

EVOLUČNÍ BIOLOGIE

Miloš Macholán

Laboratoř evoluční genetiky savců
Ústav živočišné fyziologie a genetiky AV ČR
Veverí 97, 602 00 Brno
e-mail: macholan@iach.cz
tel.: 532290138

Literatura

Skripta:

Flegr, J. (1994): Mechanismy mikroevoluce.

Učebnice:

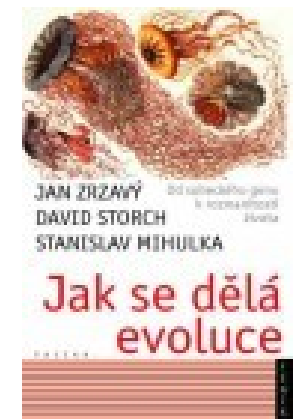
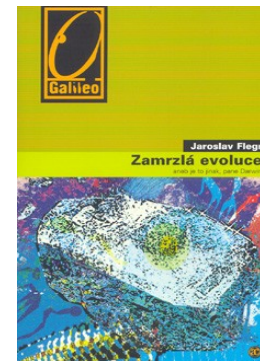
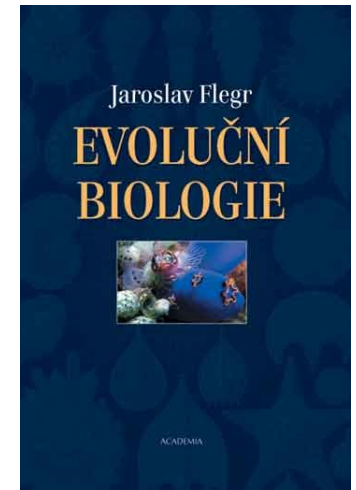
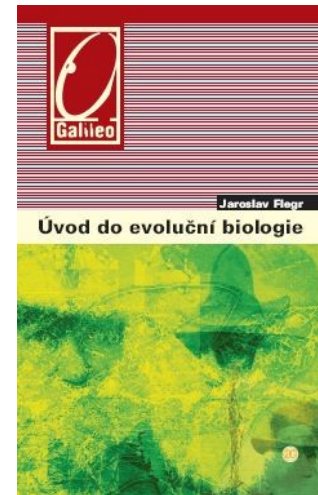
Flegr, J. (2005): Evoluční biologie.

Flegr, J. (2007): Úvod do evoluční biologie.

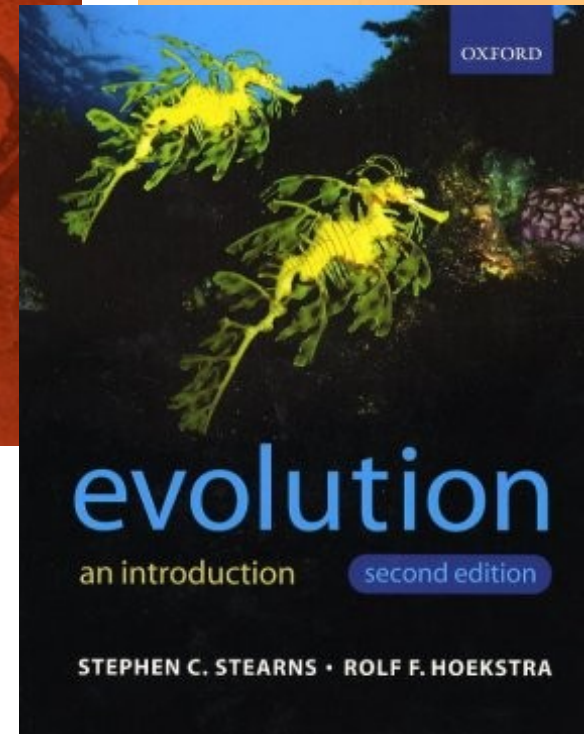
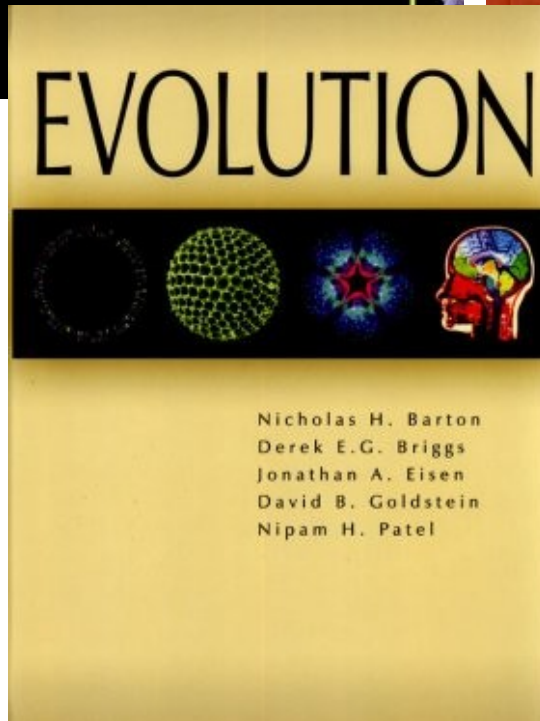
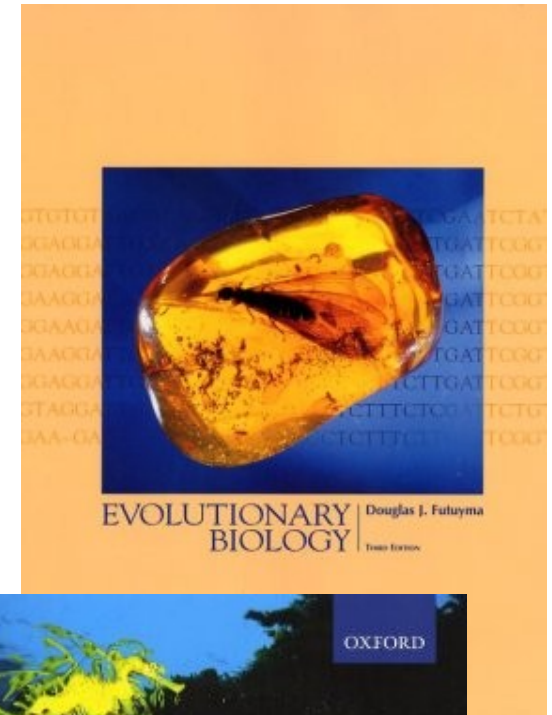
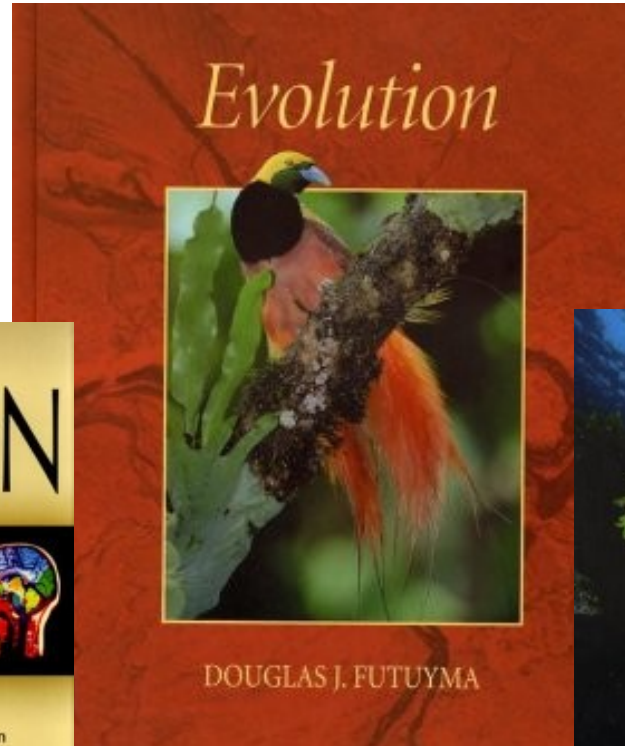
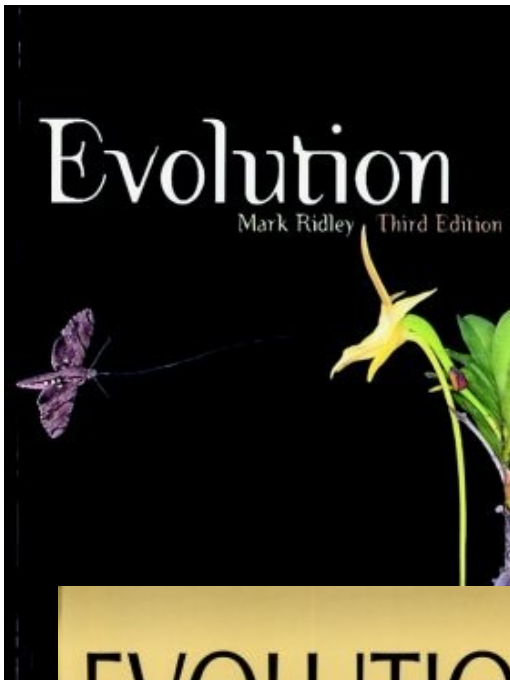
Knihy:

Zrzavý, J., Storch, D., Mihulka, S. (2004): Jak se dělá evoluce.

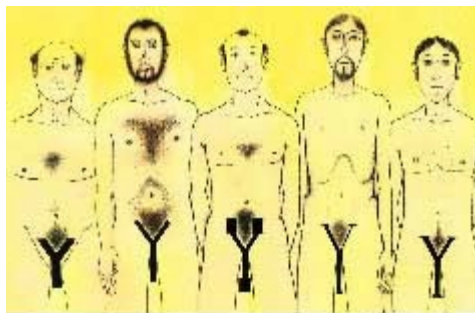
Flegr, J. (2006): Zamrzlá evoluce.



Literatura



Literatura



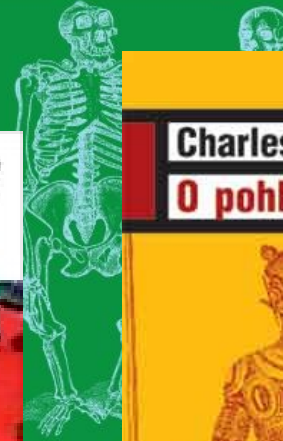
Charles Darwin
O původu člověka

STEVE JONES
Y: Původ mužů

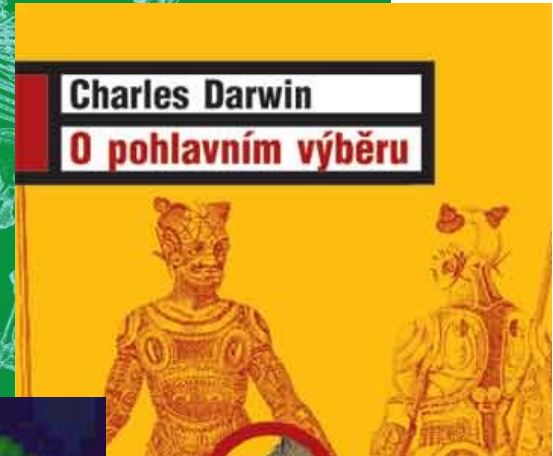
PASEKA



Charles Darwin
O vzniku druhů
přírodním výběrem



Charles Darwin
O pohlavním výběru



CARL ZIMMER
Pohled do světa nejnebezpečnějších tvorů planety
Vládce parazit

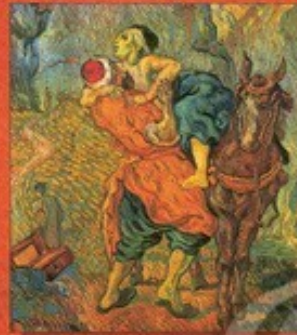
PASEKA

FÉNIX

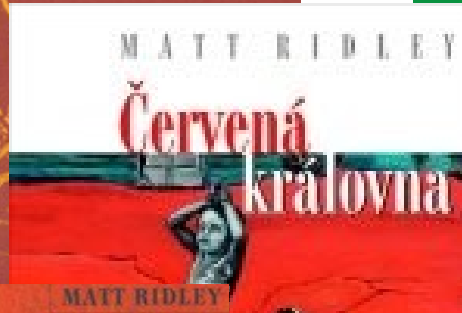
portál

Původ ctnosti

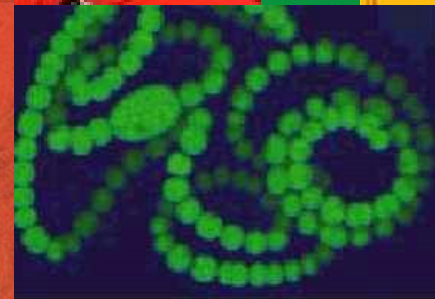
O evolučních základech a zákonitostech nesebeckého jednání člověka



EDICE SPEKTRUM

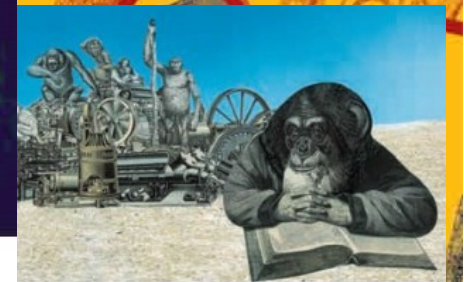


MATT RIDLEY



RICHARD DAWKINS
Zázrak života očima evoluční biologie
Slepý hodinář

PASEKA



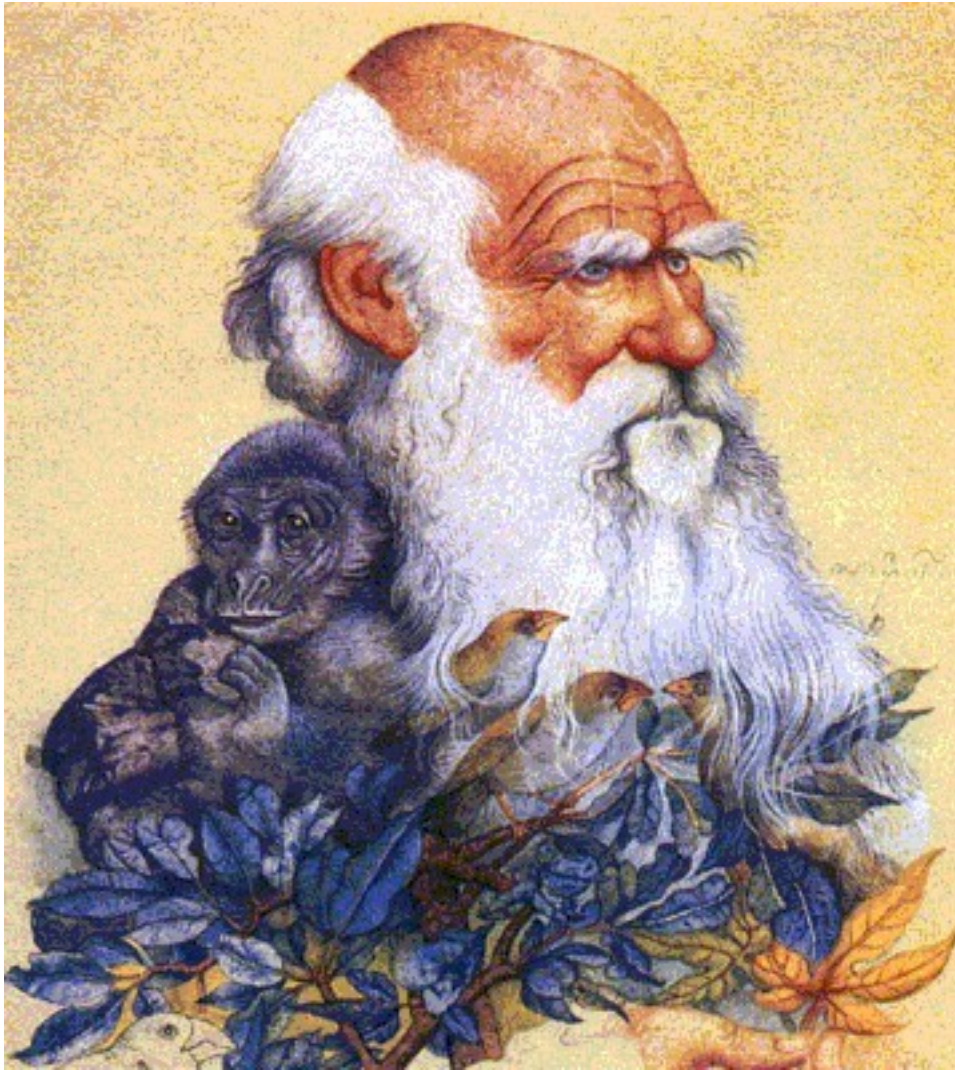
JARED DIAMOND
Vzestup a pád lidského rodu
Třetí šimpanz

