kambrická exploze: během pouhých 10 – 25 milionů let (či snad jen 5 – 10) vzniká většina živočišných kmenů a mnoho tříd;
- první bezčelistnatí obratlovci (Agnatha);
- různé řasy
- trilobiti tvoří až 90 čeledí
- zvýšení hladiny kyslíku možná umožnilo zvětšení těla živočichů a spuštění metabolických drah, které vedly k produkci kolagenu
 - kolagen tvoří základ oporných struktur a pevných schránek

Kambrium

prvohory 543 – 488 miliónů let

- dochází k nárůstu fosforu a vápníku v mořích (díky geomechanickým změnám spojeným s rozpadem pevnin)
 - a možná proto vznikají živočichové s pevnými mineralizovanými schránkami
 - přebytek vápníku se rovněž vysráží jakožto zuby
 - nová pobřeží
- kambrickou explozi mohlo dále pohánět vytvoření pobřežních vod a nových nik, vznik predací a parazitismů
- kontinenty se přesouvají na jih, čímž dochází k oteplování klimatu

Kambrická exploze



Burgeská břidlice: věci mohly být jinak

Burgess shale (520 - 515 mil. let)

- asi 15 - 20 druhů nemůže být přiřazeno k žádné známé skupině živočichů
- asi 20 - 30 členovců nemůže být přiřazeno k žádné známé skupině Arthropod

Anomalocaris canadensis



Kambrium

prvohory

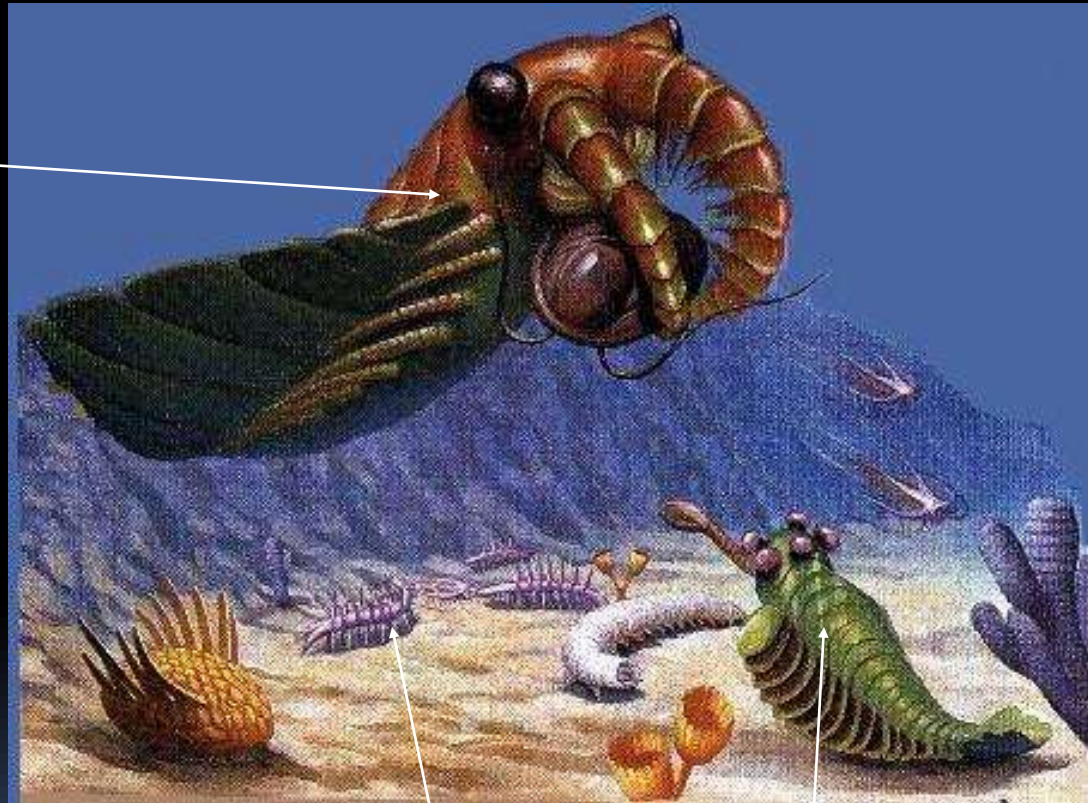
543 – 488 miliónů let



- velká disparita, menší diverzita
- dnes velká diverzita, malá disparita
- **Disparita** = rozsah morfologických odlišností mezi různými taxony.
- **Diversity** = počet taxonů (souborů organismů, které spolu podobají určitými charakteristikami)

Kmabrium: Burgess shale

Anomalocaris
(až 80 cm)



Hallucigenia

Opabinia

Kambrium

prvohory

543 – 488 miliónů let



Rekonstrukce organismů Burgesské břidlice. Kolem 500 miliónů let, Britská Kolumbie.

Opabinia



Co způsobilo kambrickou explozi?

- „Evo-devo“ = spojení evoluční a vývojové (developmental) biologie
- **ekologické příčiny:** vytvořil se vztah predátor -kořist. Tento vztah vede k nárůstu nových druhů (různé typy ochranných štítů, způsoby pohybu...
- **geologické příčiny:** naakumuloval se atmosferický kyslík, což umožnilo nový, aktivnější typ metabolismu umožňující nové způsoby pohybu, přijímání potravy...
- **genetické příčiny:** u 35 živočišných kmenů jsou rozdíly v prostorové a časové expresi Hox genů, což vede k rozdílnému embryonálnímu vývoji
- tyto tři hypotézy se vzájemně nevylučují

Zánik dinosaurů před 65 miliony lety zřejmě způsobil dopad meteoritu na Yucatánský poloostrov...



...čímž byla umožněna radiace savců

Pustil tento meteor z ruky Bůh (koncept ID), nebo Bůh použil přírodní procesy (koncept ID, věřící evolucionisté) nebo se jednalo o produkt slepé náhody (ateističtí evolucionisté)?

- Co kdyby v kambriu přežily jiné kmeny než ty, které aktuálně přežily?
- Co kdyby na konci křídy neudeřil asteroid?
 - Co kdyby měl onen asteroid poloviční hmotnost nebo dvojnásobnou hmotnost než ten, který v reálu dopadl?
 - Co kdyby udeřil o jednu hodinu dříve nebo o jednu hodinu později?
- Lenski, R.E., Chance and Necessity in Evolution. in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

- Proces evoluce vnímáme jako náhodný – mutace, hromadná vymírání etc.
- Evoluce, tak zní naše krédo, je bez cesty a bez účelu: konec je nedeterminovaný

KONVERGENZ

Evoluční omezení (constraints)

- Extrinsic constraints – jsou dané zákony fyziky a geometrie
- Intrinsic constraints – jsou dané biologií daného organismu.

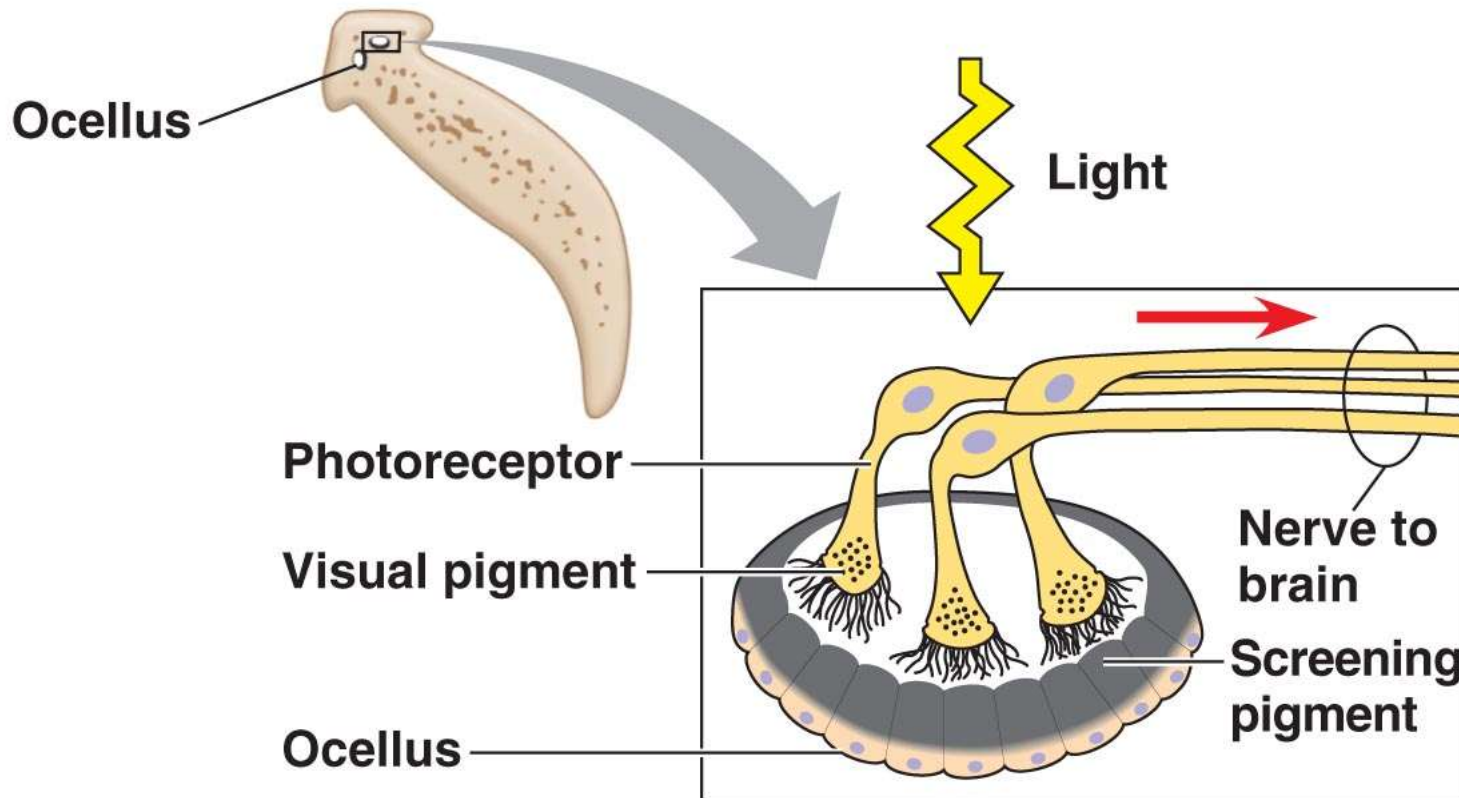
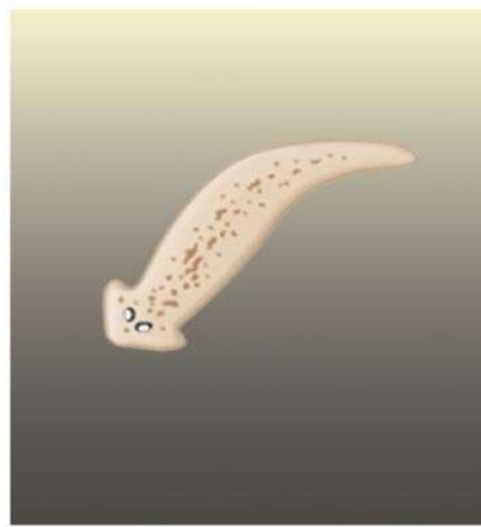
- Experimenty „mohou odhalit, co se stane stovce potkanů během deseti let za daných a jednoduchých podmínek, ale už ne, co se stane miliardě potkanů během deseti miliónů let ve stále se měnících podmínkách dějin Země.“
- Paleontologist George Gaylord Simpson
 - Lenski, R.E., Chance and Necessity in Evolution. in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

Konvergence

- Pokud jsou fyzikální prostředí podobná, vzdáleně příbuzné organismy mohou nezávisle na sobě vyvinout podobné adaptace.

