

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

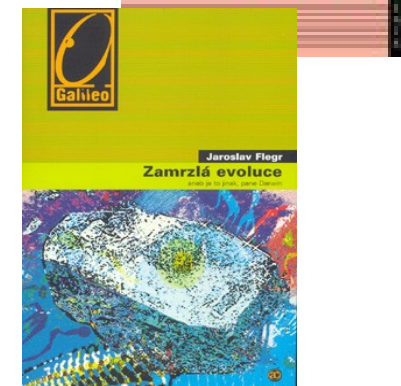
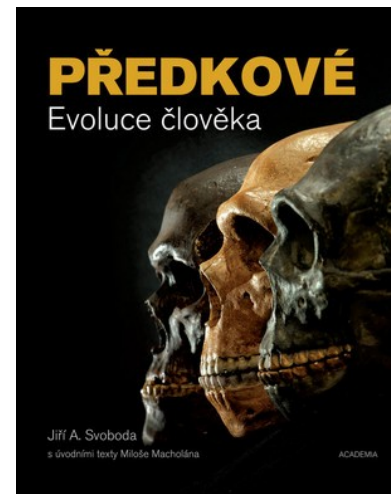
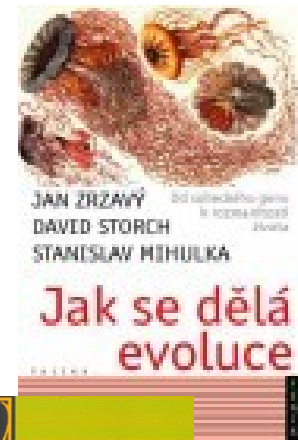
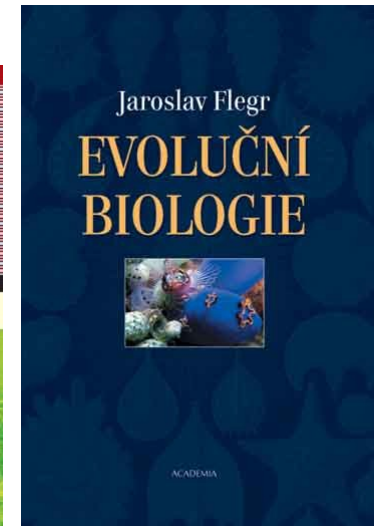
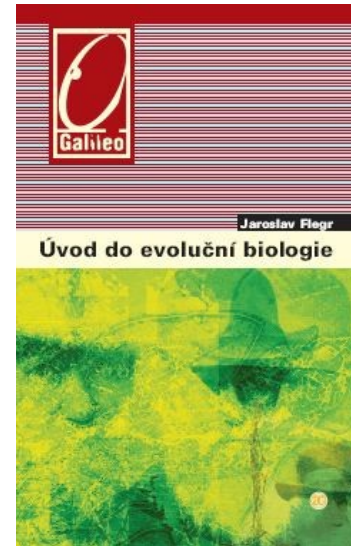
Flegr, J. (2007): Úvod do evoluční biologie

Knihy:

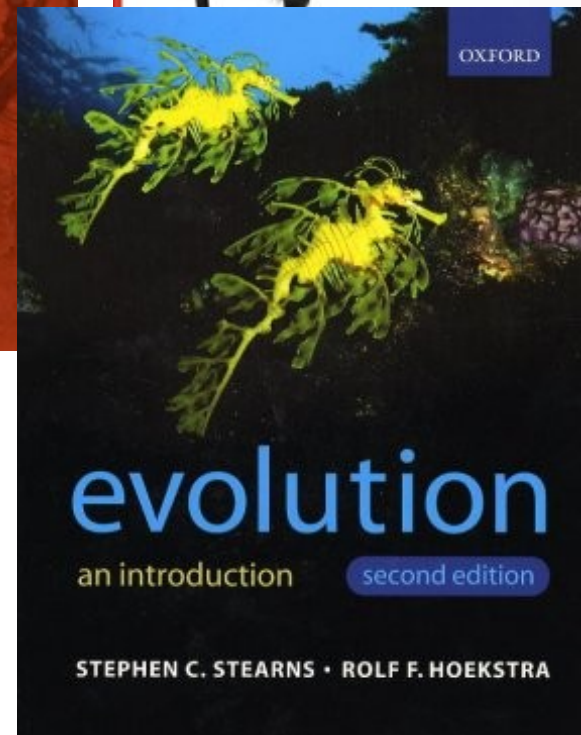
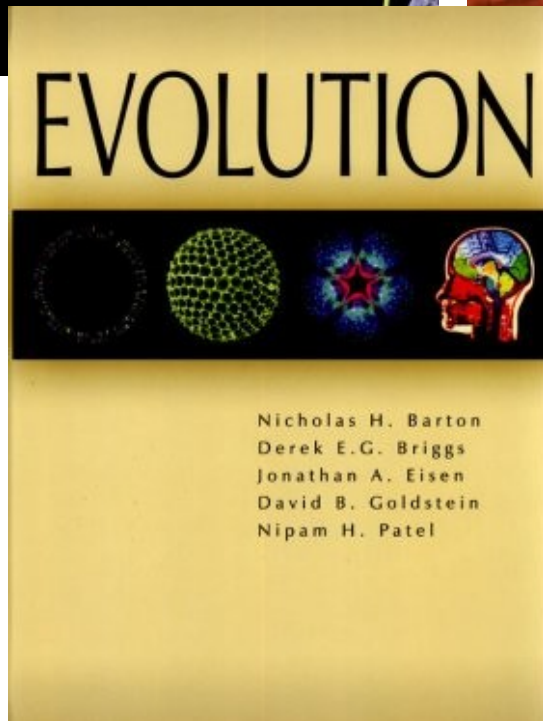
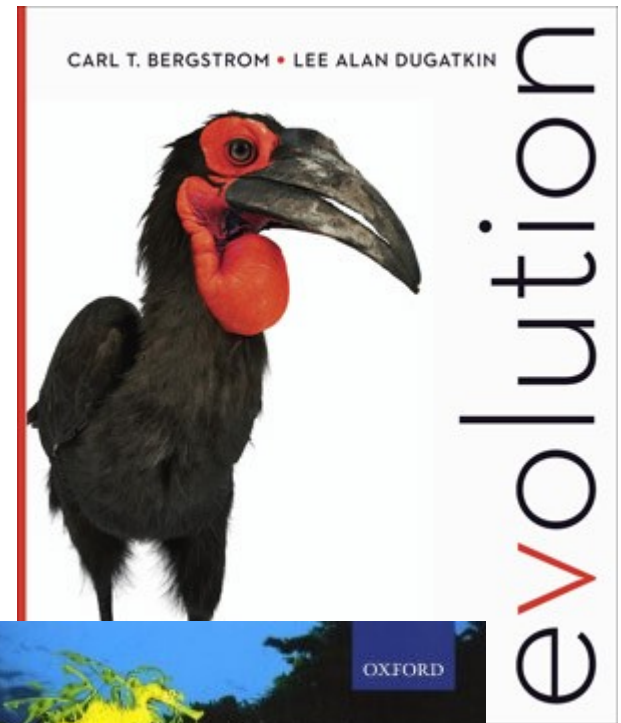
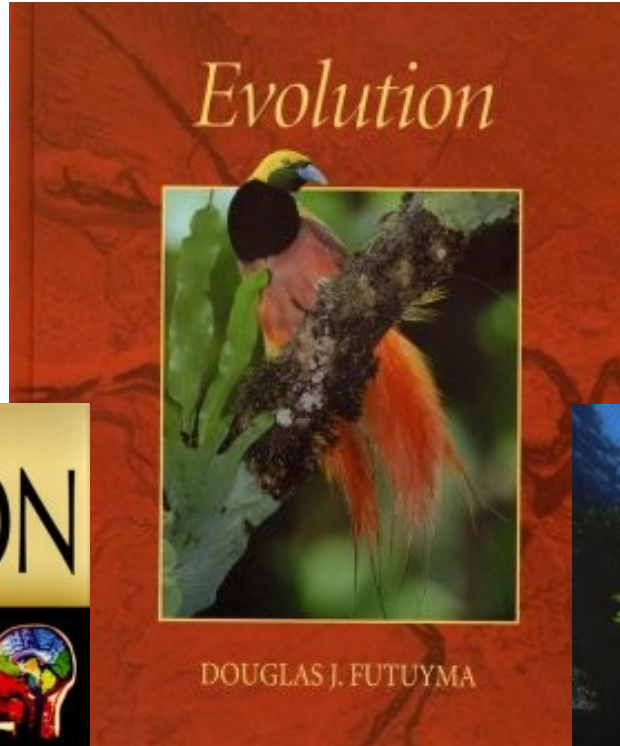
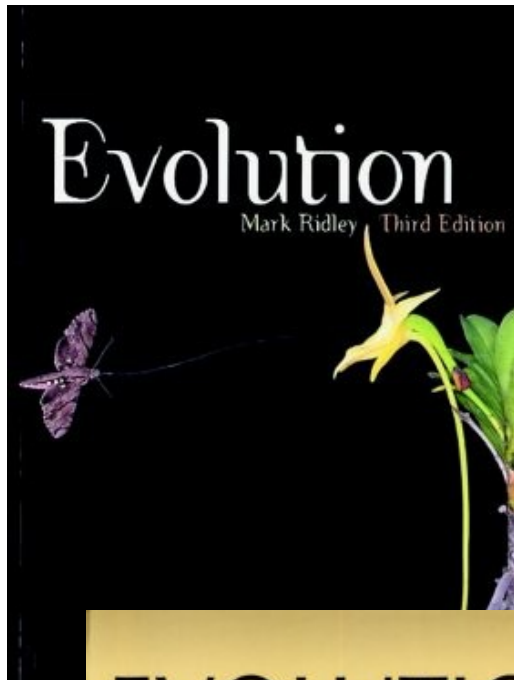
Zrzavý, J., Storch, D., Mihulka, S. (2004): Jak se dělá evoluce