PASEKA

FÉNIX

FÉNIX

EVOLUCE A EVOLUČNÍ BIOLOGIE



EVOLUCE (evolvere, evolutio) = rozvinout, rozvinutí

Albrecht von Haller (1774):

- vývoj individuálního embrya
- v podstatě ontogenetický vývoj podle předem daného programu (preformismus)



v širším měřítku = **změna**
(politika, ekonomie, technologie, vědecké teorie atd.)

BIOLOGICKÁ EVOLUCE = geneticky podmíněná a dědičná změna vlastností organismů mezi generacemi
stavba, funkce a organizace organismů nebo jejich částí
chování a vzájemné vztahy

KULTURNÍ EVOLUCE

EVOLUČNÍ BIOLOGIE

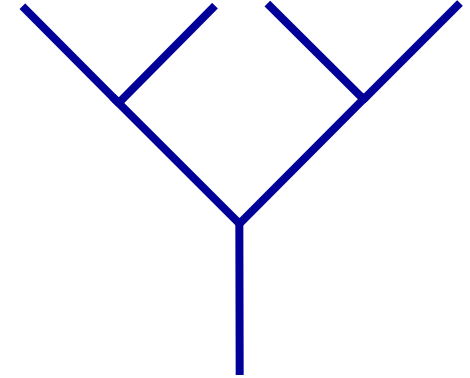
= vědní obor zkoumající obecné zákonitosti
biologické evoluce

vlastnosti a **mechanismy** procesu evoluce

“Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.”
(T. Dobzhansky)

VLASTNOSTI BIOLOGICKÉ EVOLUCE

- živé systémy (reprodukce, proměnlivost, dědičnost)
- termodynamická otevřenost, disipativnost
- systémy s pamětí - kumulace změn
- neomezená dědičnost
- adaptace, účelné uspořádání
- kladogeneze

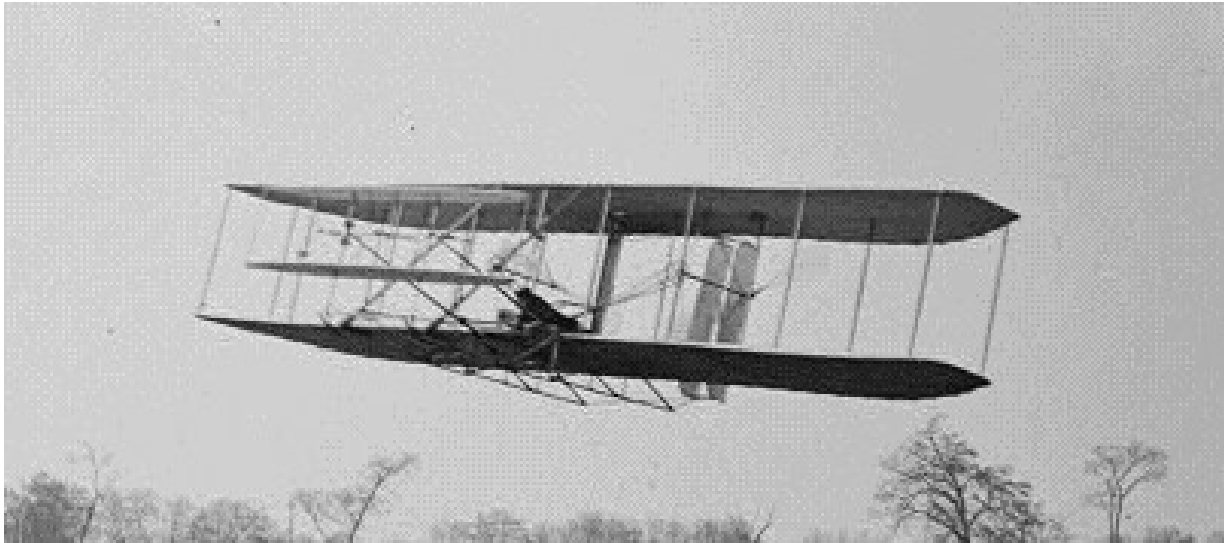


teleologie: vše se děje za určitým účelem (účelnost \neq účelovost)

finalismus: směřování k předem danému cíli -

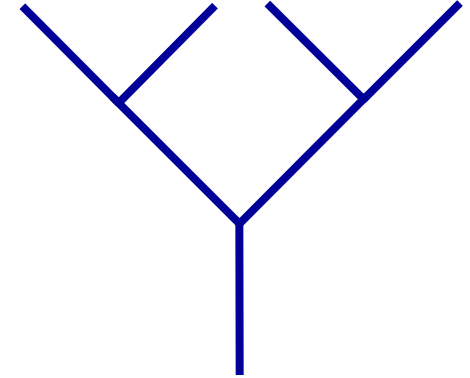
Teilhard de Chardin: „bod omega“

- je náhodná (procesy a mechanismy deterministické a stochastické)
- je oportunistická - nenachází globální optima



VLASTNOSTI BIOLOGICKÉ EVOLUCE

- živé systémy (reprodukce, proměnlivost, dědičnost)
- termodynamická otevřenost, disipativnost
- systémy s pamětí - kumulace změn
- neomezená dědičnost
- adaptace, účelné uspořádání
- kladogeneze



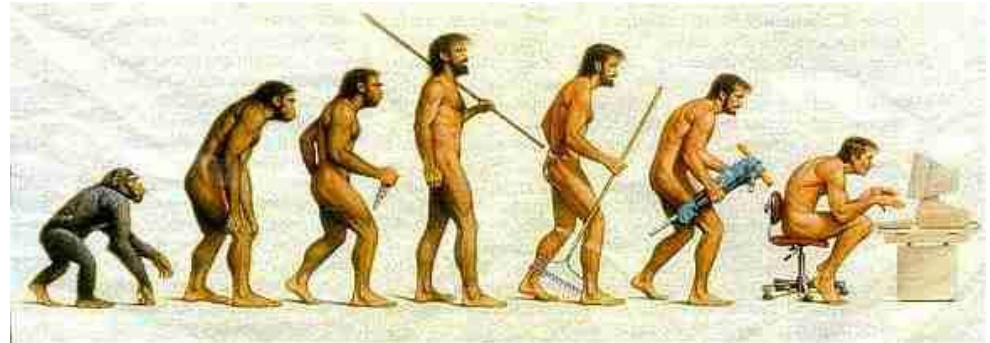
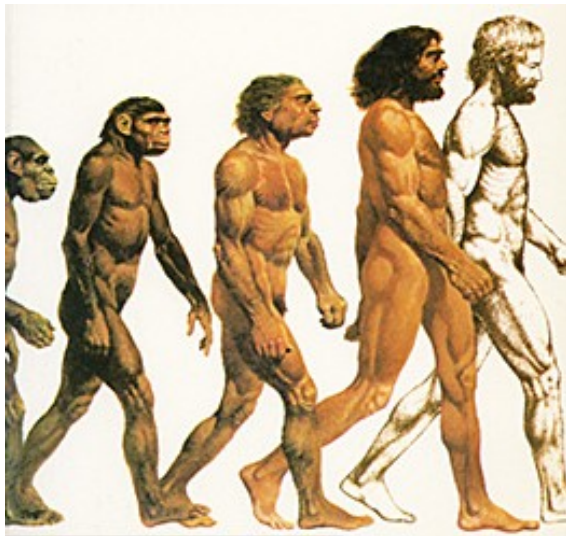
teleologie: vše se děje za určitým účelem (účelnost \neq účelovost)

finalismus: směřování k předem danému cíli -

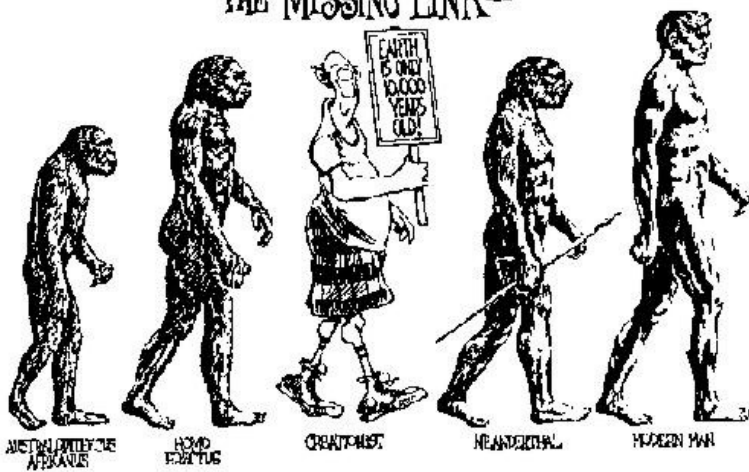
Teilhard de Chardin: „bod omega“

- je náhodná (procesy a mechanismy deterministické a stochastické)
- je oportunistická - nenachází globální optima
- nemá záměr ani cíl (ani přežití druhů!)
- je nemorální (tj. ani morální ani amorální)
- není progresivní

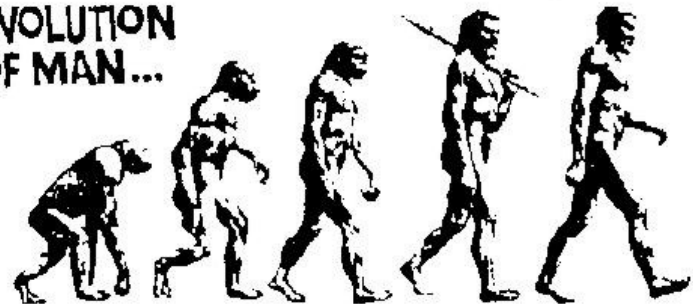
Je evoluce progresivní?



NOBEL SCIENTISTS DISCOVER
THE MISSING LINK--



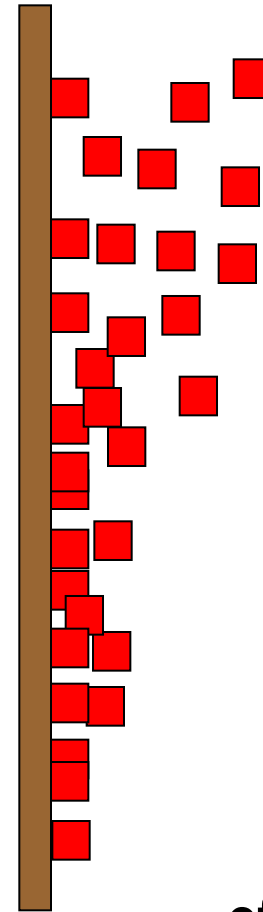
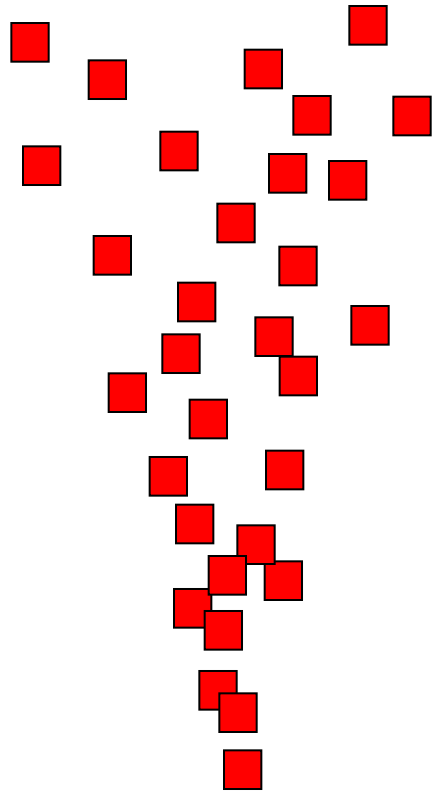
EVOLUTION
OF MAN...



and woman.



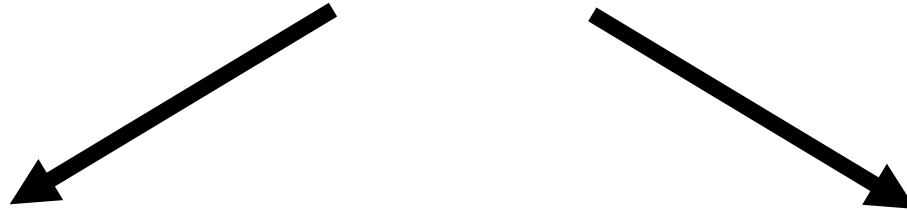
Je evoluce progresivní?



„efekt zdi“

STRUKTURA EVOLUČNÍ BIOLOGIE

2 základní otázky:



Jaká je historie života?

- systematika
- paleontologie

Jaké jsou mechanismy?