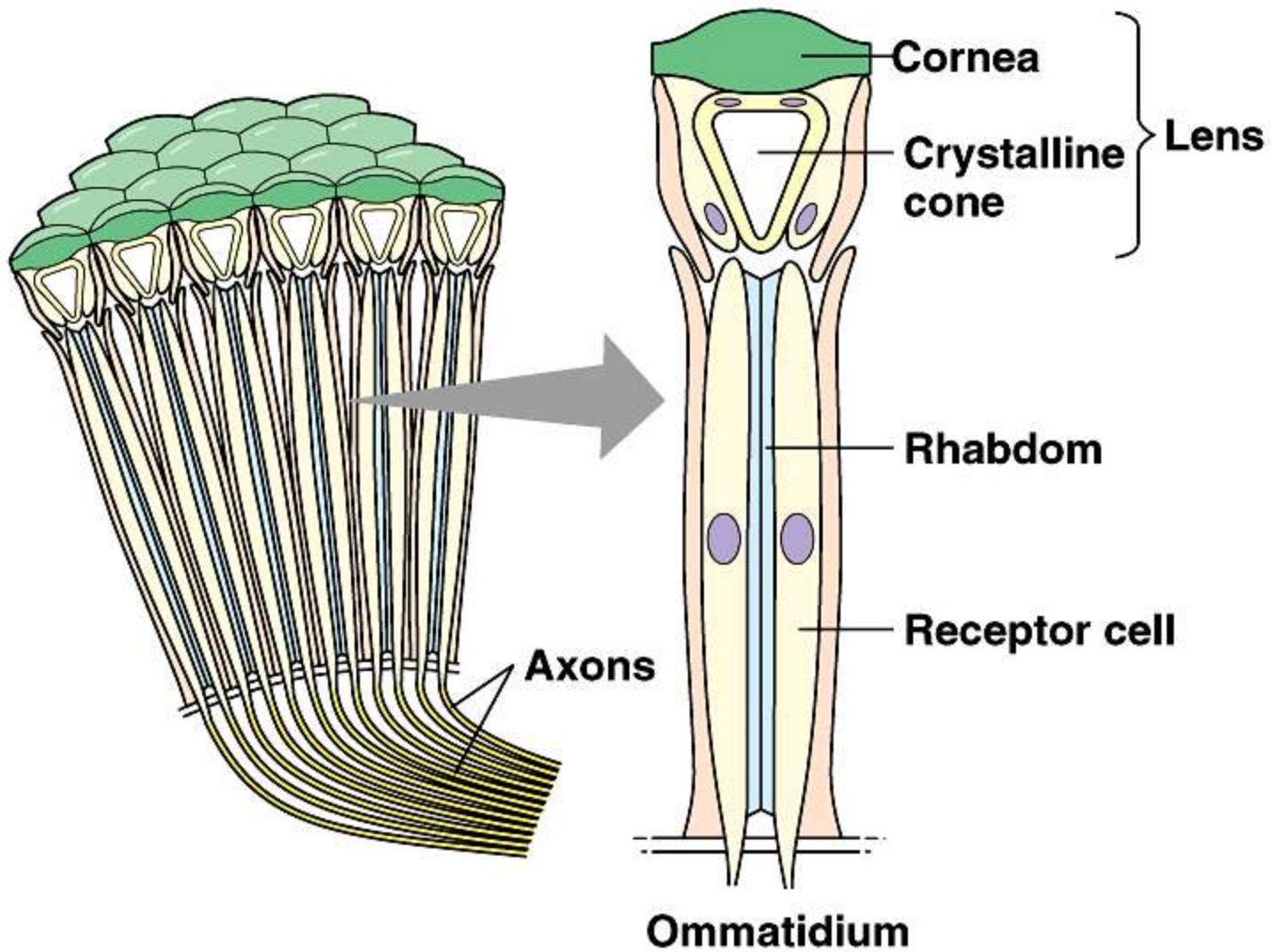
Konvergence

- **Konvergentní evoluce** se může objevit na mnoha úrovních. Uvnitř jednoho druhu může být omezena na **několik znaků**, nebo může v sobě zahrnout **celý organismus**, což má za následek konvergenci v morfologii, fyziologii a chování, tak jak se nepříbuzné formy specializují na podobné niky.
- Konvergence se může rovněž objevit na úrovni **celých biot**, což má za následek geograficky izolované ekologické komunity s podobnými strukturami a funkcemi.
- Lomolino, V.M., Riddle, R.B., et al. (2010) *Biogeography*. 4th ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. p. 415