Flegr, J. (2006): Zamrzlá evoluce

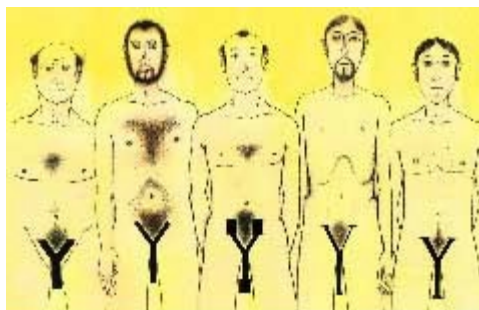
Svoboda, J.A. (2014): Předkové –
Evoluce člověka



Literatura



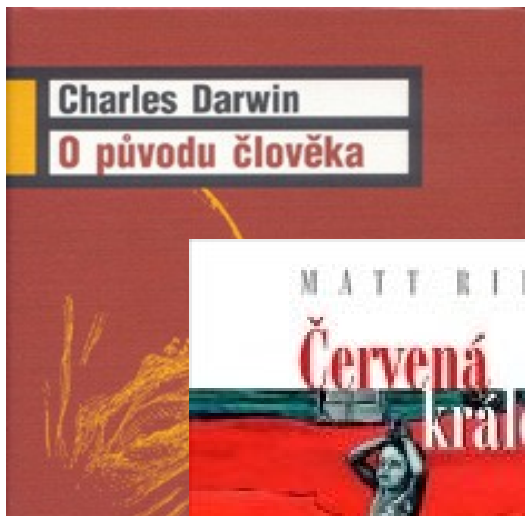
Literatura



STEVE JONES

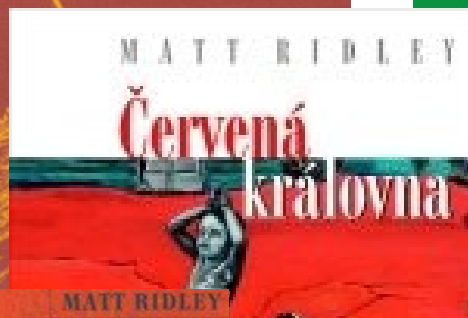
Y: Původ mužů

PASEKA



Charles Darwin

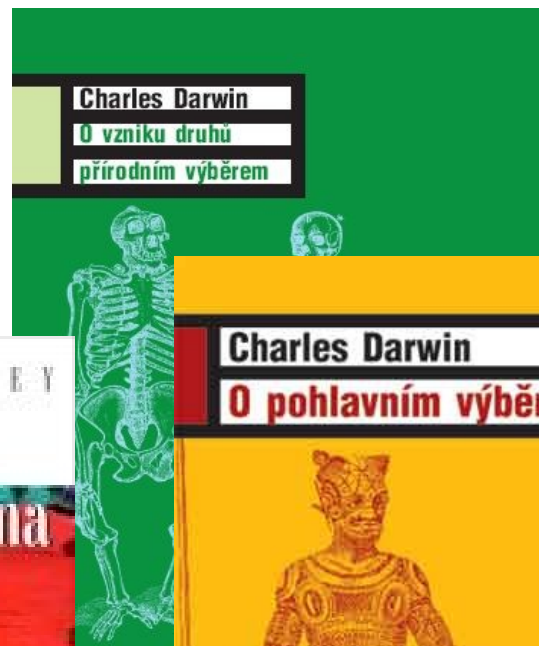
O původu člověka



MATT RIDLEY

Červená královna

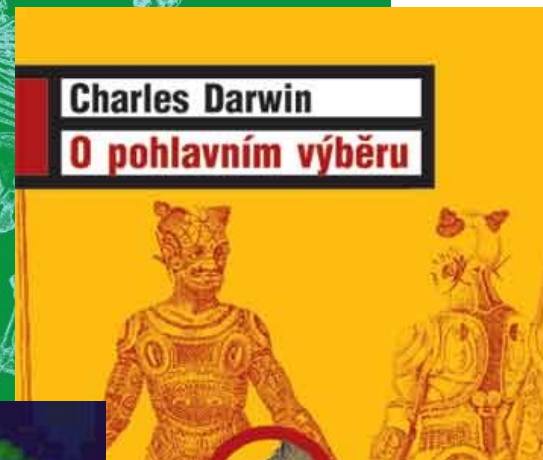
MATT RIDLEY