- populační a evoluční genetika
- ev. ekologie
- ev. vývojová biologie (evo-devo)
- behaviorální ekologie
- sociobiologie, ev. psychologie
- ev. fyziologie
- ev. morfologie

HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

Za počátek evoluční biologie považován rok 1859 (Darwinův *Původ druhů*), nicméně:

- evoluční myšlenky mnohem starší
- teprve po 2. světové válce evoluční biologie jako skutečná vědní disciplína



Jan Svatopluk Presl
(1791–1849)

„Ještě nižádný spytatel neviděl, že by z jednodušších ústrojí, jako jsou nálevníci, vyšší, u příkladu červ a z toho hmyz byl vynikl. Nicméně musíme přijmouti, že takové proměňování se dělo a ještě děje. (...) Toho zponenáhleho přetvořování důkaz jsou ostatky životů v lůně zemním pochované. (...) Příroda tvořící od nejjednodušších začla, pořád po stupních dokonalosti se vznášela a ještě teď se béře“.

[*Wšeobecný rostlinopis*, 1846]

HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

Za počátek evoluční biologie považován rok 1859 (Darwinův *Původ druhů*), nicméně:

- evoluční myšlenky mnohem starší
- teprve po 2. světové válce evoluční biologie jako skutečná vědní disciplína

Historii evolučního myšlení lze rozdělit na následující etapy:

- **před Darwinem**
- **Darwinova/Wallaceova teorie**
- **evoluční teorie na přelomu 19. a 20. století**
- **Moderní syntéza a současný vývoj**

HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

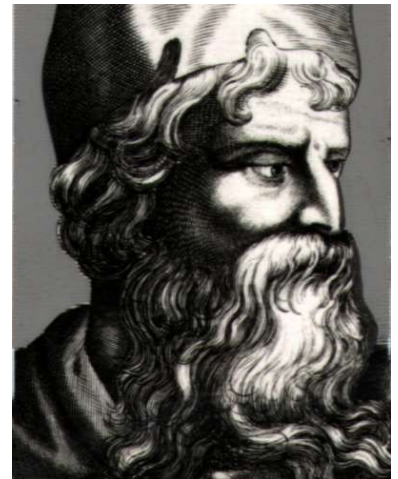
1. Před Darwinem

A) antika a středověk:



Anaximandros z Milétu (6. stol. př.n.l.)

- lidé a živočichové se vyvinuli z ryb



Empedoklés (5. stol. př.n.l.)

- náhodné kombinace různých částí těla

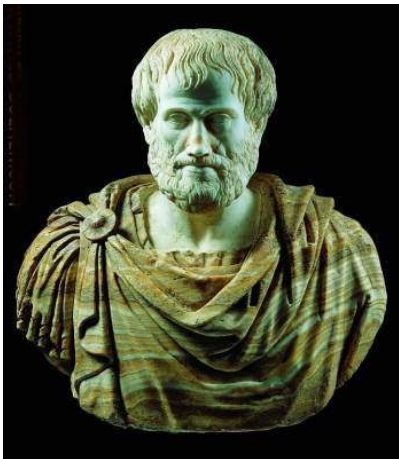
HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

1. Před Darwinem

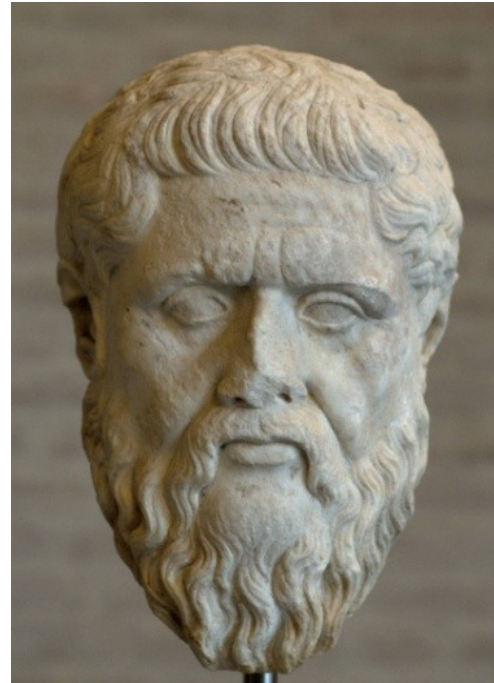
A) antika a středověk:

křesťanská filozofie:

- Platónův svět idejí a Bůh
- *Scala Naturae*



Aristoteles
(384 př.n.l.–322 př.n.l.)

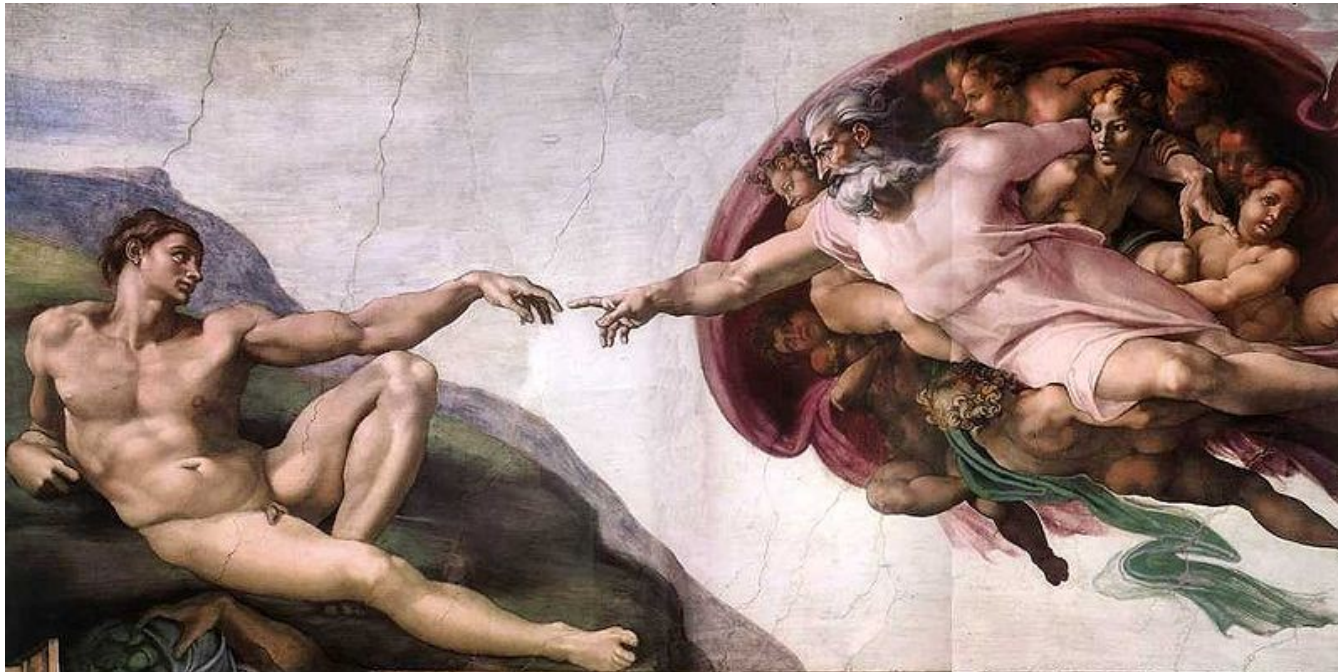


Platón
(427 př.n.l.–347 př.n.l.)



James Ussher – *Annalium pars posterior* (1654):
stvoření světa za soumraku předcházejícímu
23. října 4004 před Kristem (~ 6000 let)

- názor vycházející z doslovného znění Bible = **kreacionismus**



HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

B) konec 17. stol. po Velkou francouzskou revoluci:

FRANCIE

Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788):

- od 1749 *Histoire Naturelle*
- stáří Země = 75 000 let
- 1766: příbuzné druhy ze společného předka, modifikace klimatickými faktory

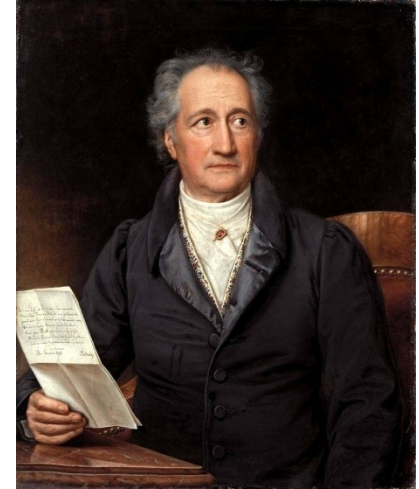


HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

B) konec 17. stol. po Velkou francouzskou revoluci:

NĚMECKO

Immanuel Kant, Lorenz Oken (*Naturphilosophen*),
J. W. Goethe



ANGLIE

Erasmus Darwin (1731-1806)

- 1794: *Zoönomia*
- „*E conchis omnia*“
(„všechno z měkkýšů“)



HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

C) 19. století:

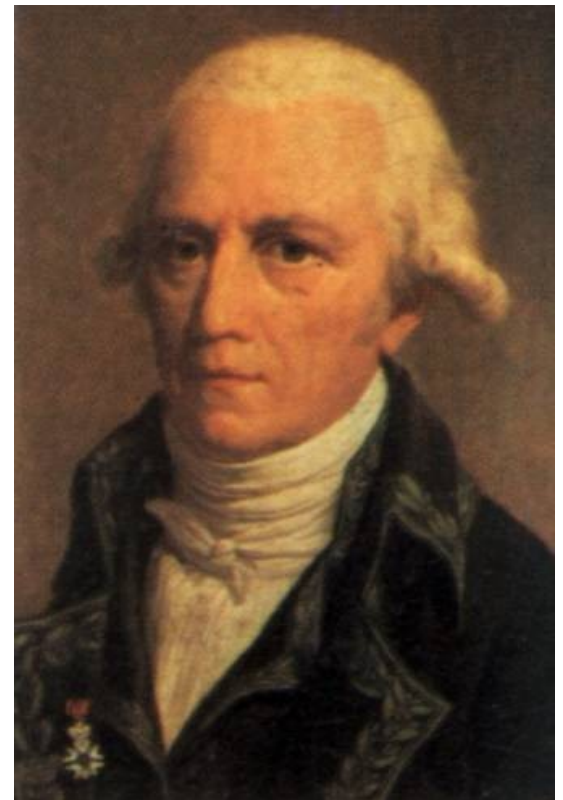
Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de LAMARCK (1744–1829)

1809: *Philosophie zoologique*

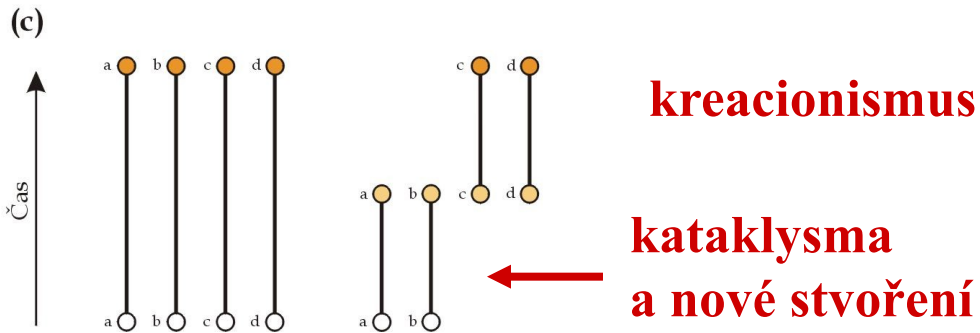
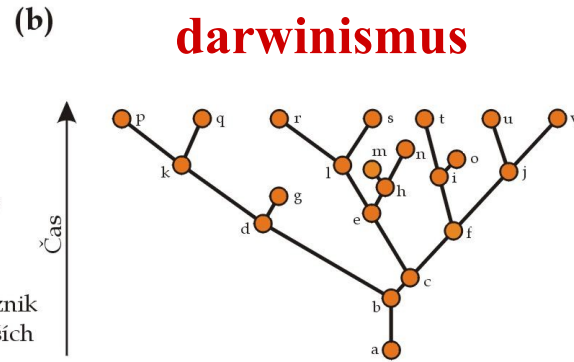
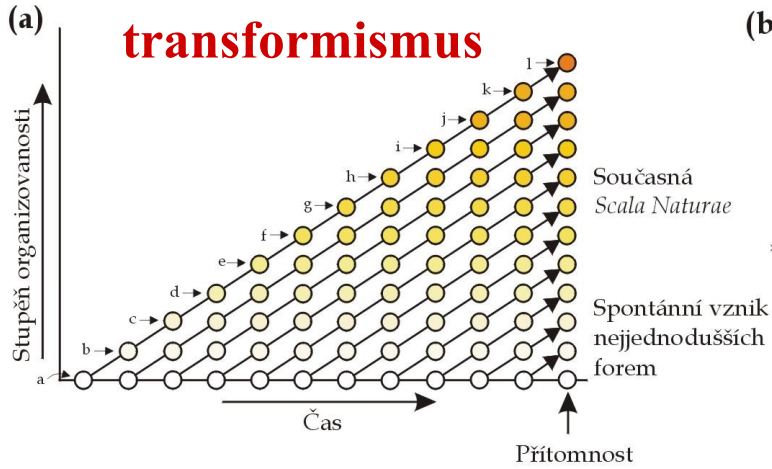
1. vrozená vnitřní tendence ke změně
2. dědičnost získaných vlastností

- změna druhů k vyšší organizovanosti (transformismus)
- neustálý spontánní vznik jednoduchých organismů
- počet druhů neměnný

LAMARCKISMUS



kritika Lamarckovy teorie → Georges Cuvier (1769-1832)



Étienne Geoffroy Saint-Hillaire (1772–1844)



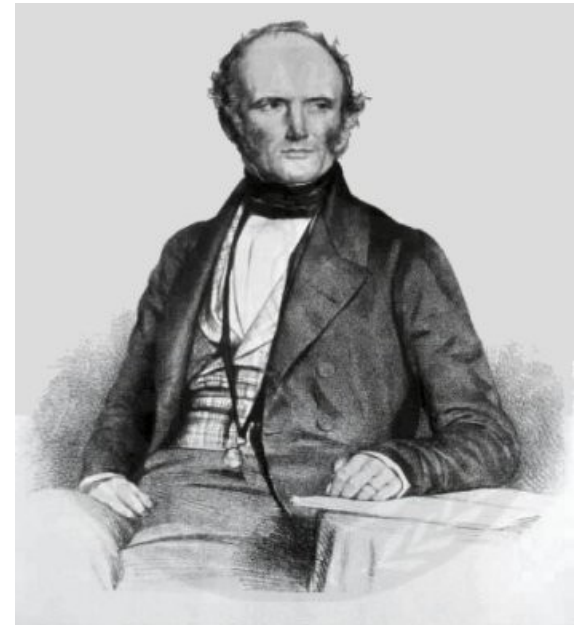
W. Palley



- přírodní teologie: **William Paley** (1743–1805)
- paleontologie: **Richard Owen**
- geologie: **Charles Lyell** (1797–1875): *Základy geologie*
- uniformitarismus = aktualismus (James Hutton)