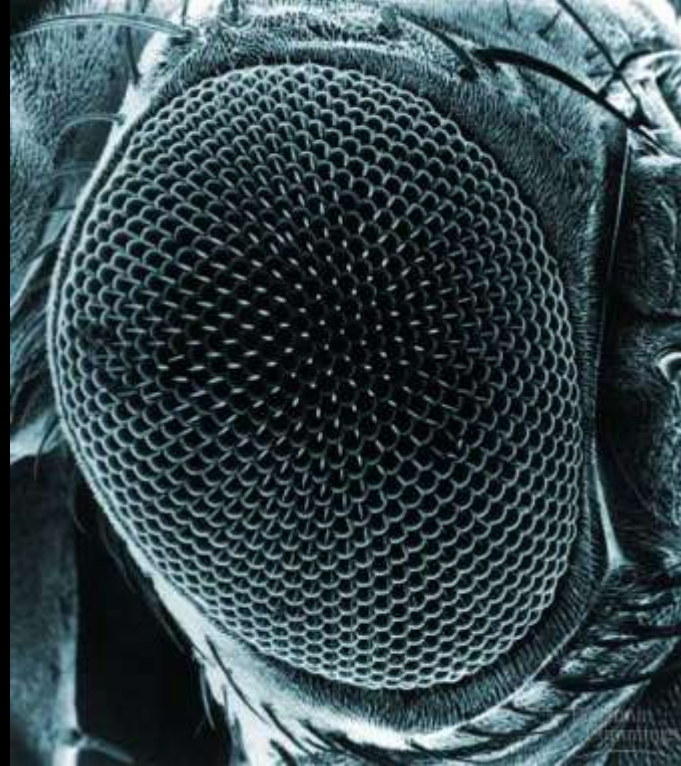




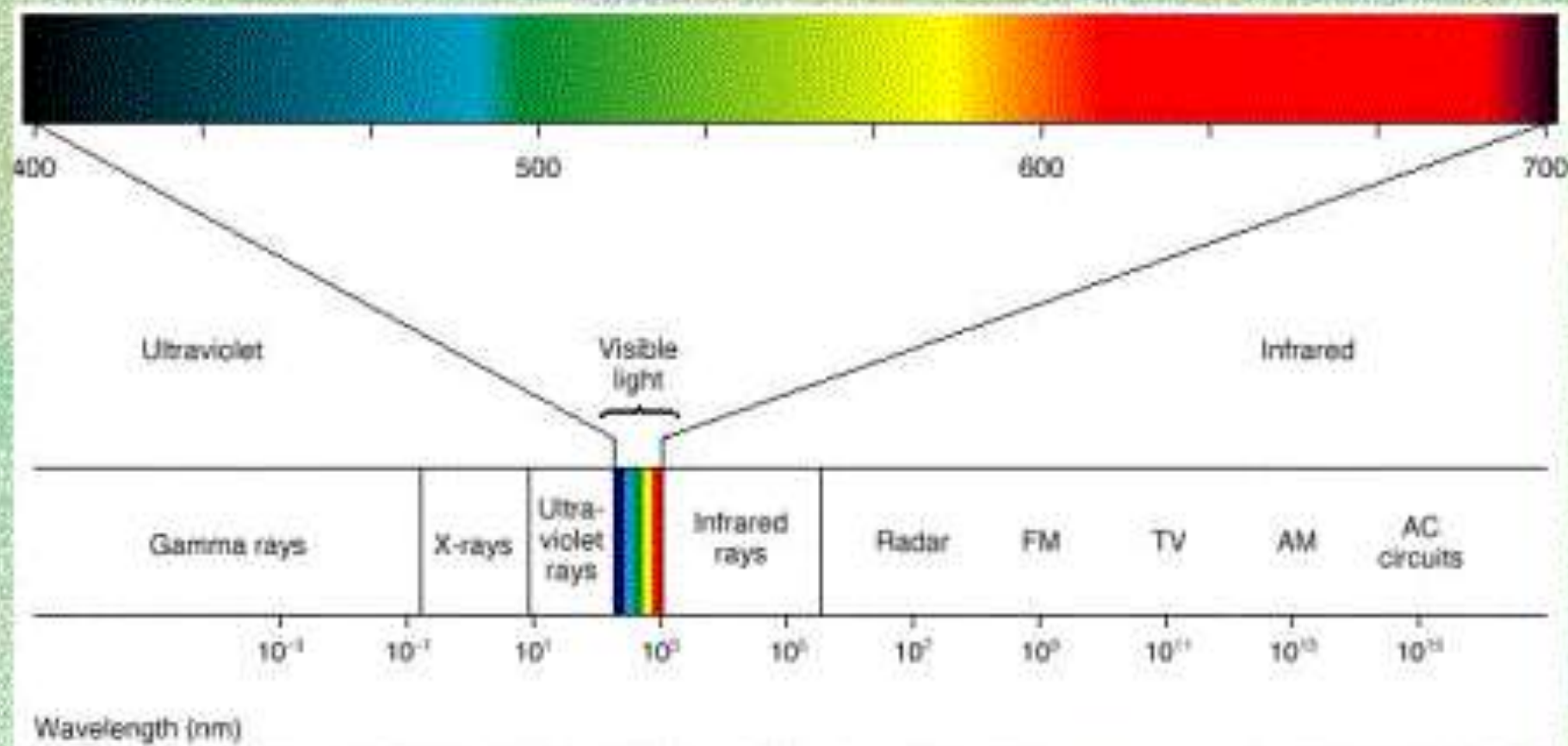
Benjamin
Cummings



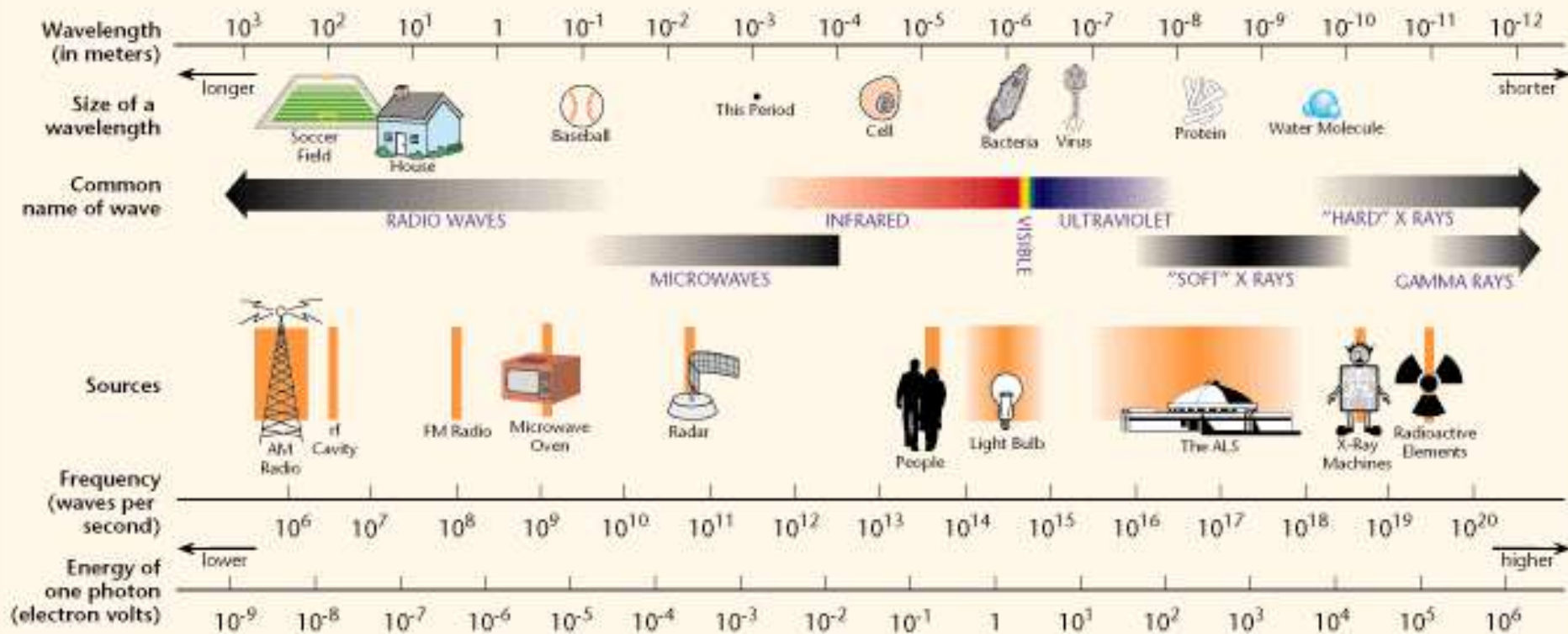
(b)



Náše oko je citlivé pouze k úzké oblasti elektromagnetického spektra
The Visual System is Sensitive to a Small Part of the Electromagnetic Spectrum



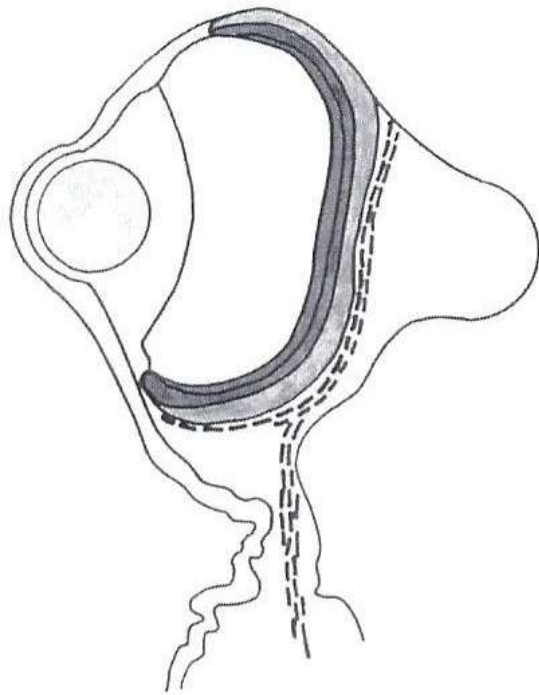
THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



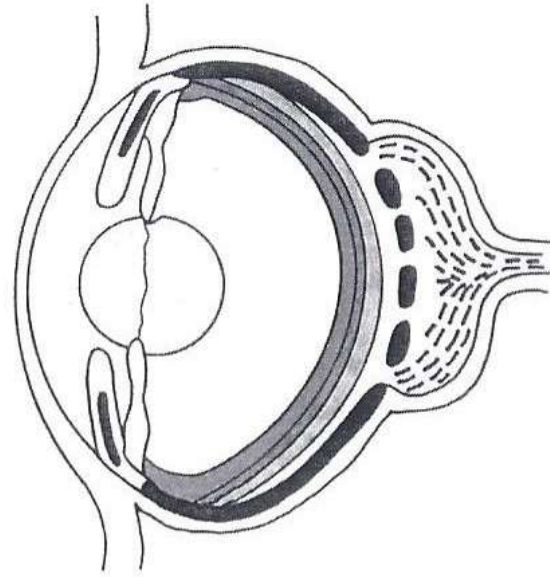
- Společný předek chobotnice a plejtváka **pravděpodobně nemohl mít kamerové oko**. Každá skupina se nezávisle navigovala ke stejnému evolučnímu řešení, a nejen že toto řešení funguje velmi dobře, nýbrž vzniklo přinejmenším pětkrát nezávisle na sobě, u živočichů tak odlišných jako je slimák nebo dokonce medúza.
- Morris, C.S., Introduction. in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.



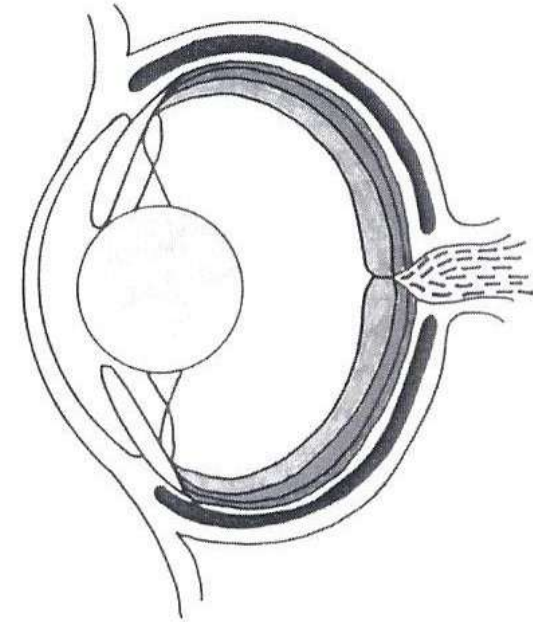
Annelid



Cephalopod



Vertebrate



 Optic nerve

 Retina

 Pigmented layer


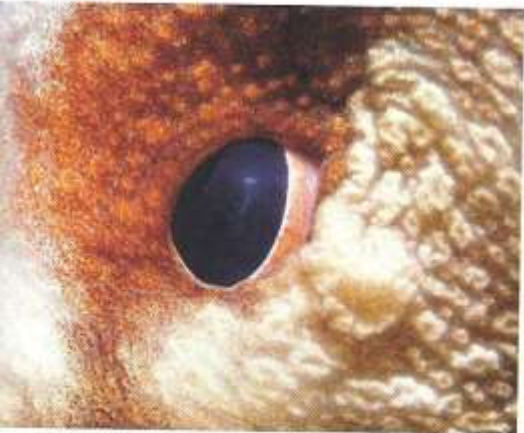
 Nuclear layer

FIGURE 7.2 Convergence of the camera-eye, including the classic comparison between the octopus (cephalopod) and human (vertebrate), as well as the alciopid polychaete (annelid). (Redrawn from various sources.)



(d)



(f)

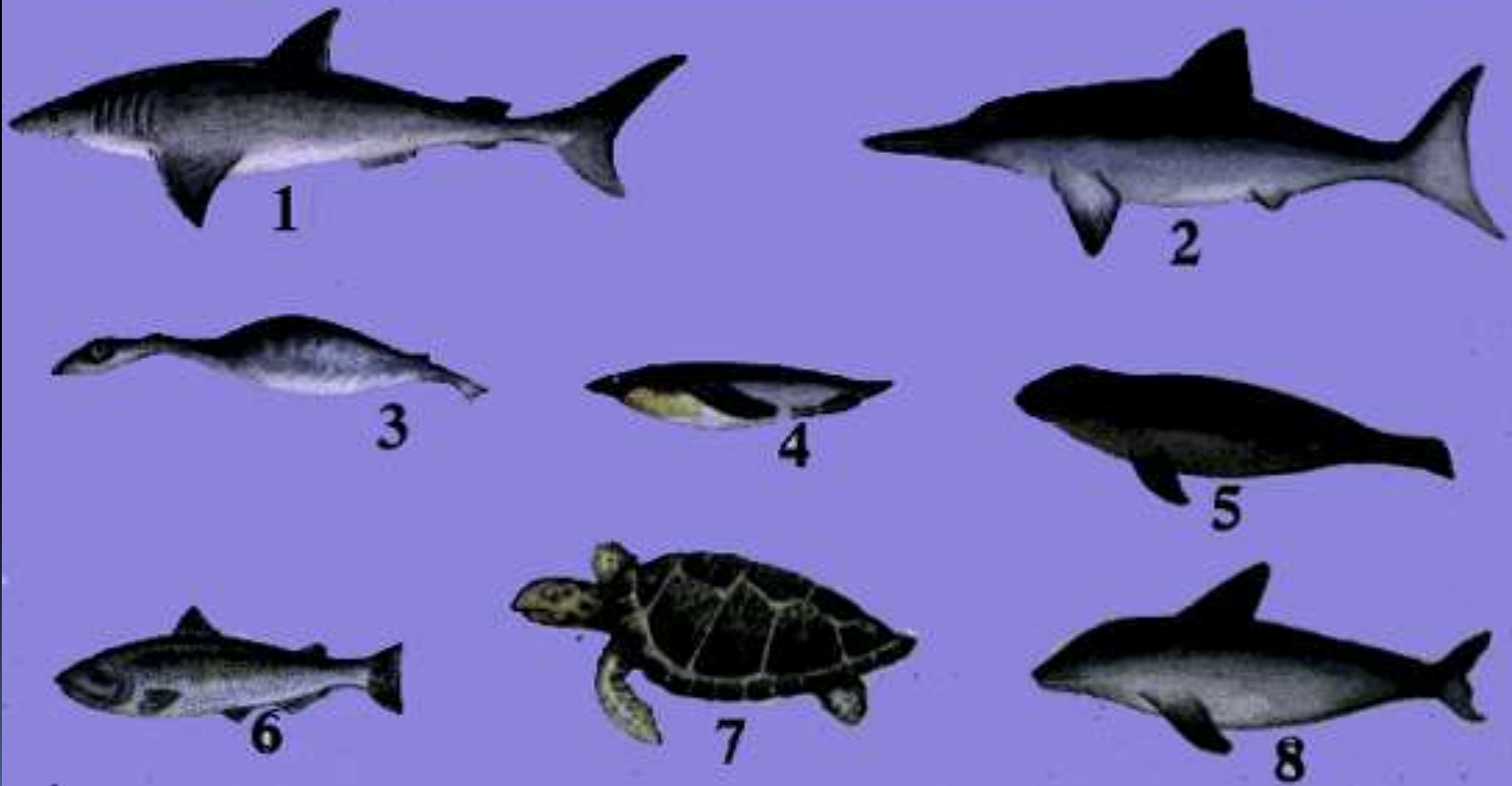


Figure 14.11 Convergent evolution leads to analogous traits. Consider the wings of birds (a) and bats (b), eye structure of an octopus (c) and fish (d), and the placement of eyes in crocodiles (e) and hippos (f). In each case, the similarity is due to convergent evolution, not descent from a common ancestor.