J. Hutton

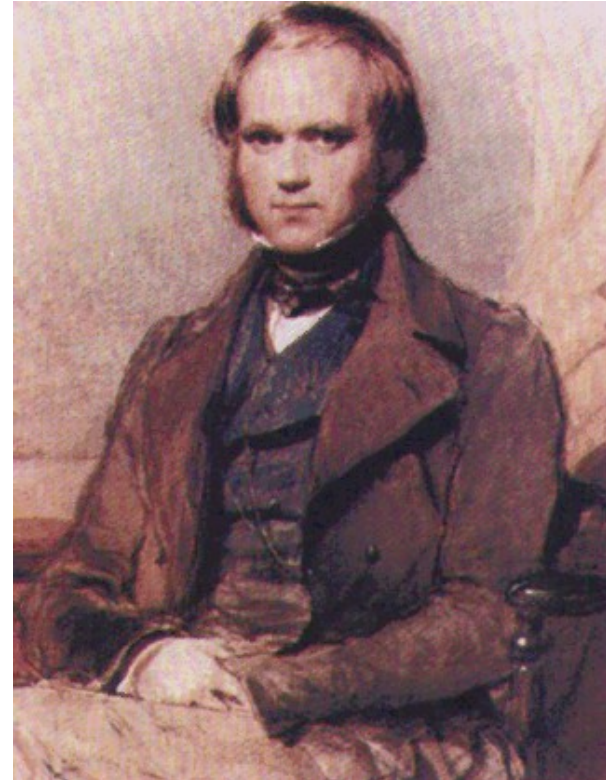
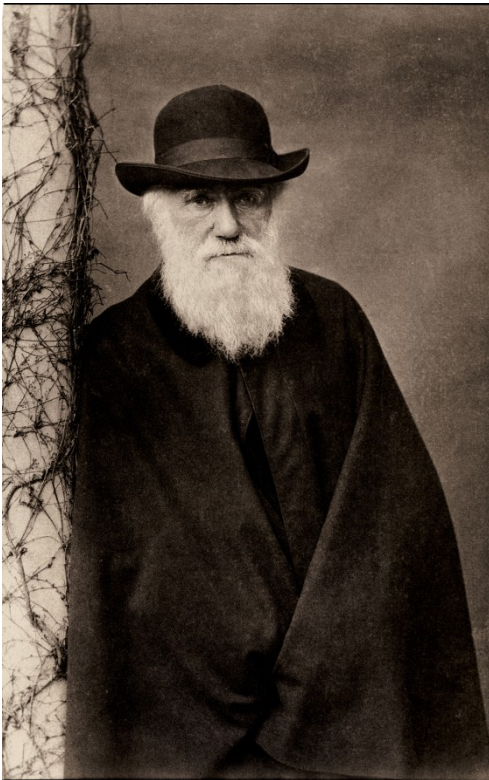


C. Lyell

HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

2. Darwinova/Wallaceova teorie

Charles Robert DARWIN (1809–1882)



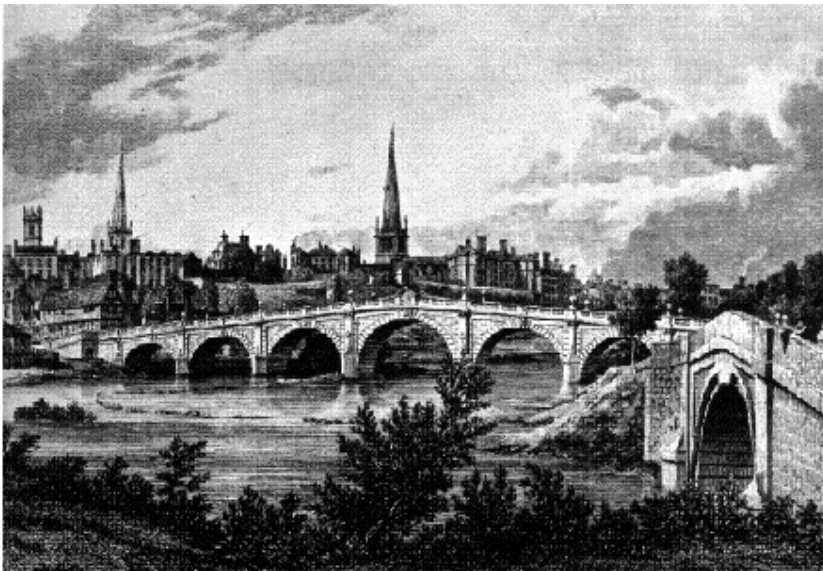
* 12. února 1809 Shrewsbury



Erasmus Darwin



Josiah Wedgwood I.



Robert Darwin



Established 1759

- říjen 1825: University of Edinburgh



- leden 1828: Christ's College, University of Cambridge





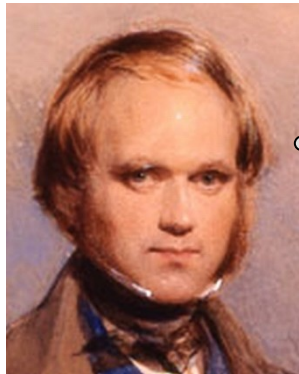
British Collection
of all the British Beetles
taken out and left in the
open air, collected by
the late J. B. Curtis.
See Report, 1848, p. 10



Adam Sedgwick
(1785–1873)



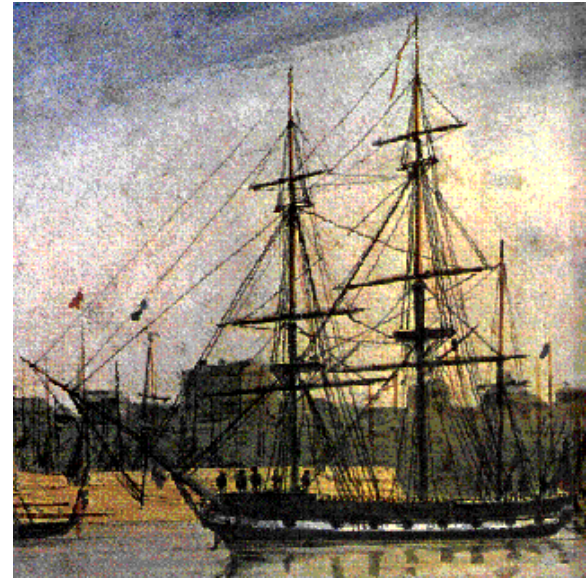
John Stevens Henslow
(1796–1861)



Budu
cestovatelem!



Robert FitzRoy
(1805–1865)



HMS Beagle
Plymouth 27.12.1831



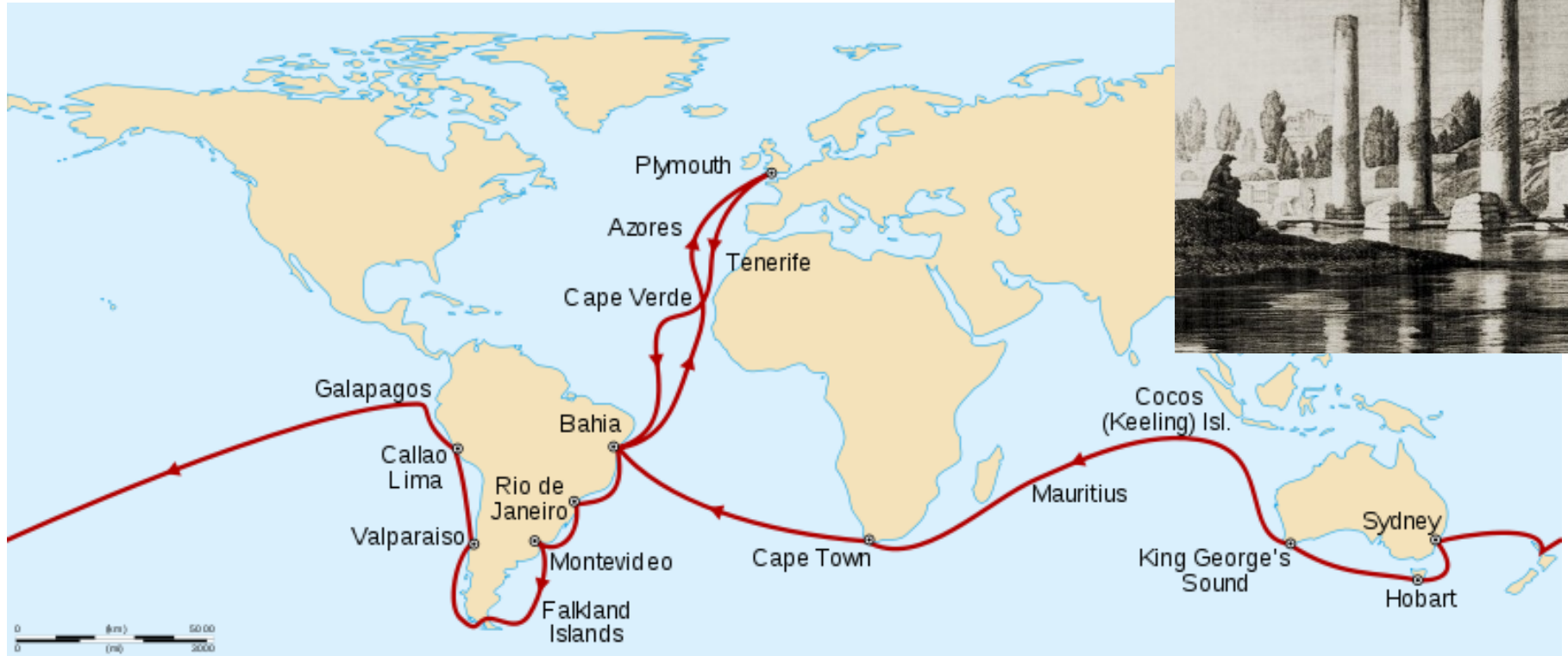
“Ani v nejmenším nepochybujte a neobávejte se, že nejste kvalifikován, buďte si jist, že jste ten správný člověk.“



HMS Beagle (1831–1836)



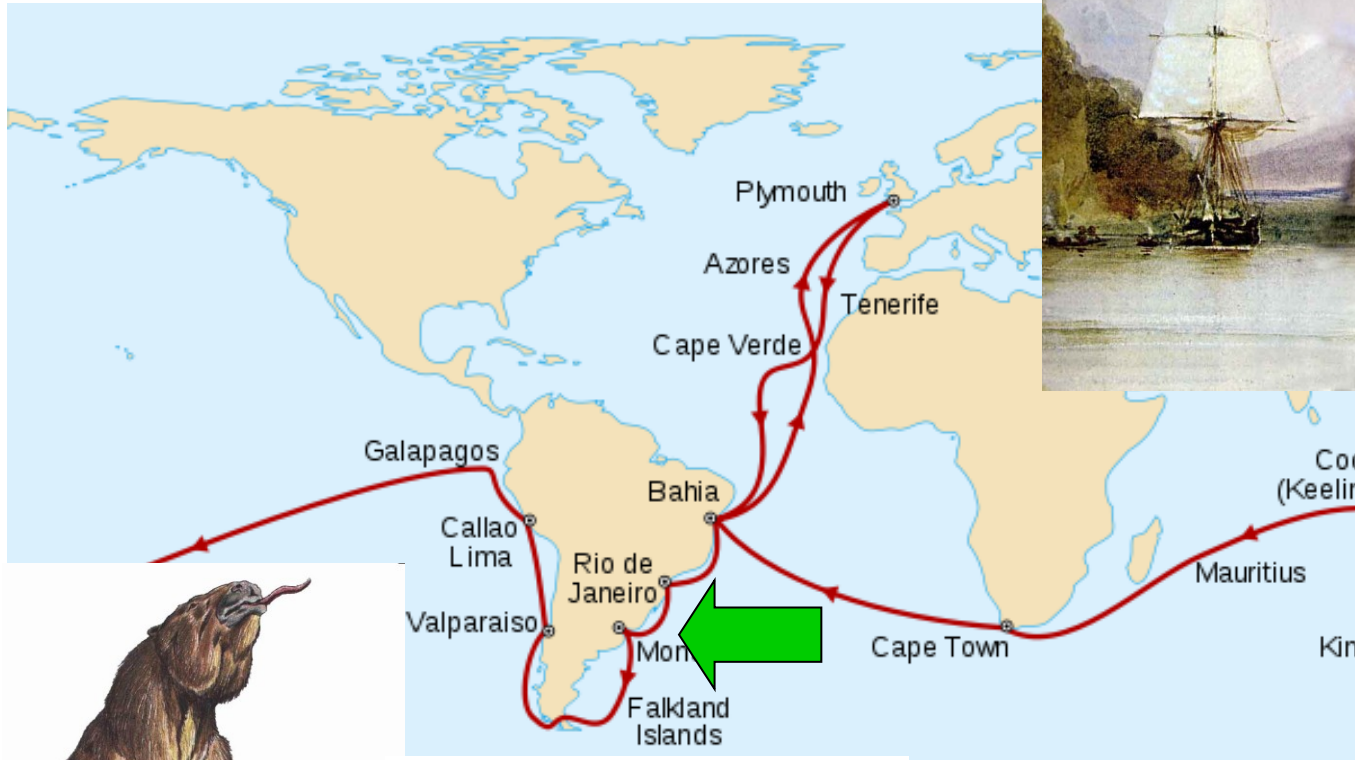
HMS Beagle (1831–1836)



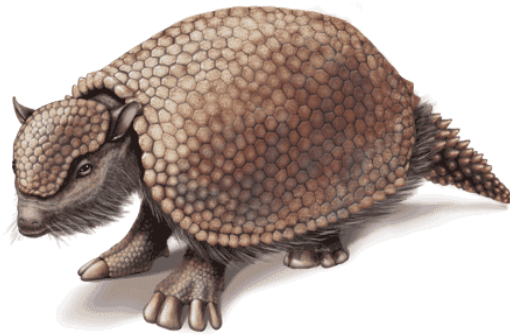
Charles Lyell

- *Principles of geology* (1830–1833)

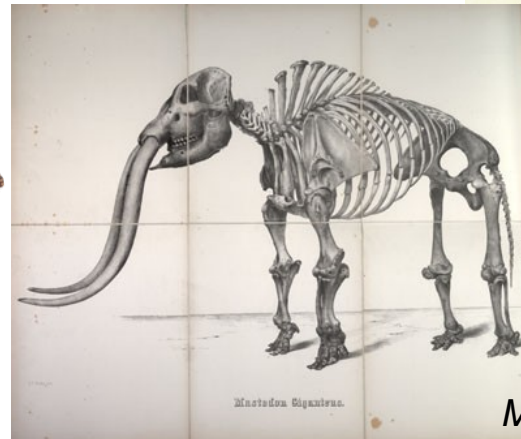
HMS Beagle (1831–1836)



Megatherium



Glyptodon

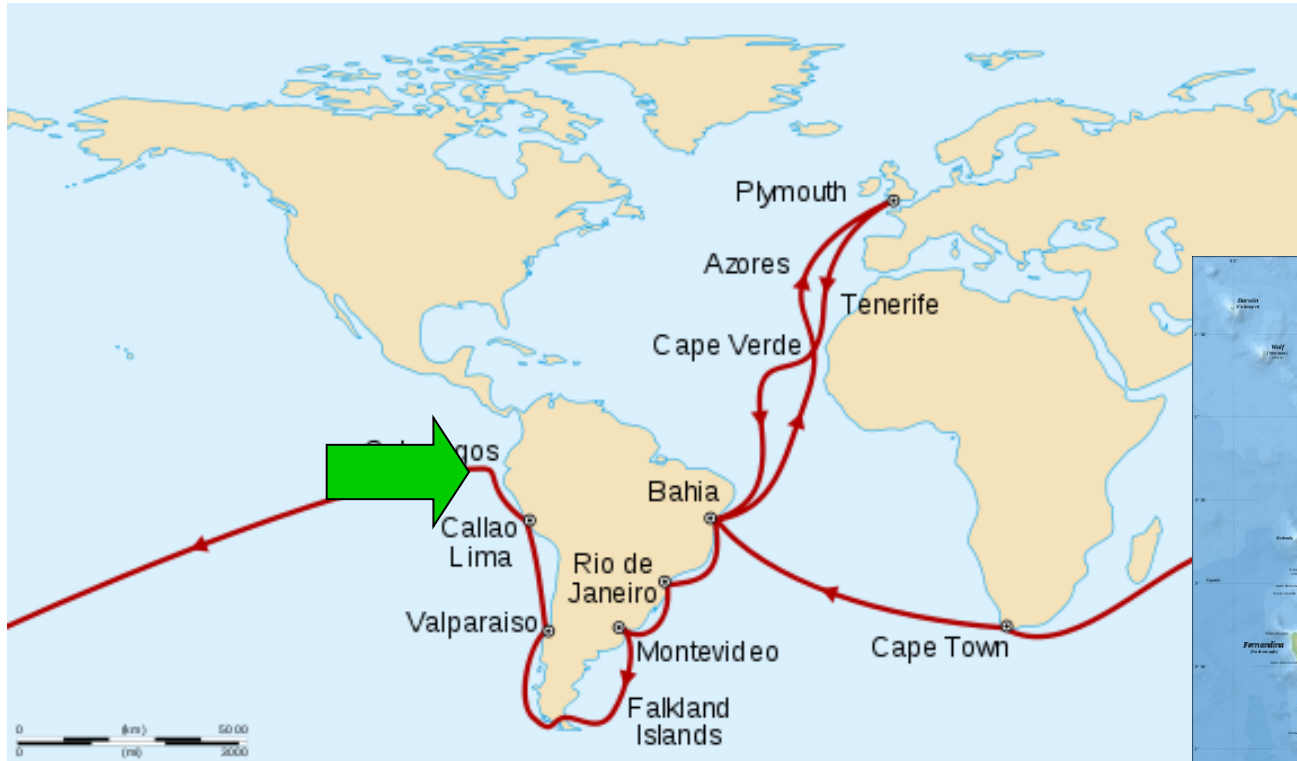


Mastodon



„Rhea Darwinii“

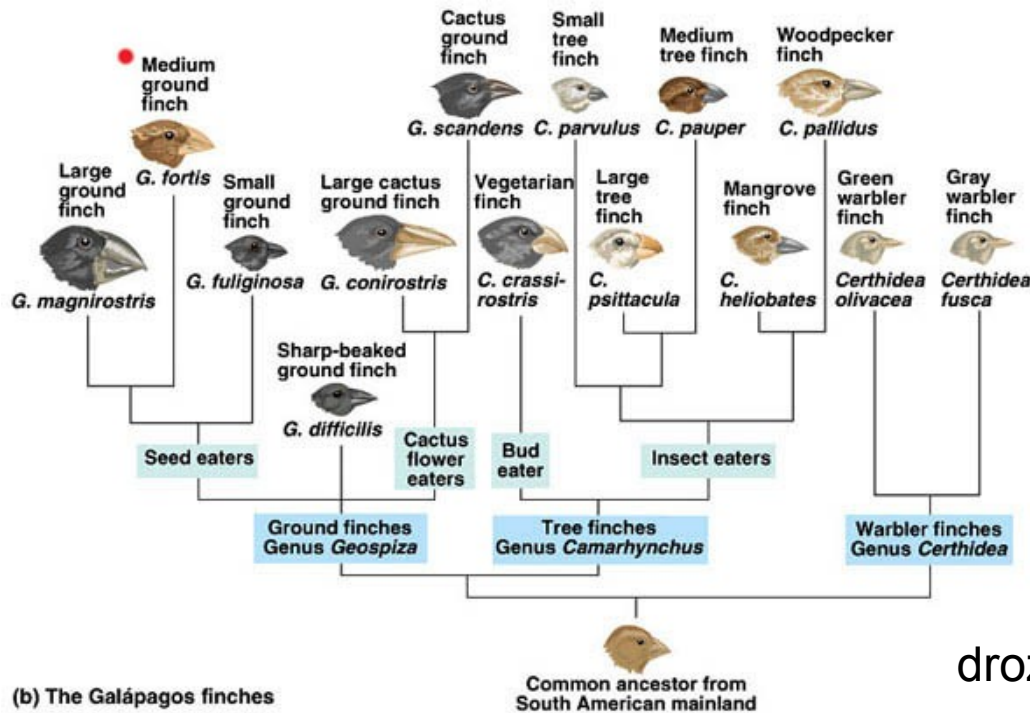
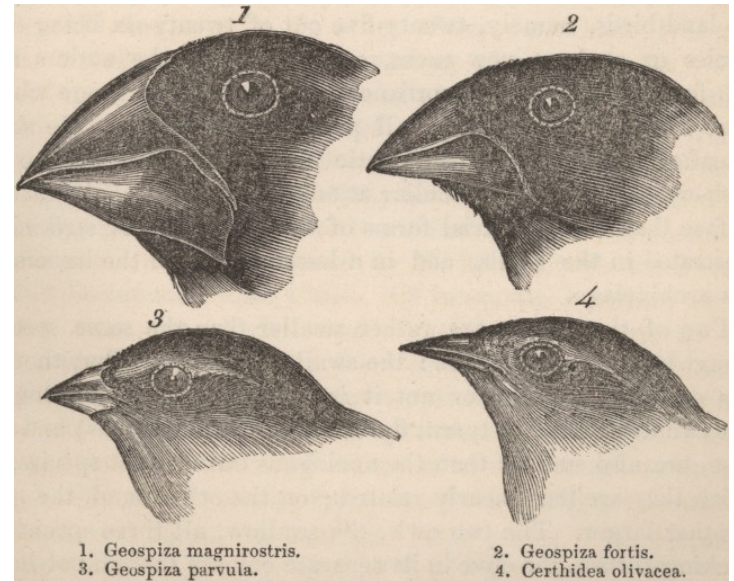
HMS Beagle (1831–1836)





John Gould

„Darwinovy pěnkavy“
(tangary)



(b) The Galápagos finches

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

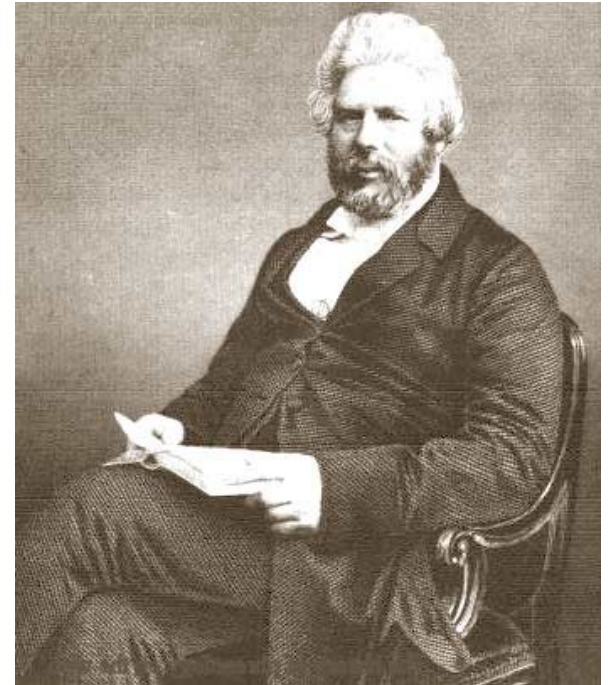


drozdi („mockingbirds“)

- 1844: *Vestiges of the natural history of Creation*
(*Stopy přírodní historie Stvoření*)

„Jde o odpornou a nečistou věc, jejíž dotek špiní a ze které dýchá zkáza!“

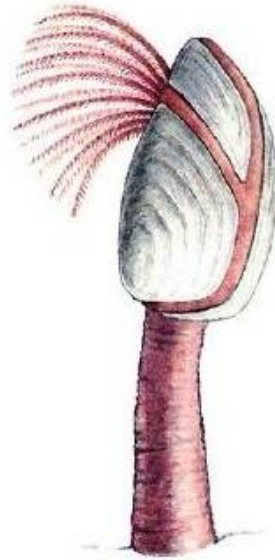
Robert Chambers
(1802–1871)



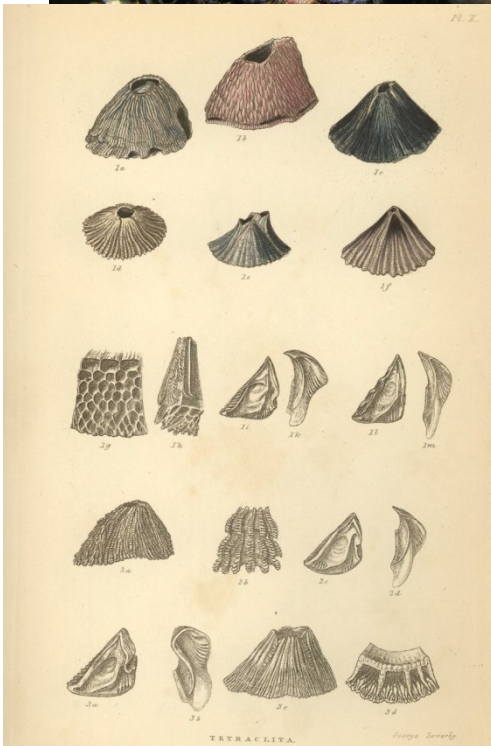
„Jsem si téměř jist (zcela v rozporu se svým dřívějším názorem), že druhy
(**je to jako přiznat se k vraždě**) nejsou neměnné“.
[1844, Darwinův dopis J. Hookerovi]



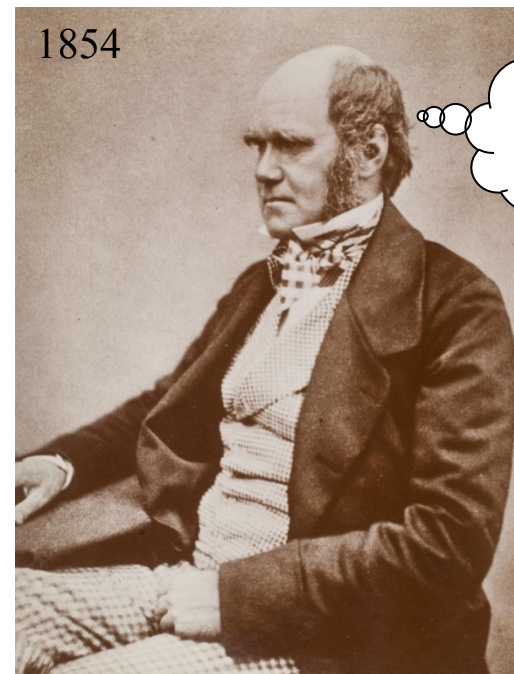
1846 ...



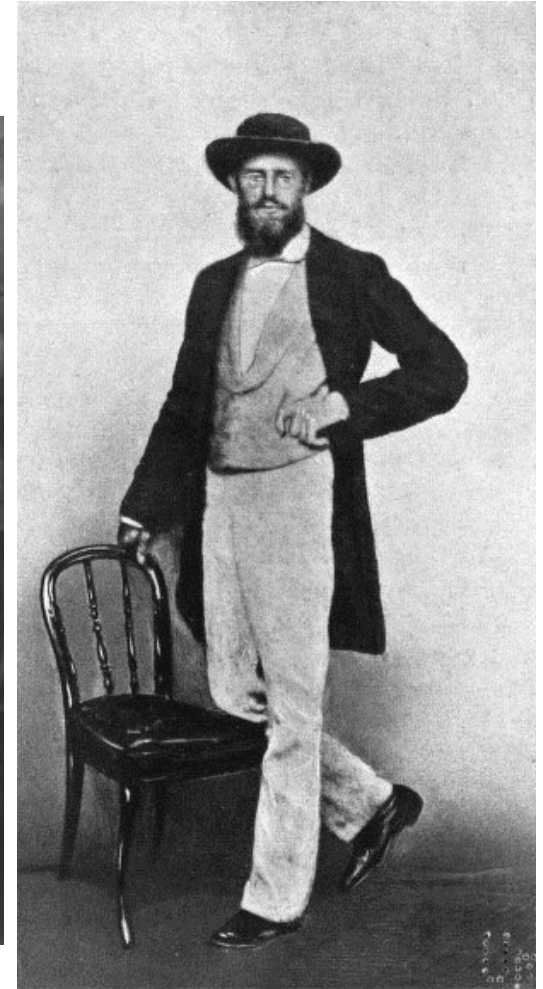
„barnacles“
(svijonožci, vilejši)

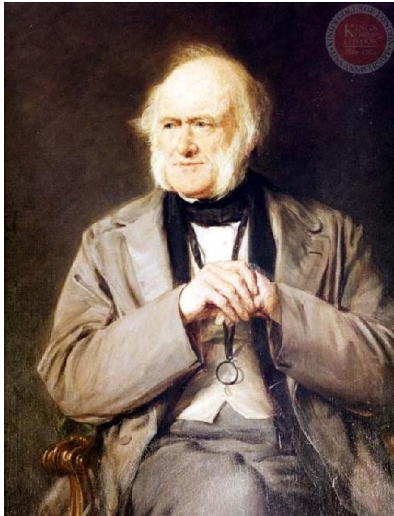


- 1854: 2 knihy o žijících druzích a 2 knihy o vymřelých svijonožcích
- 1856: Darwin začíná pracovat na knize o přírodním výběru, která má mít rozsah 1000 stran ...
- 5. srpna 1857: nástin teorie A. Grayovi
- 1858: dopis od A.R. Wallaceho *On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type* (O sklonu variet nekonečně se odchylovat od původního typu)



Alfred Russel Wallace
(1823–1913)