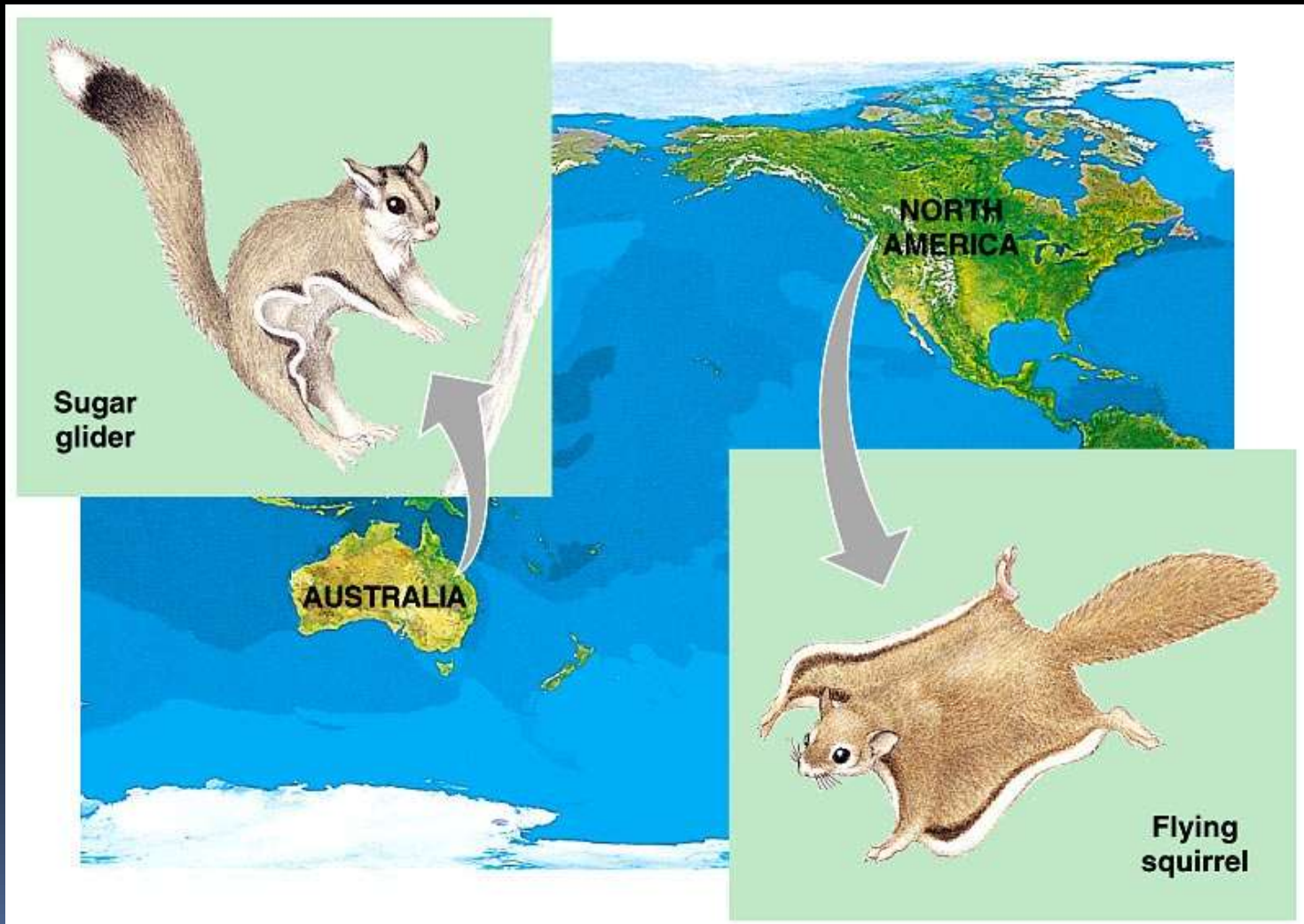
Analogické znaky

Konvergentní evoluce vede a analogickým strukturám

Convergent Evolution in birds, fish, mammals, reptiles



Konvergentní evoluce vede a analogickým strukturám



Konvergentní evoluce

A



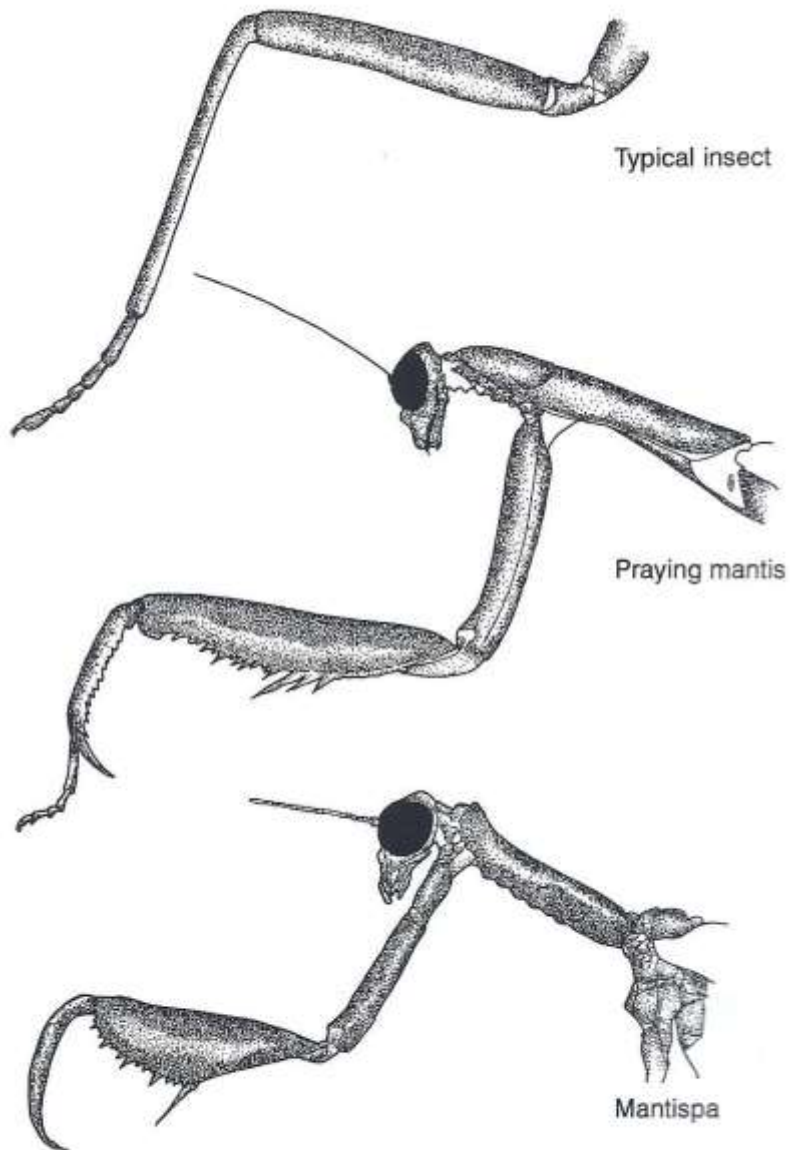
B



C



- A. Kaktus *Lophocereus schottii* (Cactaceae), Severní Amerika
- B. rod *Stapelia* (Apocynaceae), jižní Afrika, východní Indie
- C. *Euphorbia* (Euphorbiaceae), poušť v Namibii, Afrika



Mantispa styriaca (Neuroptera)
Mantis religiosa (Mantodea)



FIGURE 6.4 A remarkable case of convergent evolution, between the raptorial fore-limb of the praying mantis and the neuropteran *Mantispa*, both arriving at the same solution independently from the generalized insect leg. (Redrawn from figs. 1–3 of Ulrich [1965, citation is in note 112] with the permission of the author, *Natur und Museum* and Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft.)

- Jiným tématem konvergence jsou sukulenty s věncem tuhých, zašpičatělých listů: agáve v severní Americe, pozemní bromélie v jižní Americe a aloe v Africe (každá reprezentuje jinou čeleď).
- Tyto pouštní sukulenty také všechny sdílejí speciální formu fotosyntézy, CAM.
- Mělo by ale být zdůrazněno, že tyto konvergentní rostliny nejsou úplně stejné ve všech svých znacích.
 - často se **zřetelně liší** v reprodukční biologii, mají odlišné tvary a funkce květů, plodů a semen, které odrážejí odlišné způsoby opylení a rozšiřování semen.
- Lomolino, V.M., Riddle, R.B., et al. (2010) *Biogeography*. 4th ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. p. 416

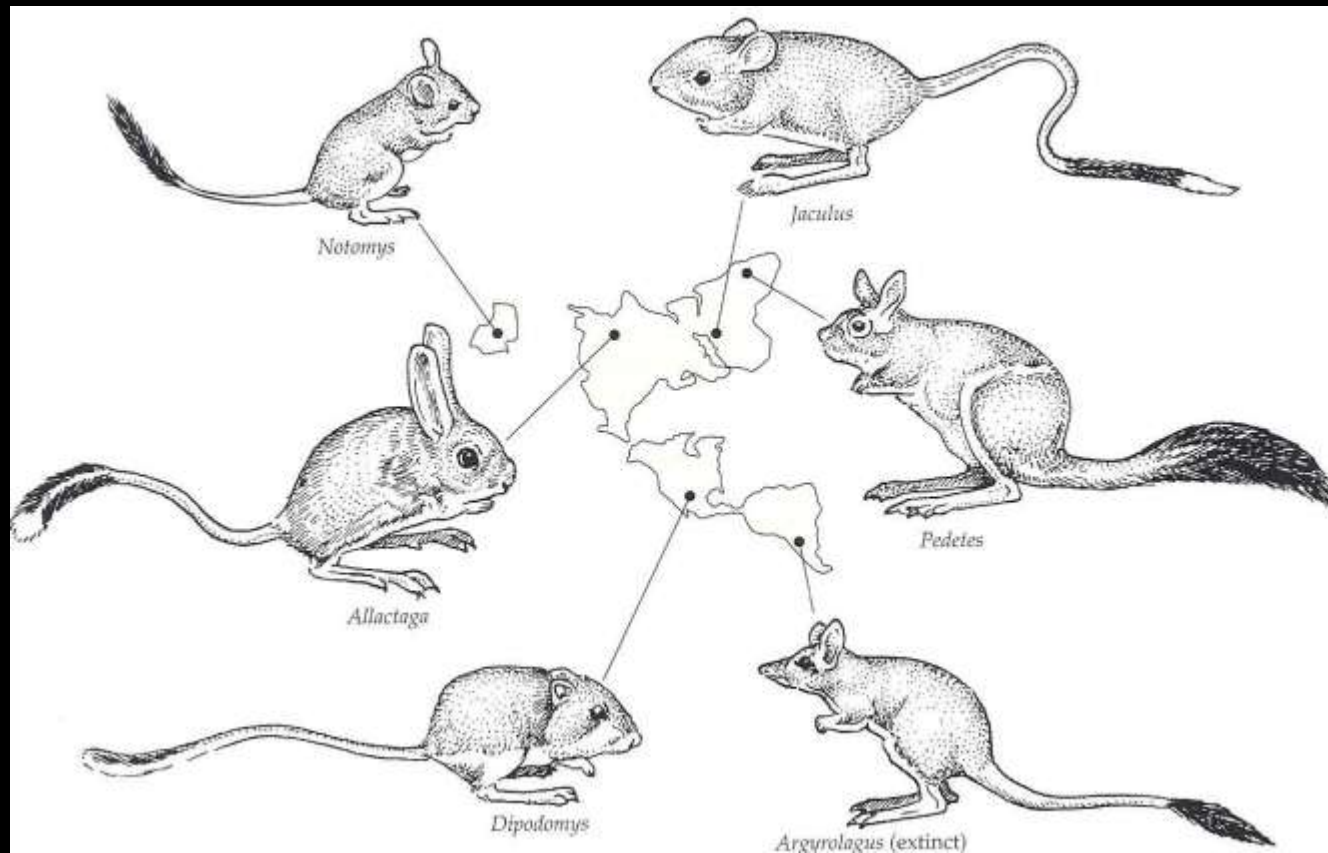
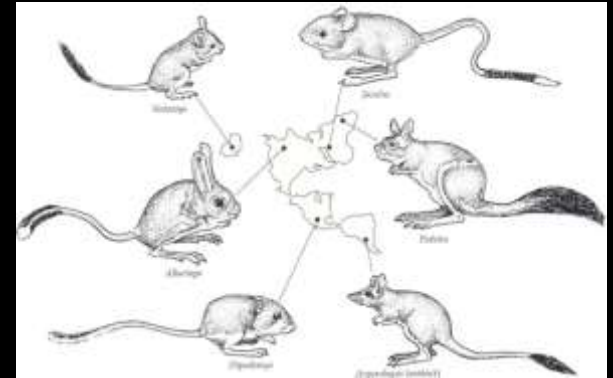