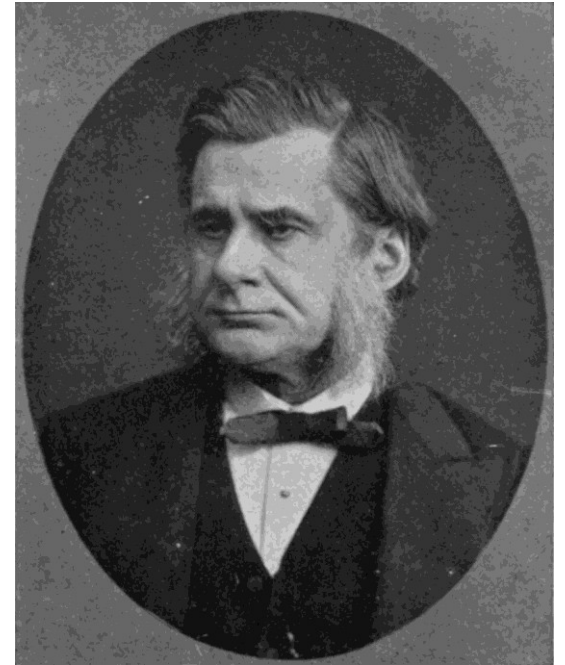




Charles Lyell
(1797–1875)



Joseph Dalton Hooker
(1814–1879)

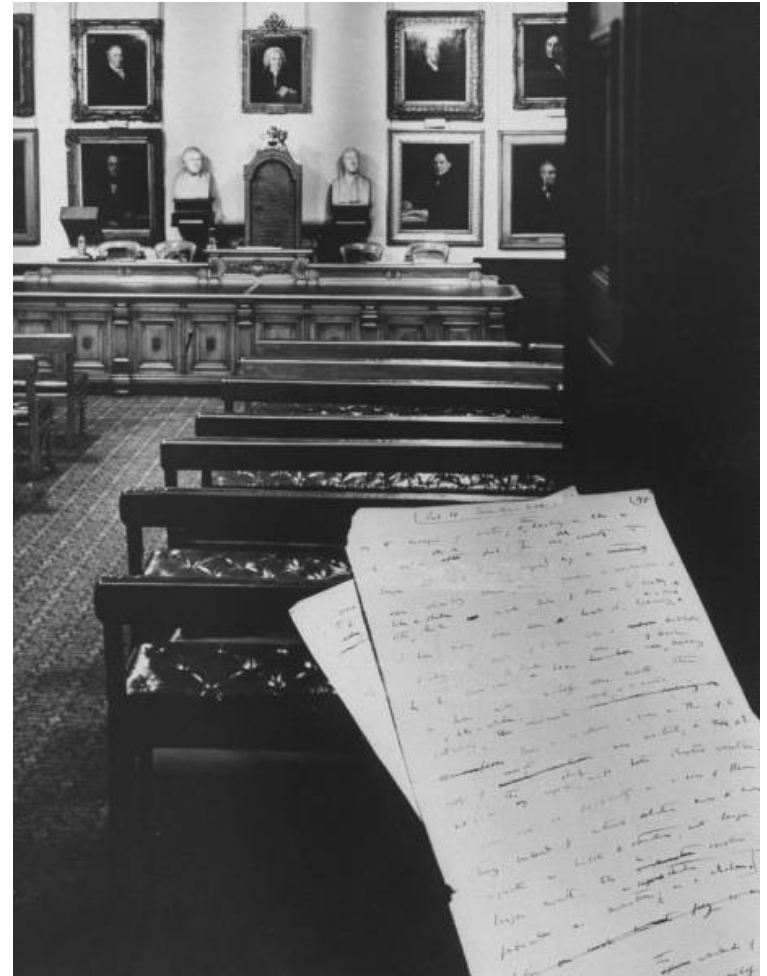


Thomas Henry Huxley
(1825–1895)



Asa Gray (1810–1888)

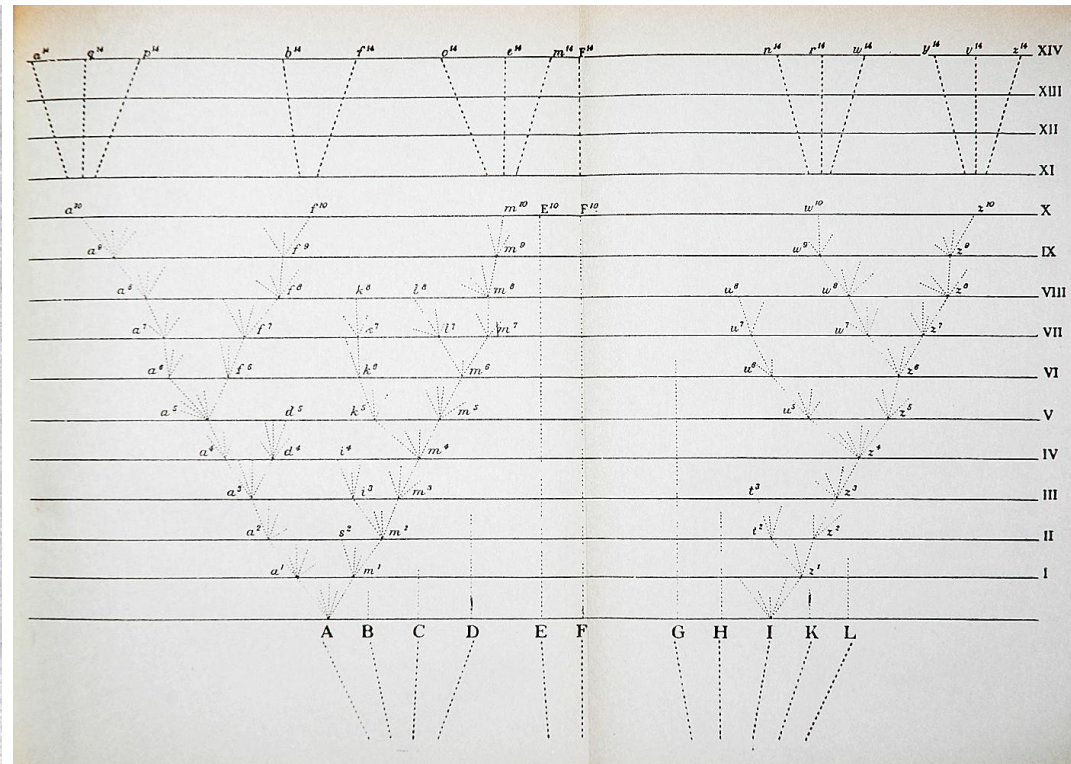
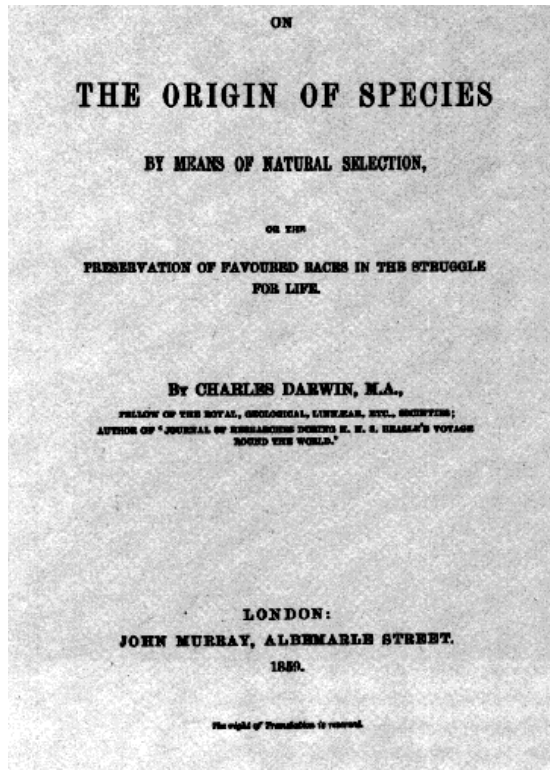
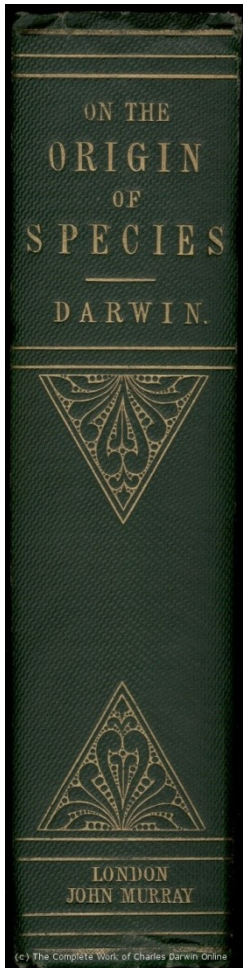
- 1. července 1858: Linnean Society of London (Thomas Bell, John J. Bennett)
- *On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by means of natural selection*
(*O sklonu druhů vytvářet variety; a o zachovávání variet a druhů přírodním výběrem*)



• 24. listopadu 1859

On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life

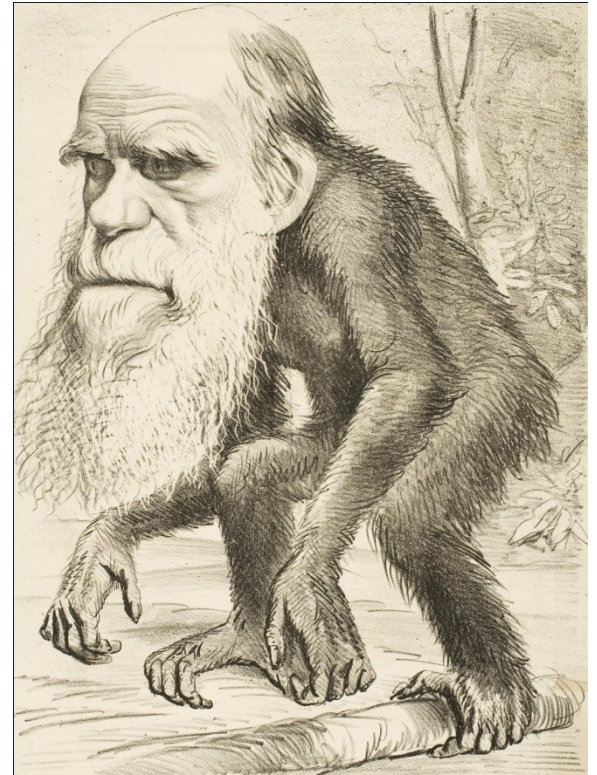
(O vzniku druhů přírodním výběrem, neboli uchováním prospěšných plemen v boji o život)



„Jak neobyčejně hloupé,
že to člověka nenapadlo!“



T. H. Huxley



MR. BERGH TO THE RESCUE.

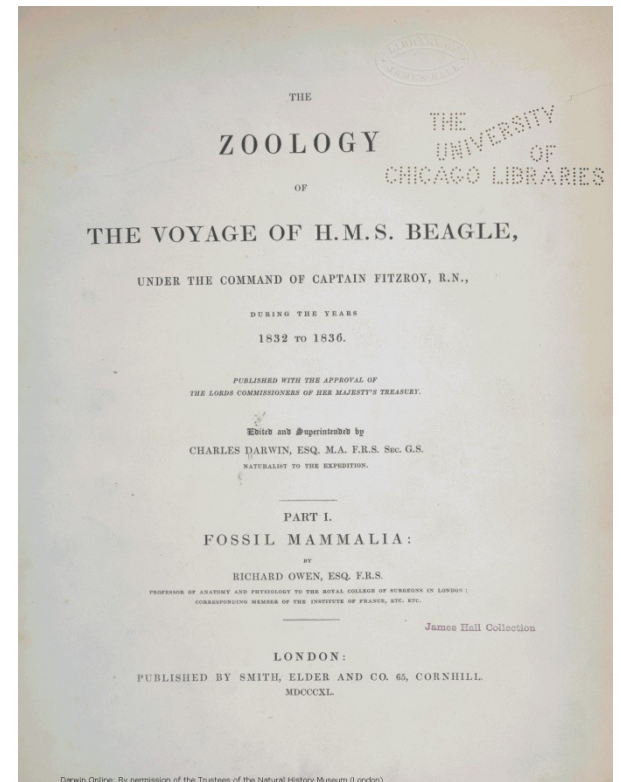
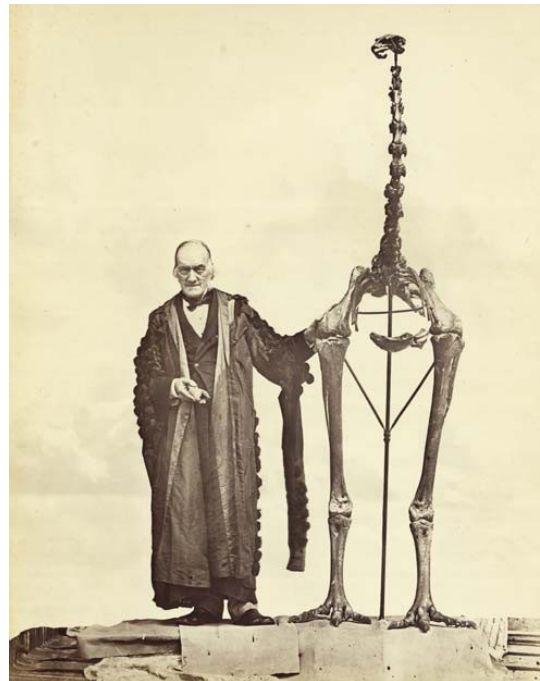
THE DEFRAUDED GORILLA. "That *Man* wants to claim my Pedigree. He says he is one of my Descendants."

MR. BERGH. "Now, MR. DARWIN, how could you insult him so?"

MEANWHILE...
JESUS AND DARWIN
WERE FIGHTING AGAIN.