FIGURE 10.37 Apparent convergence, at least in morphology, of five genera of rodents and one extinct marsupial from deserts throughout the world. All of the rodents are derived from unspecialized mouselike ancestors, and have independently evolved long hind limbs, short forelimbs, long tufted tails, light brown dorsal and white ventral pelage, and bipedal hopping locomotion. Some of them share other morphological, physiological, and behavioral characteristics, but some of them also differ conspicuously in body mass, ear length, diet, and other characteristics. (After Mares 1993a.)

- nejkřiklavější případ konvergence je zřejmě nezávislá evoluce forem mající
 - prodloužené zadní končetiny
 - dlouhé, střapaté ocasy
 - pohyb pomocí skákavých zadních končetin
- u různých čeledí na několika kontinentech.



- Lomolino, V.M., Riddle, R.B., et al. (2010) *Biogeography*. 4th ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. p. 417

- mnozí z těchto hlodavců mají rovněž společné další adaptace, mezi něž patří
 - světlou srst v barvě okolí za účelem ochranného zbarvení
 - zvětšené velké ušní boltce
 - krátké přední končetiny s dlouhými drápy

- „Antilopa“ pronghorn z plání severní Ameriky je jediným reprezentantem endemické čeledi Antilocapridae, které je ve své morfologii a chování konvergentní k pravým antilopám (čeldi Bovidae) z afrických stepí.
- několik druhů tukanů (čeled' Ramphastidae) z tropů Nového světa jsou vzhledově podobní zoborožcům (čeled' Bucerotidae) ze Starého světa.



Ramphastos toco, Iguazú, 2009



Zoborožec vrásčitý,
Aceros corrugatus
Thajsko, Malajsie



Figure 3.8 Four bird groups in which similar bill shape has evolved independently as an adaptation for feeding on nectar. (A) A South American honeycreeper, family Thraupidae (*Cyanerpes caeruleus*). (B) *Liwi vestiaria coccinea*, one of the many Hawaiian honeycreepers, family Fringillidae. The Hawaiian honeycreepers are a well-studied example of adaptive radiation. (C) Hummingbirds, family Trochilidae. This violet sabrewing is from Costa Rica. (*Campylopterus hemileucurus*). (D) Sunbirds, family Nectariniidae. The red-chested sunbird (*Nectarinia pulchella*) is native to the Great Lakes region of Africa. (A, photo © fotolincs/Alamy Images; B, Photo Resource Hawaii/Alamy Images; C, Anthony Mercieca/Photo Researchers, Inc.; D, Photo Resource Hawaii/Alamy Images.)

Čtyři skupiny ptáků, u kterých se vyvinul stejný tvar zobáků jako zařízení na konzumaci nektaru.

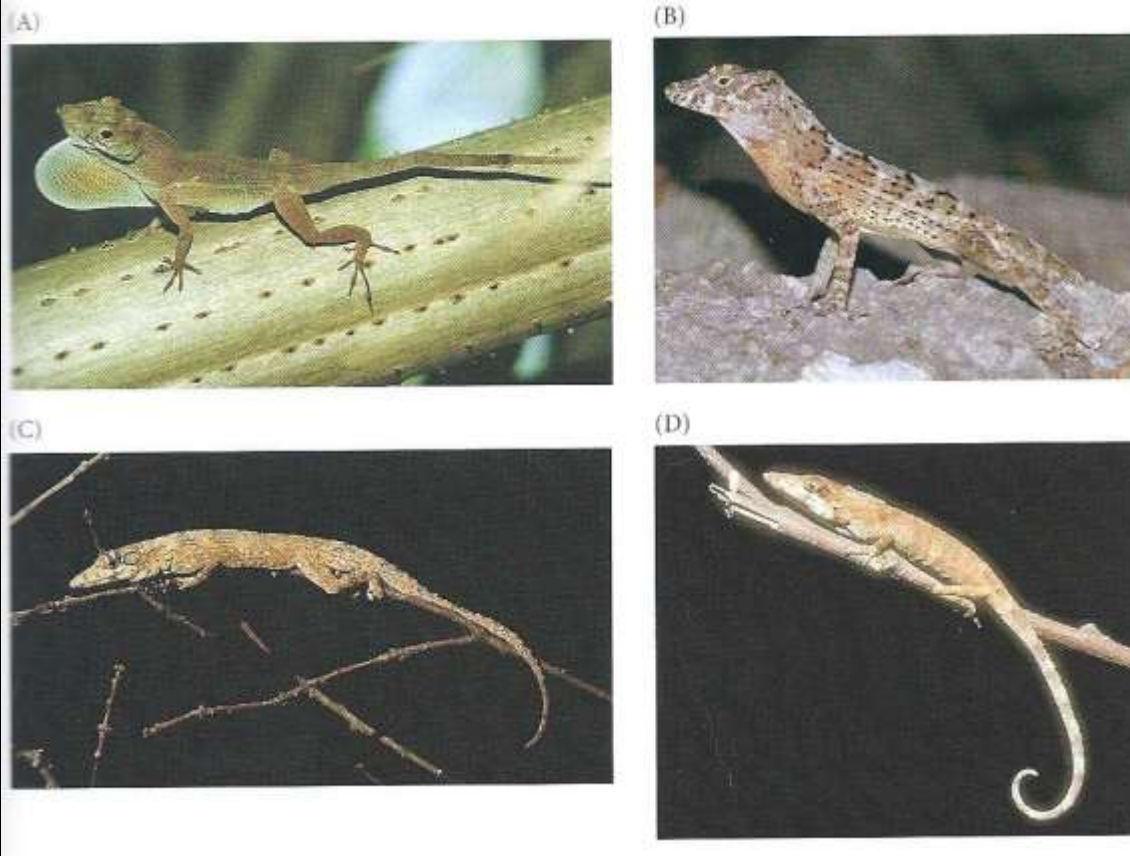


Figure 6.21 Convergent morphologies, or “ecomorphs,” of *Anolis* lizards in the West Indies. (A) *Anolis lineatopus* from Jamaica. (B) *A. strahmi* from Hispaniola. Both species have independently evolved the stout head and body, long hind legs, and short tail associated with living on lower tree trunks and on the ground. (C) *Anolis valencienni* from Jamaica. (D) *A. insolitus* from Hispaniola. Both are twig-living anoles that have convergently evolved a more slender head and body, shorter legs, and long tail. (Photographs by K. DeQueiroz and R. Glor, courtesy of J. Losos.)

Konvergentní morfologie, neboli „ekomorphy“ anolisů ze Západní Indie.

(A) *Anolis lineatopus* z Jamajky, (B) *A. strahmi* z Hispanioly. Oba druhy nezávisle na sobě vyvinuly silnou hlavu a tělo, dlouhé zadní nohy a krátký ocas, což souvisí s životem na zemi a nízko na kmenech stromů. (C) *Anolis valencienni* z Jamajky. (D) *A. insolitus* z Hispanioly. Oba žijí na tenkých větévkách a vyvinuli konvergentně štíhlejší hlavu a tělo, kratší nohy a delší ocas.