Richard Owen (1804–1892)

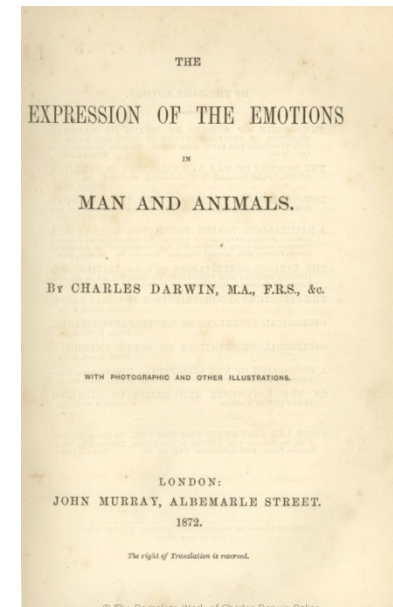
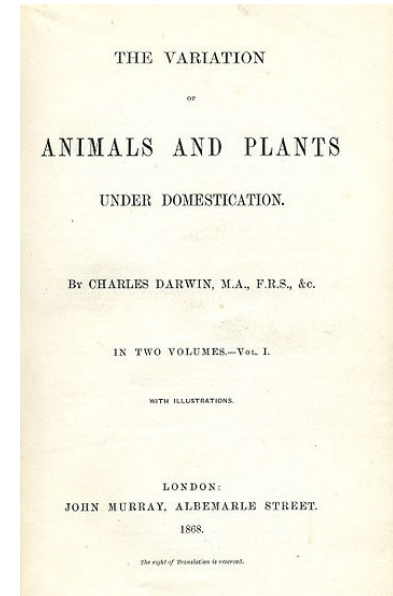
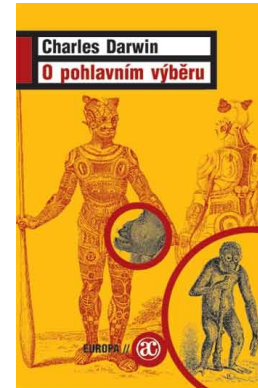
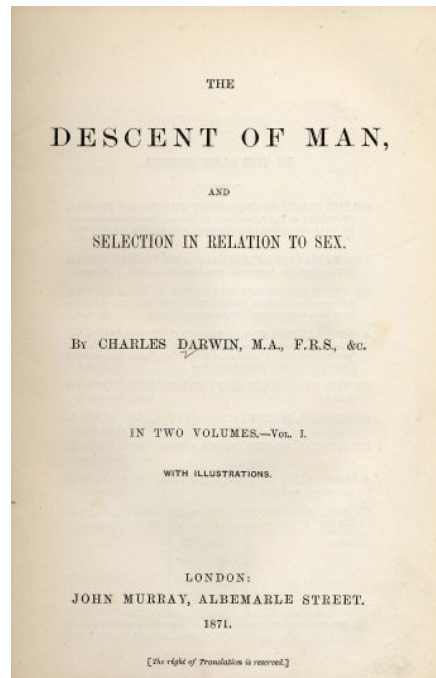
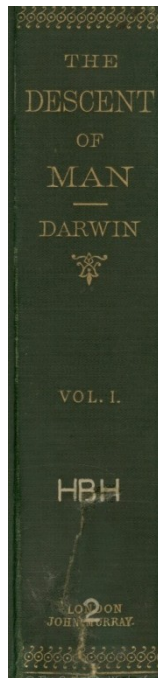
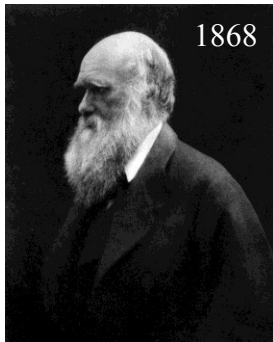


Darwin Online: By permission of the Trustees of the Natural History Museum (London)

Samuel Wilberforce
(1805–1873)

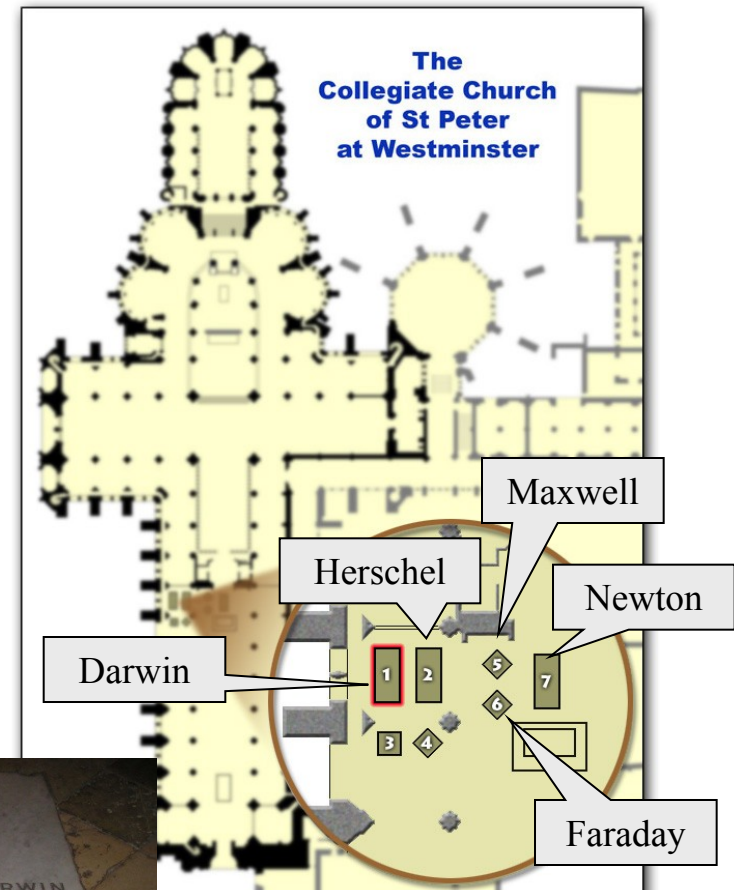
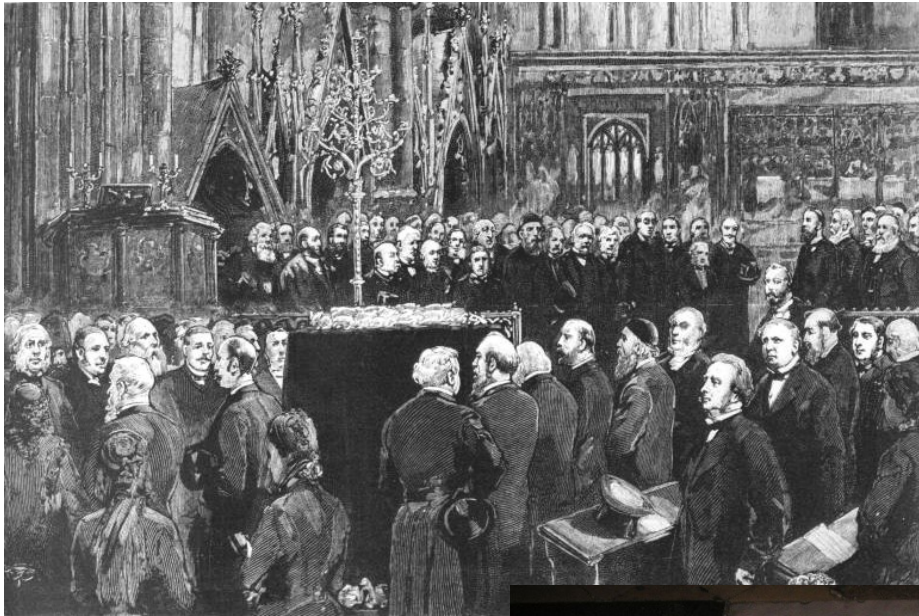


- 1868: *The variation of animals and plants under domestication* (*Proměnlivost rostlin a živočichů při domestikaci*)
- 1871: *The descent of man, and selection in relation to sex* (*Původ člověka a pohlavní výběr*)



- 1872: *The expression of the emotions in man and animals* (*Vyjádření emocí u člověka a zvířat*)

+ 19. dubna 1882, Down House



FUNERAL OF MR. DARWIN.
WESTMINSTER ABBEY,
Wednesday, April 26th, 1882.
AT 12 O'CLOCK PRECISELY.
Admit the Bearer at Eleven o'clock to the
SOUTH TRANSEPT.
(Entrance by Door at Poet's Corner.)
G. G. BRADLEY, D.D.
Dean.
N.B.—No Person will be admitted except in mourning.

HERSCHEL
HERSCHEL
ERE FAMA
UNICUS
LORATIS
WTONUM
CIT
NERATIO
RABUNT
5.
OS
MAH

CHARLES ROBERT DARWIN
BORN 12 FEBRUARY 1809
DIED 19 APRIL 1882

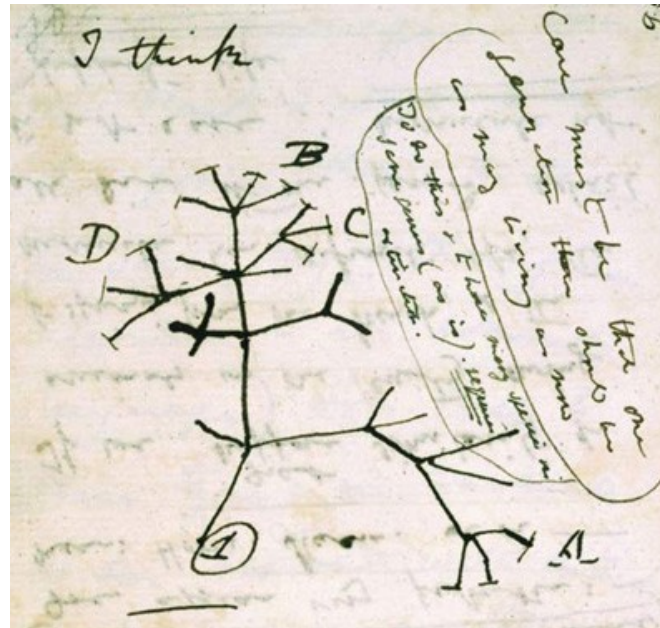


Darwinova teorie = DARWINISMUS:

1. Původ všech druhů ze společného předka
ne nadpřirozenou bytostí
ne samoplození
divergence akumulací drobných změn



2. Teorie přírodního výběru

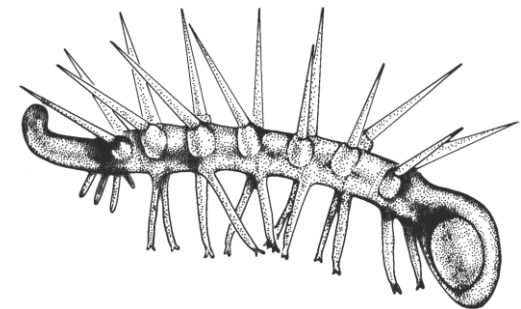
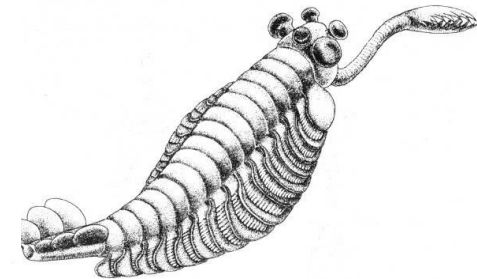
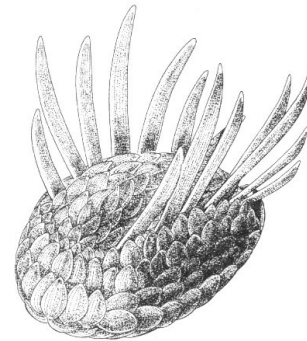


HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

3. Evoluční biologie na přelomu 19. a 20. století

Problémy Darwinovy teorie:

- čas: William Thomson, lord Kelvin stáří Země max. 200 mil. let
- kambrické zkameněliny



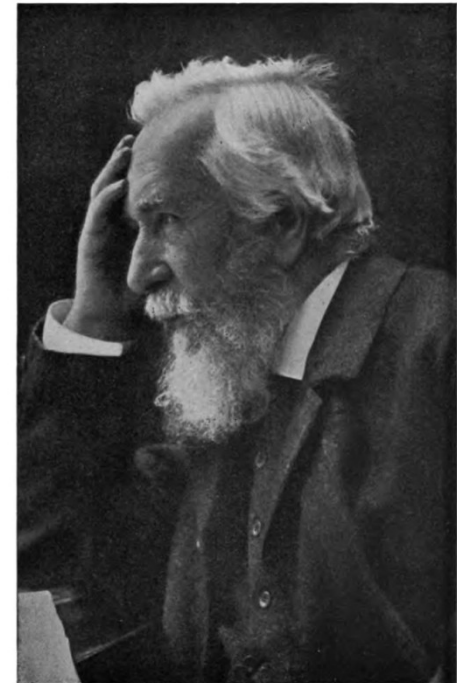
HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

3. Evoluční biologie na přelomu 19. a 20. století

Problémy Darwinovy teorie:

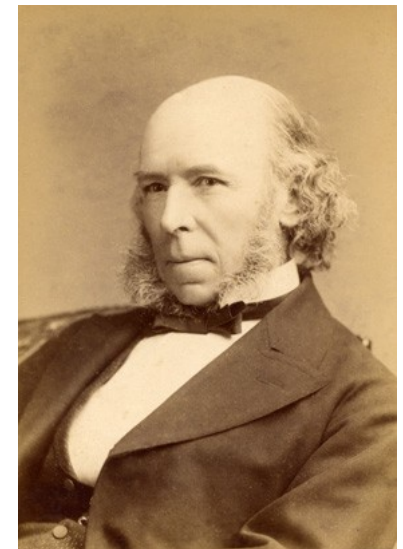
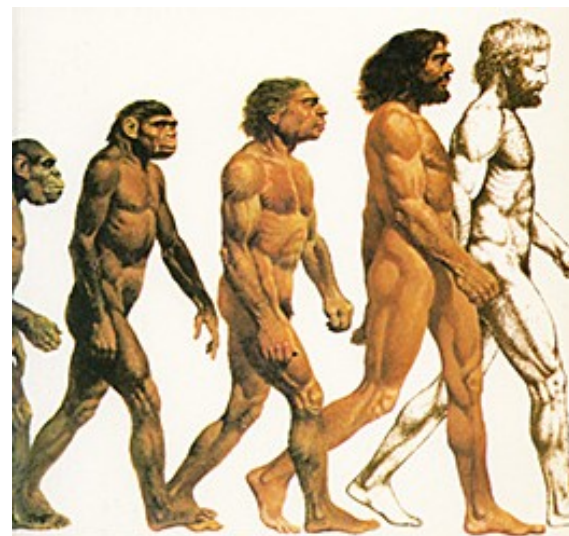
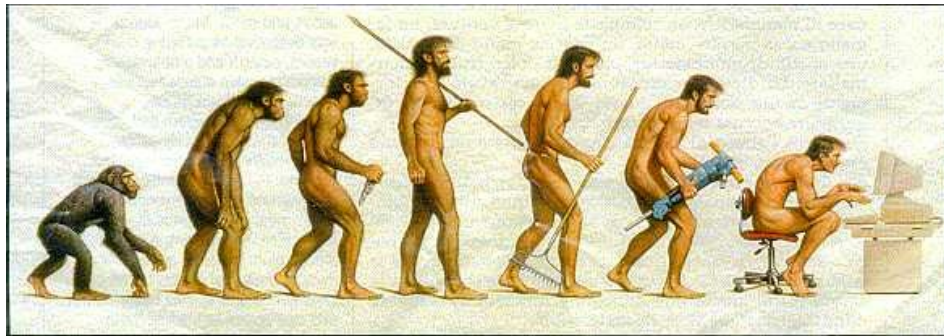
- čas: William Thomson, lord Kelvin
stáří Země max. 200 mil. let
- kambrické zkameněliny
- vznik složitých orgánů
- neznalost teorie dědičnosti:
směsná dědičnost (x 1867 Fleeming Jenkins)
pangeneze (gemmuly)