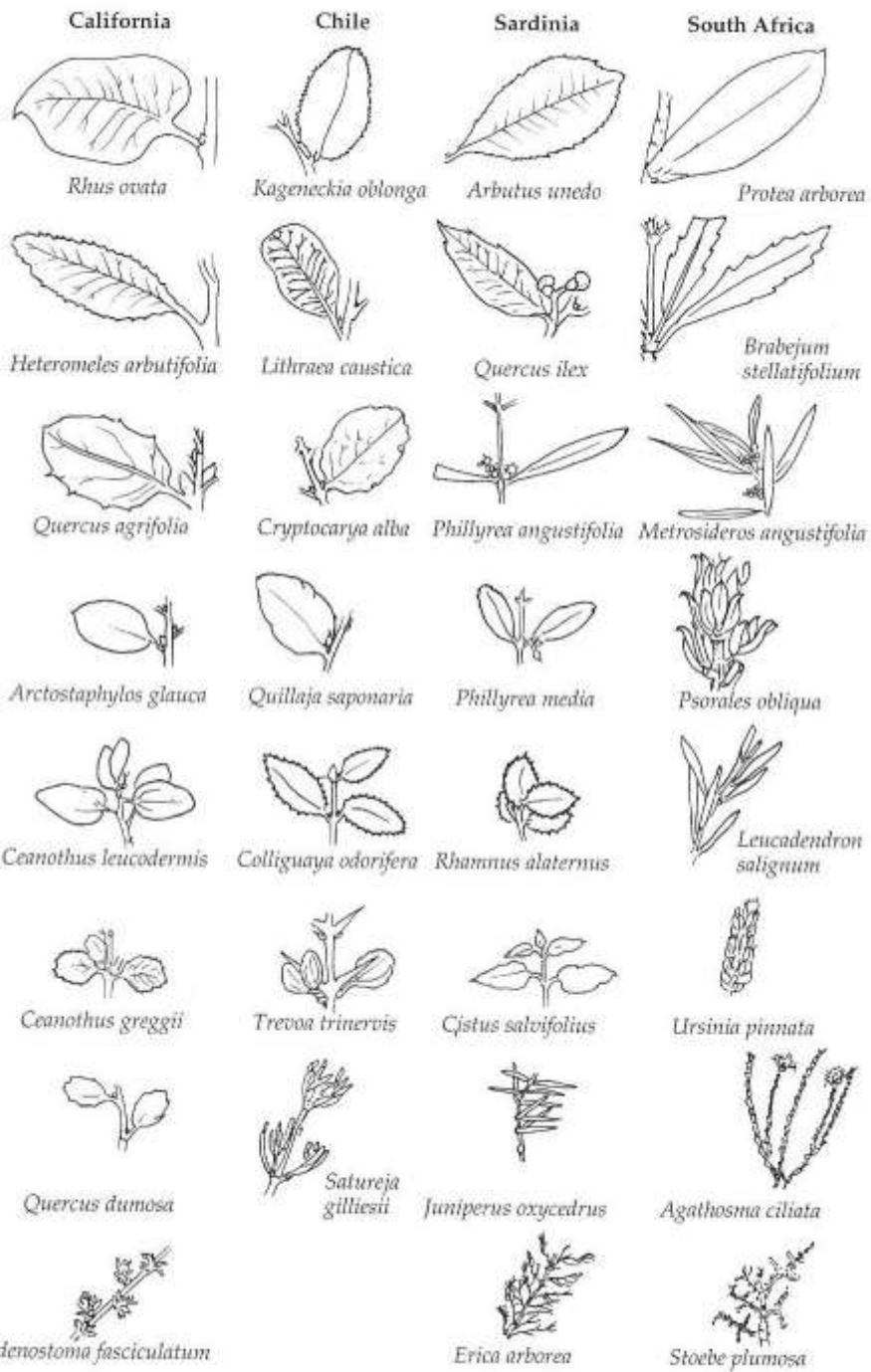


FIGURE 10.36 Convergence in leaf morphology of distantly related plant species from evergreen shrub habitats in Mediterranean climates in four widely separated regions: California, Chile, Sardinia (Mediterranean), and South Africa. Presumably, the similarities—not only in the sizes and shapes of the leaves shown here, but also in their physiological characteristics—reflect convergence: the independent evolution of similar traits in response to natural selection for similar adaptations to similar environments. (After Cody and Mooney 1978.)

Konvergence v morfologii listů u vzdáleně příbuzných druhů rostlin ze stálezelených křovinatých habitatů v středomořském klimatu ve čtyřech velmi odlišných oblastech: Kalifornie, Chile, Sardinie (Středomoří) a jižní Afrika. Podobnosti, zdá se, odrážejí konvergenci: nejen ve velikosti a tvarech listů, nýbrž také ve fyziologických parametrech.

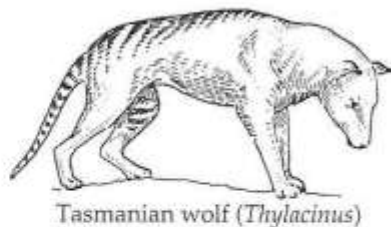
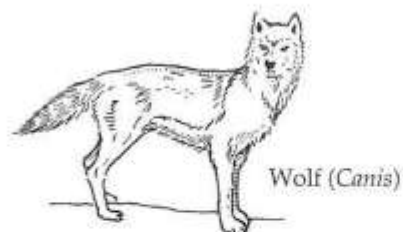
Celé bioty

- Savci v Austrálii a severní Americe jsou možná nejčastěji citovanými příklady.
- Následující (a mnohé jiné) ilustrace nechtějí být záměrně klamavé, ale často přehánějí stupeň celkové podobnosti mezi biotami.

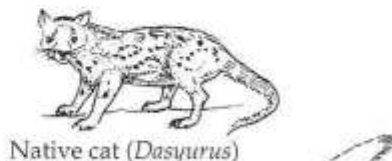
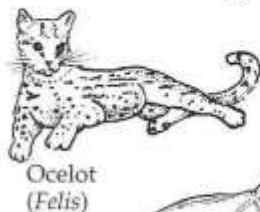
Placentals

Marsupials

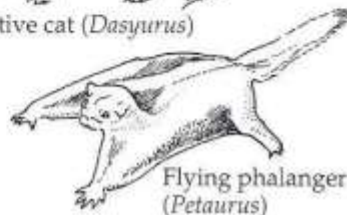
Doglike
carnivore



Catlike
carnivore



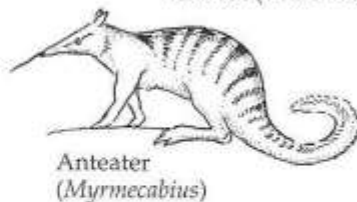
Arboreal
glider



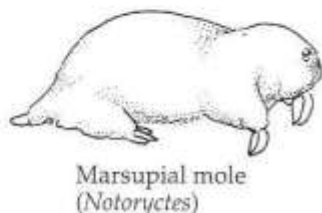
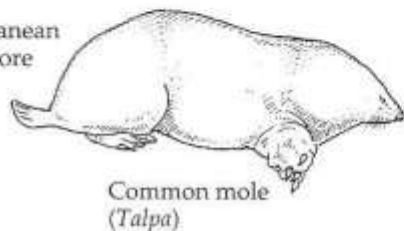
Fossorial
herbivore



Digging
ant feeder



Subterranean
insectivore



Such illustrations are not intended to be misleading...

FIGURE 10.38 Drawings of pairs of species of North American and Australian mammals purporting to show convergence. Figures such as this one are somewhat misleading. As described in more detail in the text, the species paired here are often not drawn to the same scale, and some of those that look alike do not have similar ecological niches. (After Begon et al. 1986.)

- vačnatá „kočka“ je menší, častěji se živí hmyzem a žije méně na stromech než ocelot.
- vačnatý „krtek“ žije v písečných pouštích, na rozdíl od pravého krtka.
- tyto obrázky navíc neukazují většinou jiných druhů v obou biotách, z nichž si většina není podobná.
 - Austrálie nemá žádné blízké ekologické ekvivalenty k pumě, bizonům, lasičkám, skunkům, psounům a bobrům.
 - Severní Amerika nemá druhy opravdu podobné ptakopyskům, ježurovi, bandikutům, koalovi či mnoha druhům malých a středně velkých klokanů

- Severní Amerika nemá reálné ekvivalenty australským papouškům, emuům mezi ptáky nebo eukalyptům mezi rostlinami.
- Austrálie nemá sukulentní rostliny podobné kaktusům a agávím žijícím v pouštích severní Ameriky
- **Ve skutečnosti, po návštěvě Austrálie a severní Ameriky mnoho přírodovědců zpochybňuje dogma konvergence.**

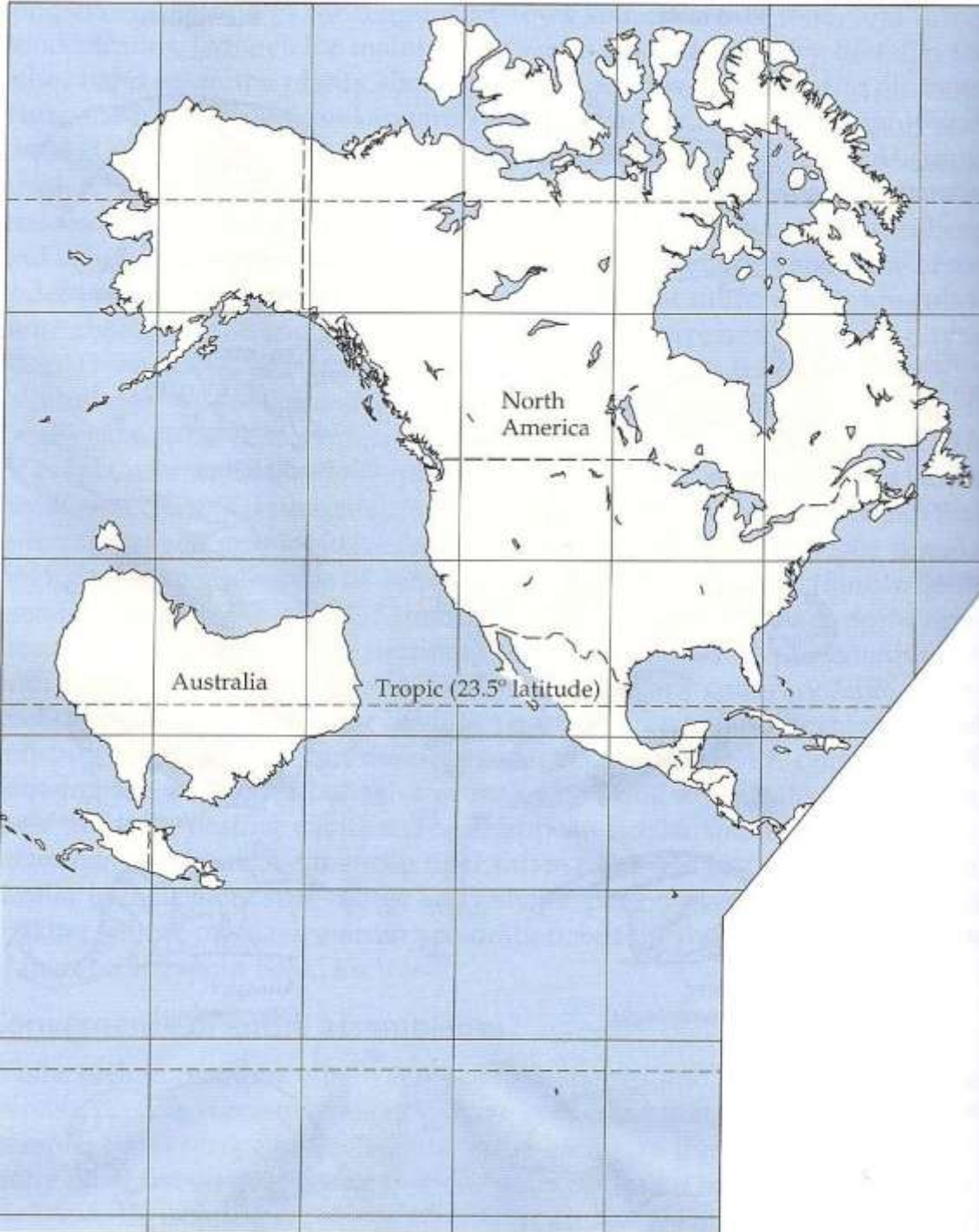


FIGURE 10.39 A map in which the locations of Australia and North America have been juxtaposed while their relative latitudinal positions have been maintained. Note that while Australia is about the same size as the United States, its latitudinal position overlaps more with that of Mexico. The locations of the arid habitats that are often suggested to contain convergent species or ecological communities are, on average, much more tropical in Australia than in North America. (Australia has been inverted in order to maintain its orientation relative to the Equator.)