- Ernst Haeckel (1834–1919):
zákon rekapitulace

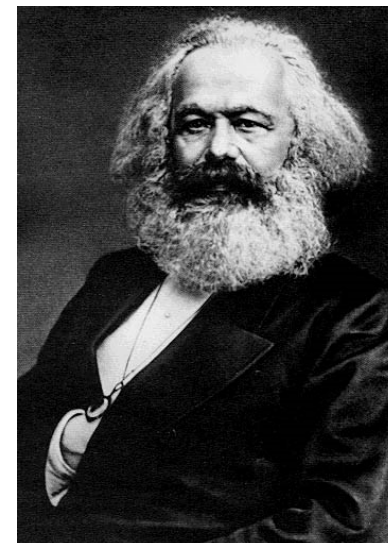


Ernst Haeckel

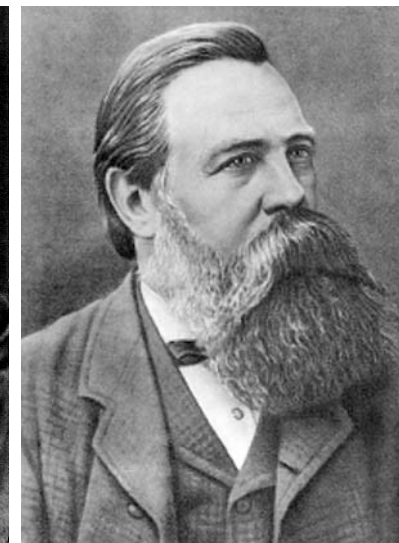
- **Herbert Spencer** (1820–1903)
sociální darwinismus
- marxismus
- evoluce jako progresivní vývoj



H. Spencer



K. Marx



F. Engels

HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

3. Evoluční biologie na přelomu 19. a 20. století

Alternativní teorie

1. Ortogeneze:

- finalismus



Megaceros giganteus



Alternativní teorie

2. Neolamarckismus:

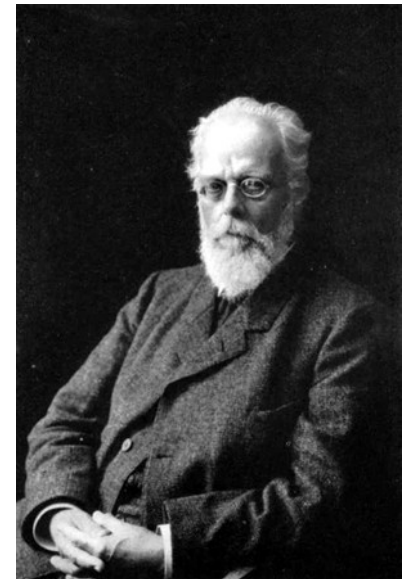
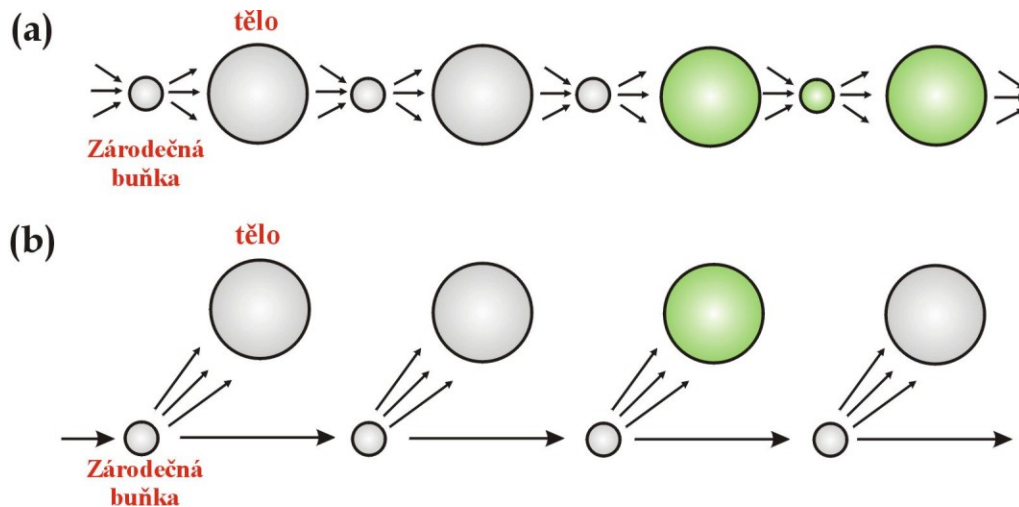
- Paul Kammerer, Arthur Koestler
- lisenkismus: Trofim Děnisovič Lysenko

T. D. Lysenko



- August Weismann:
soma + zárodečná plazma (germen)

A. Weismann



Způsob vývoje zárodečných buněk a počet žijících druhů u živočišných skupin (většinou kmenů). U více než jedné třetiny kmenů není znám způsob vývoje zárodečných buněk.

Raná determinace zár. buněk	Pozdní determinace zár. buněk	Somaticky odvozené zár. buňky	Více než jeden typ	Neznámý typ
Mesozoa	Echinodermata 6000	Bryozoa 4000	<i>Raná, nebo pozdní</i>	Placozoa 2
Orthonectida 18	Mollusca 100000	Cnidaria 9000	Arthropoda	Priapula 10
Dicyemida 65		Porifera 10000	Crustacea 75000	Phoronida 13
Onychophora 70			Chelicerata 100000	Pentastomida 90
Chaetognatha 70			Uniramia 800000	Gnathostomulida 100
Ctenophora 80				Pogonophora 100
Kinorhyncha 125			<i>Všechny 3 typy</i>	Hemichordata 100
Gastrotricha 500			Annelida 8700	Entoprocta 130
Tardigrada 550			Platyhelminthes 12700	Echiura 130
Acanthocephala 1150			Chordata 39000	Nematomorpha 230
Rotifera 1800				Sipuncula 320
Nematoda 10000				Brachiopoda 330
				Nemertini 800

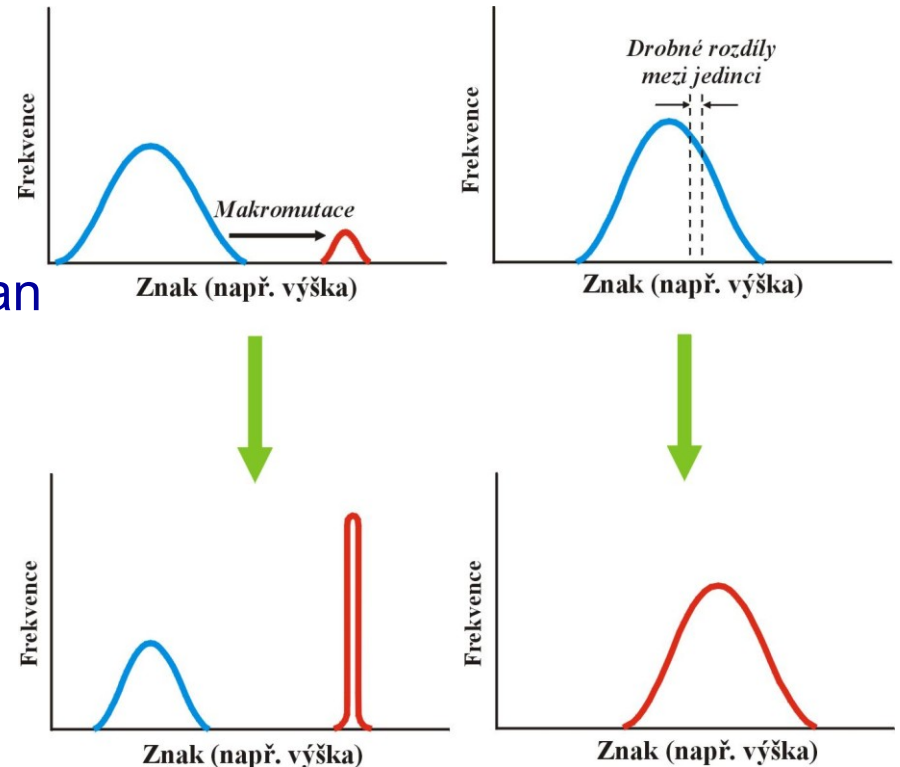
Alternativní teorie

3. Mutacionismus:

- 1900: znovuobjevení Mendelových z.
- Hugo de Vries: pojem mutace
Oenothera lamarckiana
- **diskrétní proměnlivost**
- William Bateson, Thomas Hunt Morgan
- makromutace: Richard Goldschmidt (1940) - „nadějná monstra“

× **biometrikové:**

- **Francis Galton, Karl Pearson**
- **kontinuální proměnlivost**



HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

4. Moderní syntéza a současný vývoj



RONALD A. FISHER

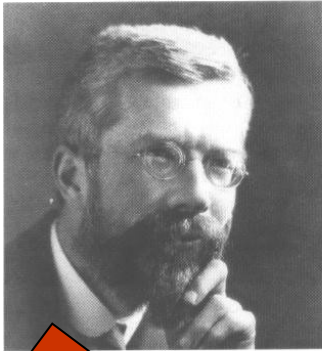


J. B. S. HALDANE



SEWALL WRIGHT

- **sir Ronald Aylmer Fisher (1890-1962)**
- **John B. S. Haldane (1892-1964)**
- **Sewall Wright (1889-1988)**
- **Sergej Četverikov (1880-1958)**



R. A. FISHER



J. B. S. HALDANE



SEWALL WRIGHT

- 1918: výsledky biometriků v souladu s Mendelovými z.
- 1930: *The Genetical Theory of Natural Selection (Genetická teorie přírodního výběru)*

- 1931: *Evolution in Mendelian Populations (Evoluce v mendelovských populacích)*

- 1932: *The Causes of Evolution (Příčiny evoluce)*

základy populační genetiky

NEODARWINISMUS v užším smyslu

- **Theodosius Dobzhansky** (1900-1975)

1937 – *Genetics and the Origin of Species*
(*Genetika a původ druhů*)

- **Edmund B. Ford** (1901-1988)

1964 – *Ecological Genetics*
(*Ekologická genetika*)

- **Julian S. Huxley** (1887-1975)

1942 – *Evolution: The Modern Synthesis* (*Evoluce: Moderní syntéza*)

- **Ernst Mayr** (1904-2005)

- **George Gaylord Simson** (1902-1984)

- **George Ledyard Stebbins** (1906-2000)

- 1947 Princeton

- 1949 *Genetics, Paleontology, and Evolution*



Syntetická teorie evoluce = Moderní syntéza

NEODARWINISMUS v širším smyslu

Některé zásady neodarwinismu:

- fenotypové rozdíly způsobeny rozdíly v genotypu a částečně působením vnějšího prostředí
- prostředí může změnit frekvenci mutací, ale ne vyvolávat adaptivní mutace
- základem dědičnosti geny, které si z generace na generaci zachovávají svou identitu
- evoluční změny probíhají v populacích jako změny ve frekvenci genotypů
- mezi různými druhy neprobíhá výměna genů
- ani mutace s velkým účinkem nemusí způsobit vznik nového druhu
- nové druhy vznikají zpravidla genetickou divergencí geograficky izolovaných populací
- rozdíly a děje a mechanismy na úrovni vyšší než druh (makroevoluce) lze vysvětlit pomocí stejných principů jako na úrovni nižší (mikroevoluce)
- fosilní záznam je v souladu s principy evolučních změn, není třeba vnášet jiné mechanismy (lamarckismus, ortogeneze, vitalismus, mutacionismus)

LZE EVOLUCI DOKÁZAT?

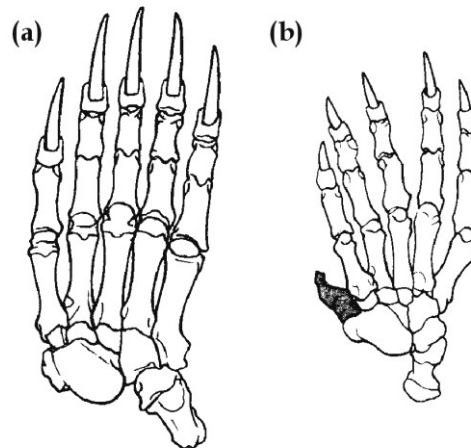
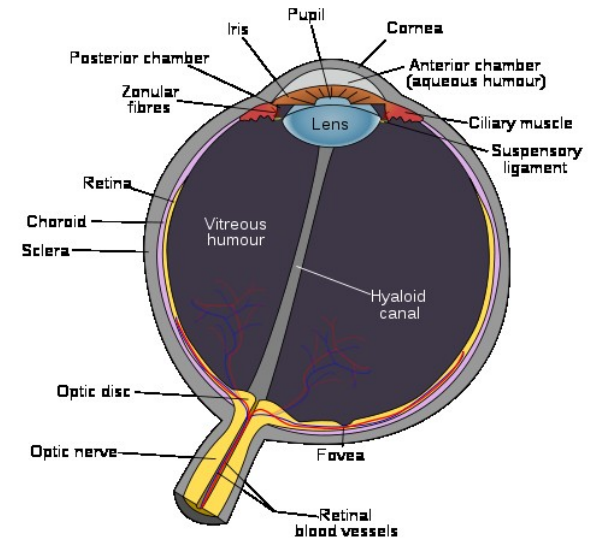
- **experimentální evoluce:** *Primula verticillata* × *P. floribunda* → *P. kewensis*
Galleopsis pubescens × *G. speciosa* → *G. tetralit*

- **hierarchické uspořádání**

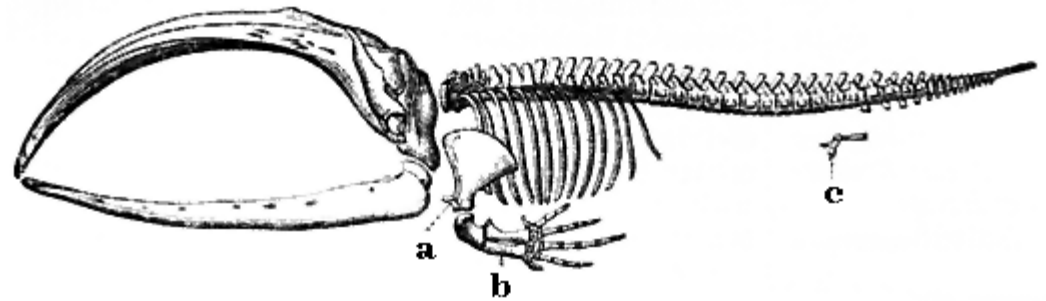
- **suboptimální znaky** - inverzní oko, hrtanový ne

- **homologie:** orgány, genetický kód, aminokyseliny

- **konvergence**



- rudimentární orgány
- fosilní záznam a fylogeneze



(a) Podle anatomie byla evoluční sekvence moderních obratlovců



(b) Pořadí hlavních skupin obratlovců ve fosilním záznamu