Schopnost trávit laktózu

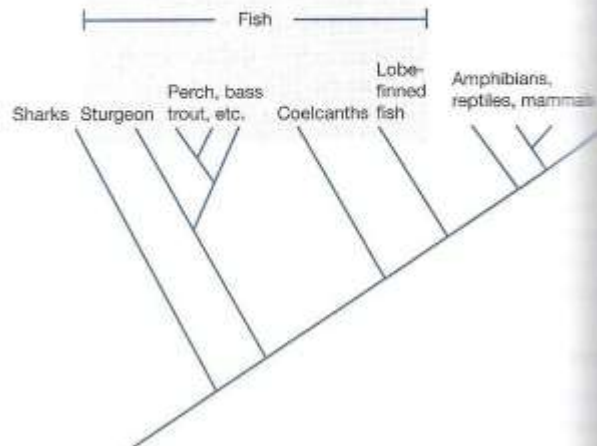
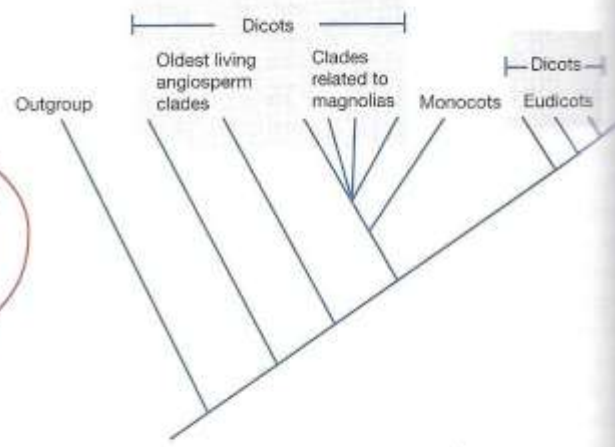
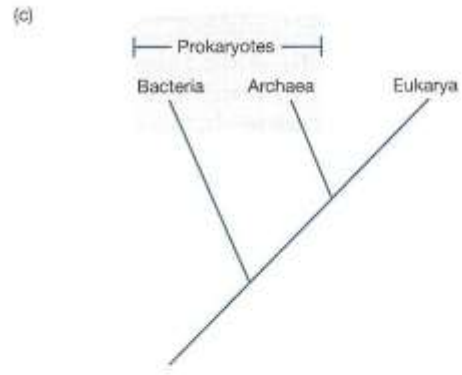
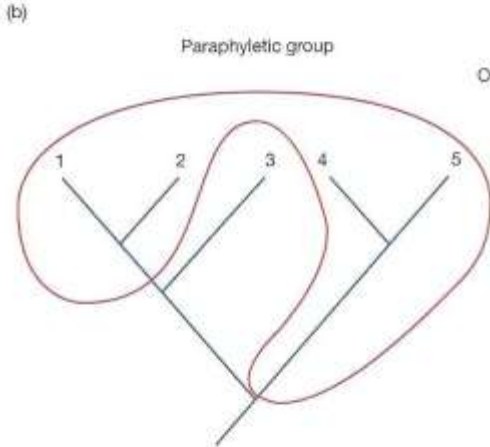
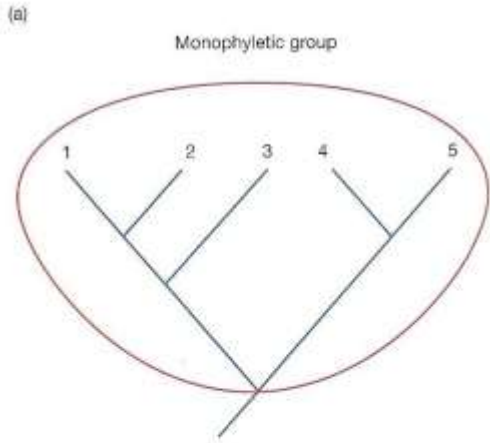
- u našich společných afrických předků se schopnost trávit mléko vypíná přibližně ve věku dvou let.
- některé skupiny v Evropě, na Středním východě a ve východní Africe se začaly věnovat rolnictví, což zahrnovalo mimo jiné i pasterectví krav a koz.
 - u těchto populací je většina dospělých lidí schopna produkovat laktázu

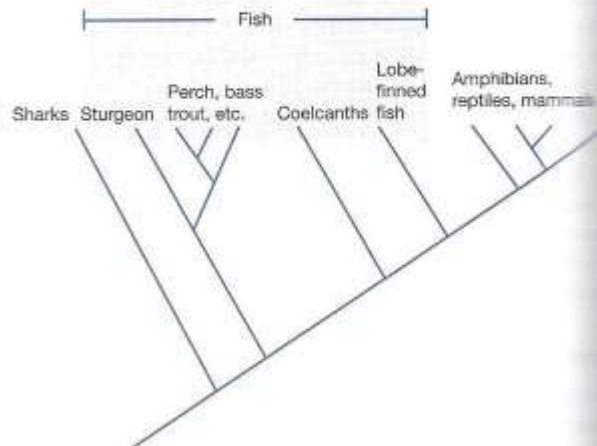
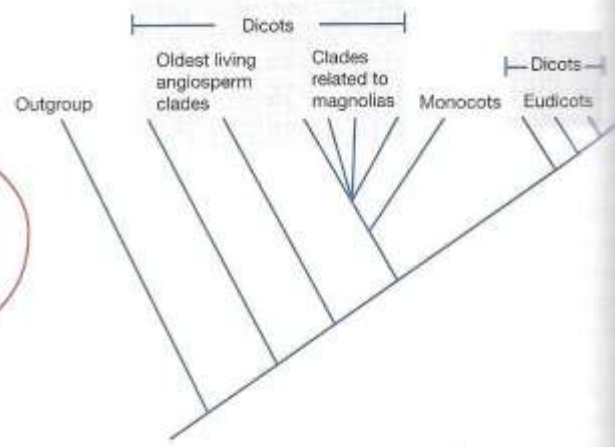
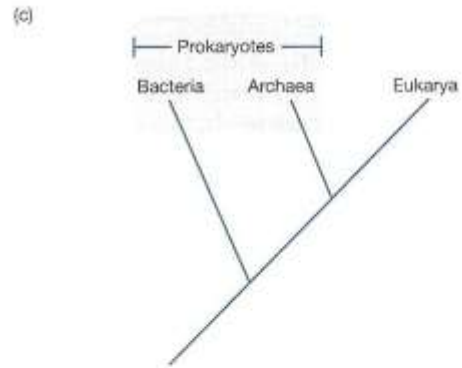
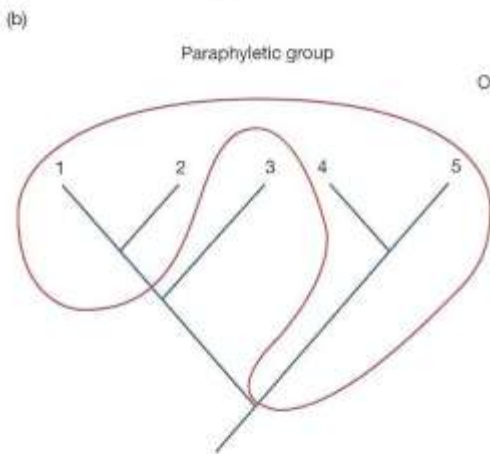
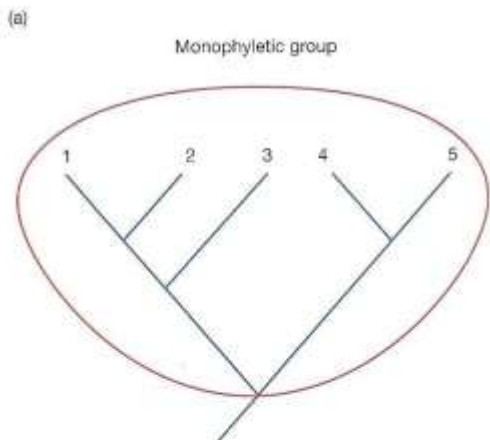
Schopnost trávit laktózu

- Většina Severoevropanů jsou nositeli specifické mutace v regulátorovém signálu pro laktázový gen, který jej udrží ve stavu „zapnuto“ i v průběhu dospělosti.
- Některé africké kmeny, majících ve zvyku pít mléko, jako jsou Masajové, vykazují rovněž stálou expresi genu pro laktázu, ale schopnost je způsobena zcela odlišnou mutací.
 - máme zde dvě odlišné molekulární změny u dvou odlišných populací, které mají za následek tentýž výsledek; jev je nazýván „konvergentní evoluce“.
- Collins, F., (2010) *The Language of Life*. Profile Books LTD. London, GB. p. 256

SYSTEMATIKA

- **Monophyletická skupina** = všichni potomci společného předka
- **Paraphyletická skupina** = někteří, avšak ne všichni potomci společného předka



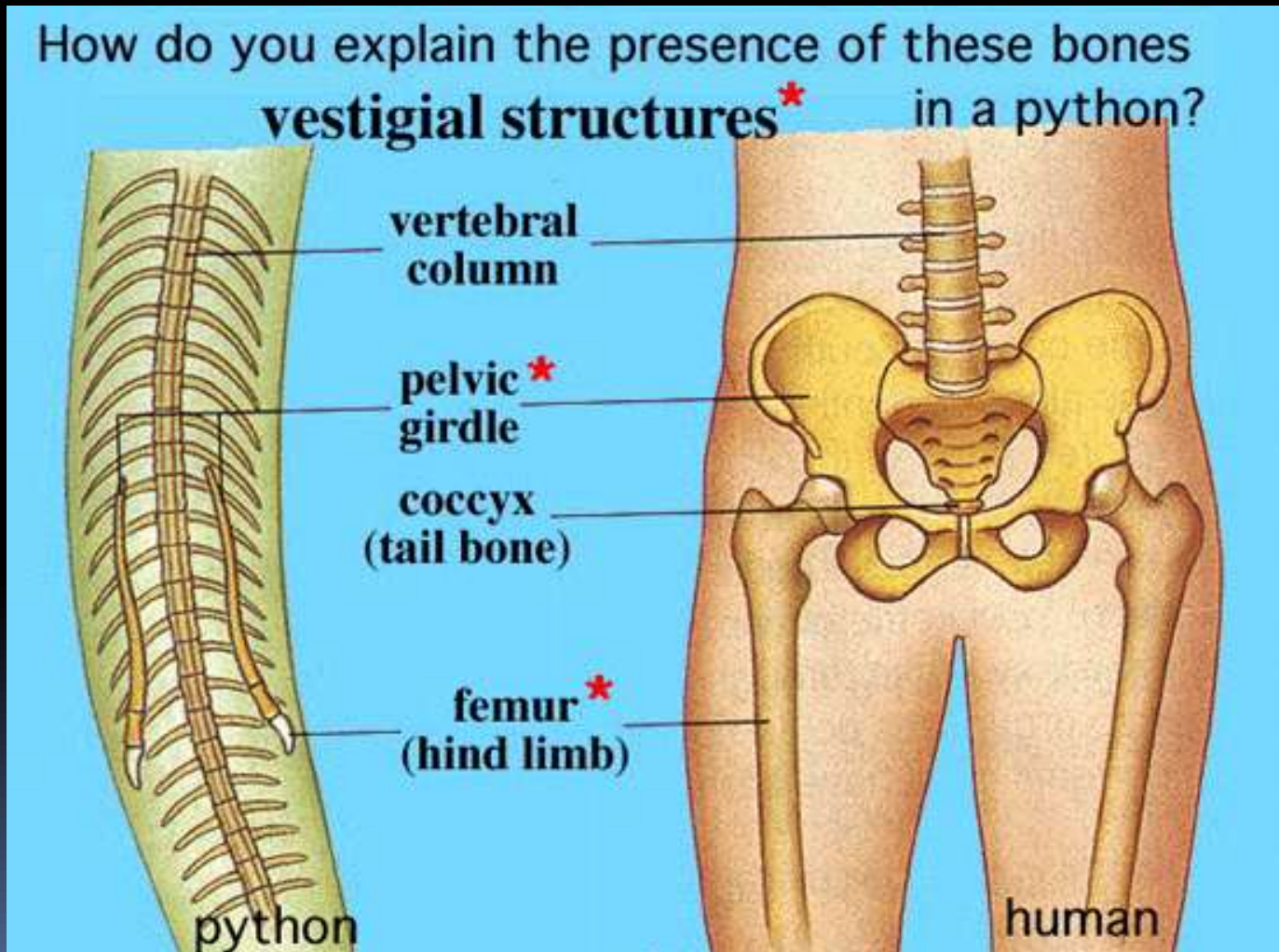


Prokaryota, dvouděložné a ryby jsou parafiletické skupiny

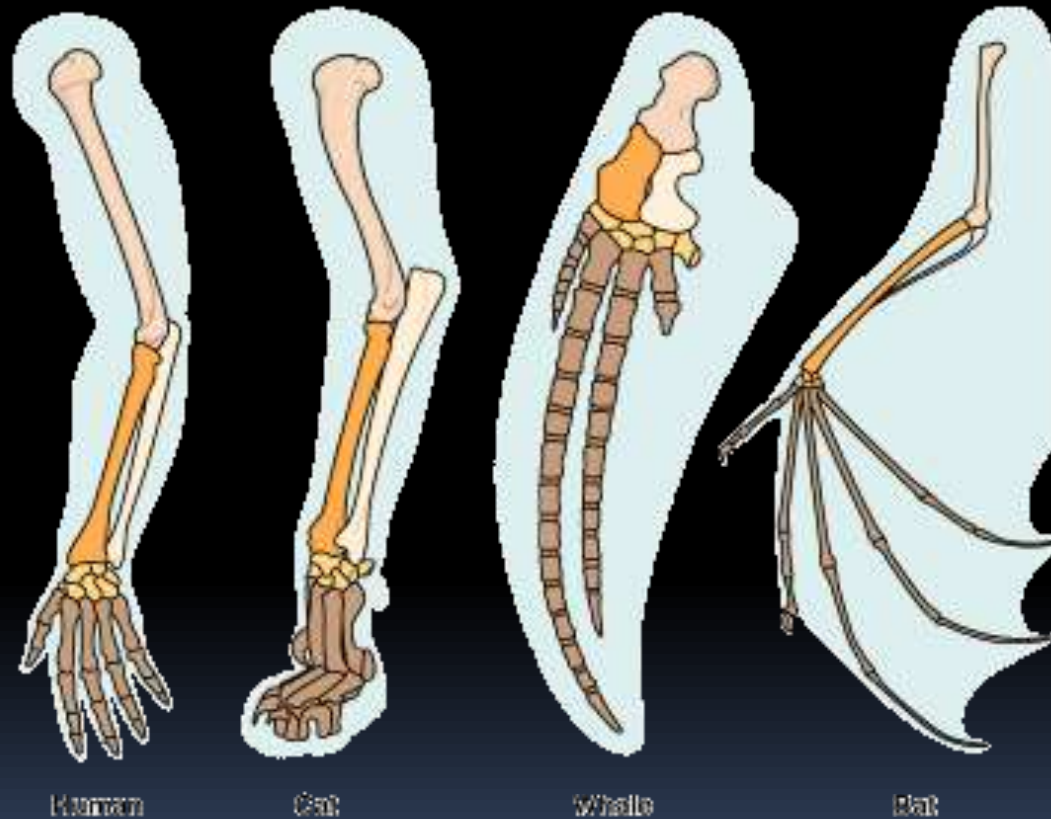
Homologie a Analogie

- **Homologické znaky** jsou podobné, protože jsou odvozeny od společného předka
- **Analogické znaky** jsou podobné, protože přírodní výběr upřednostnil podobné adaptace v podobných podmínkách.

„Zakrnělé orgány“



Srovnávací anatomie



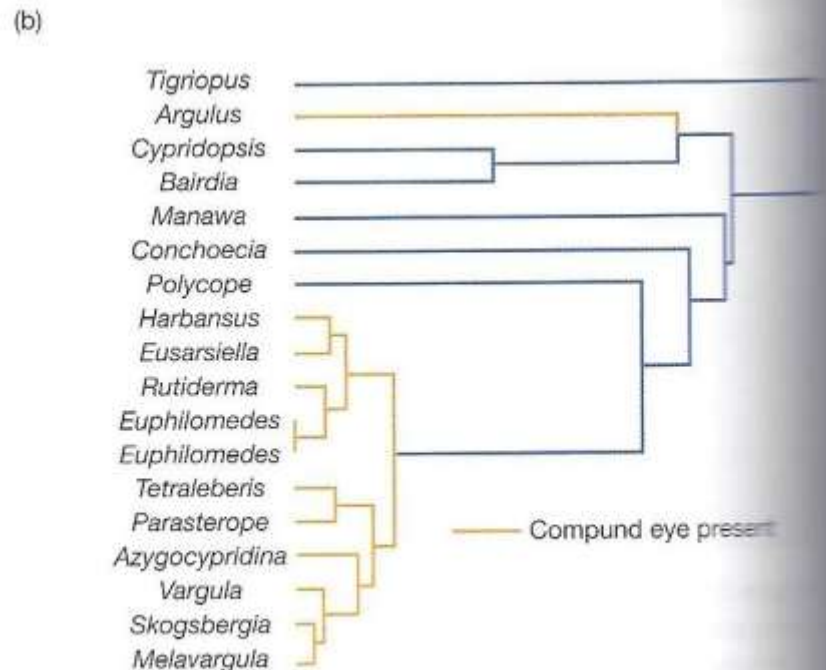
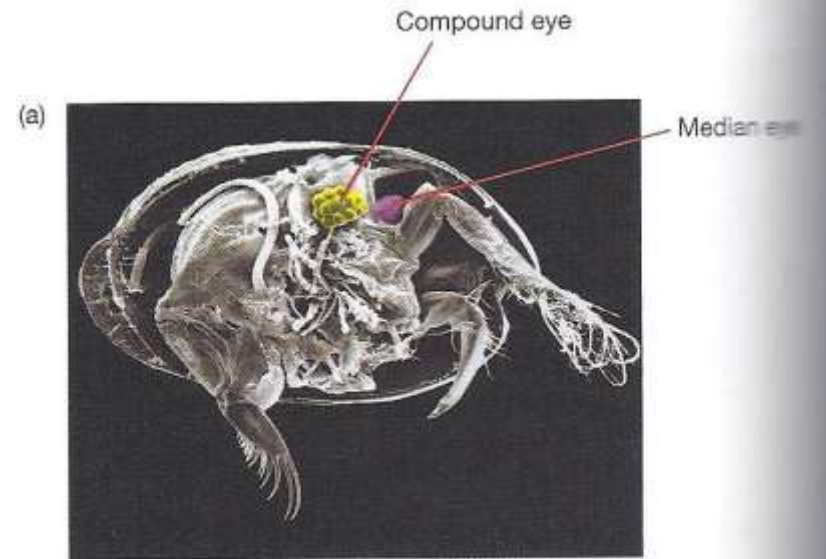
© 2000 Albert R. Meyer, Inc.

Homologické a analogické orgány

- Homologické orgány = stejný původ, různá funkce
- Analogické orgány = různý původ, stejná funkce

Ostracoda

- Je složené oko jedné skupiny Ostracod homologické nebo analogické složeným očím pozorovaným u jiných Arthropod?
- Freeman, S., Herron, J.C., (2004) *Evolutionary Analysis*. 3rd ed. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, NY. p. 570-571



- Protože se mnoho skupin, které nemají složené oči, oddělily před evolucí podskupiny, která má složené oko, Oakley a Cunningham vyvozují že se složené oči vyvinuly ve skupině nezávisle
- U ostracod, každá faceta složeného oka obsahuje šest fotoreceptorových buněk a dvě buňky čočky.
 - U jiných Arthropod každá faceta oka obsahuje osm receptorových buněk a čtyři buňky čočky.
- **Alternativní hypotéza: složené oči byly v evoluci korýšů mnohokrát ztraceny**
 - **komplexní rysy je složité získat ale snadé ztratit**

- Jistě by bylo předčasné vyvolávat antropický princip v evoluční biologii
- Je možné, že naše pojetí inteligence je příliš zoocentrické.

INTELIGENCE

- jakékoli obecné rysy organismu, které mají velkou adaptivní hodnotu (a jsou geneticky dostupné) by měly časem vzniknout, a inteligence pravděpodobně není výjimkou.

Další příklady

- japonské vrány si nechávají rozbíjet ořechy projíždějícími auty

Další příklady

- australští luňáci vybírají popelnice a takto získanou potravu užívají jako návnadu na lov raků
- japonští makaci si omývají v moři brambory a oddělují ve vodě zrní od písku
- sovy používají svůj trus jako návnadu na brouky, které pak loví

Další příklady

- sýkorky modřinky rozklovávají staniolová víčka na lahvích s mlékem
- zvyk vznikl v Anglii a rozšířil se přes La Manche i na kontinent
- ...až jej zastavila železná opona, neboť v socialistických zemích nebyl zvyk doručovat ráno lahve s mlékem ke dveřím domů



Další příklady

- některé volavky pouští ze zobáku do vody větvičky, čímž lákají ryby
- delfín v akvaparku viditelně napodobuje plavání želv a tučňáků či vypouští bubliny vzduchu, čímž zřejmě paroduje potápěče
 - z pohledu člověka by se jednalo o vtip

Šimpanzi používají nástroje

ARKive
IMAGES OF LIFE ON EARTH

For thousands of videos, images and
fact-files illustrating the world's species
visit www.arkive.org

ARKive

www.arkive.org

This media is protected by copyright, please see end of clip for details.
Use of this media is restricted, please see www.arkive.org/terms.html.

...dokonce i ptáci



- myslím, že moderní vědecká disciplína evoluční biologie je dnes v podobné situaci jako byla chemie před objevením Mendělejevovy periodické tabulky.
- Pokud by se v našem novém vesmíru znovu formovaly hvězdy, troufám si předpovědět, že by znovu vznikly neon a argon. Pokud by měl znovu vzniknout v našem vesmíru život, troufám si předpovědět, že by znovu vznikla mnohobuněčnost.
- McGhee, G., Convergent Evolution. A Periodic Table of Life? in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

Závěr

- pokud budou podmínky života na neznámých planetách podobné...
- ...je *možné*, že budou mimozemšťané vypadat velmi povědomě

Literatura

Epigenetická problematika:

- Gilbert, S.F., Epel, D., (2009) *Ecological Developmental Biology*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. USA
- popularizační formou pak např.
Carey, N., (2011) *The Epigenetics Revolution*. Icon Books. London.

Celá přednáška se opírala o dva prameny:

- Morris, S.C., (2004) *Life's solution: Inevitably Humans in a Lonely Univers*. Cambridge University press. Cambridge, UK.
- Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

Částečně i:

- Garland, T., Rose, M.R. (2009) *Experimental Evolution. Concepts, Methods, and Application of Selection Experiments*. University of California Press. Berkeley and LA. California