Charles Darwin

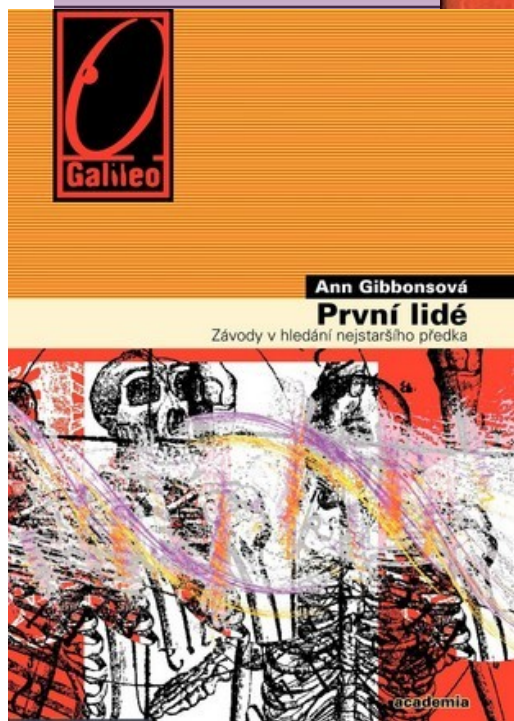
O vzniku druhů

přírodním výběrem



Charles Darwin

O pohlavním výběru

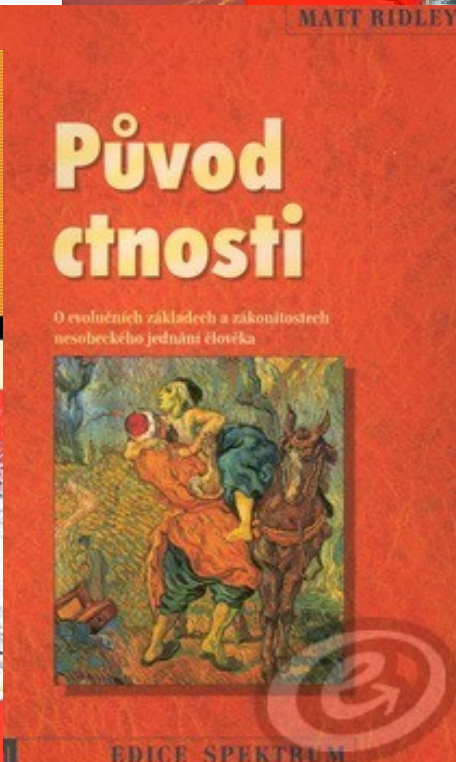


Ann Gibbonsová

První lidé

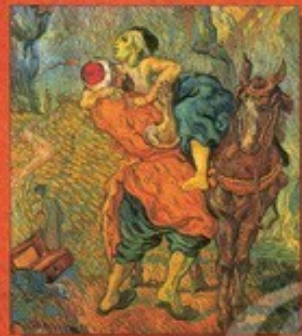
Závody v hledání nejstaršího předka

academia

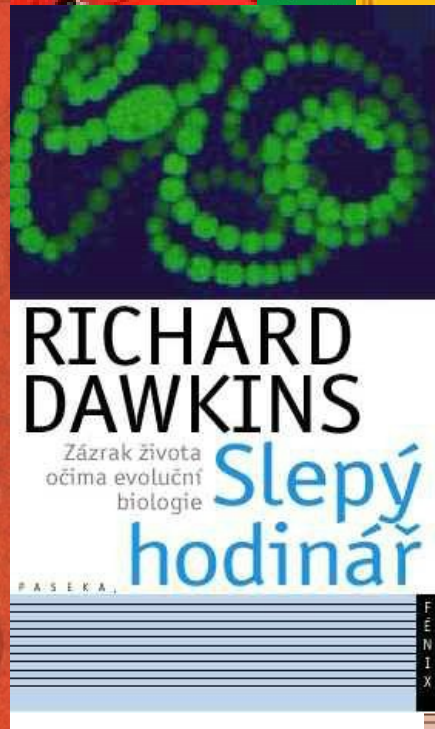


Původ ctnosti

O evolučních základech a zákonitostech nesebeckého jednání člověka



EDICE SPEKTRUM

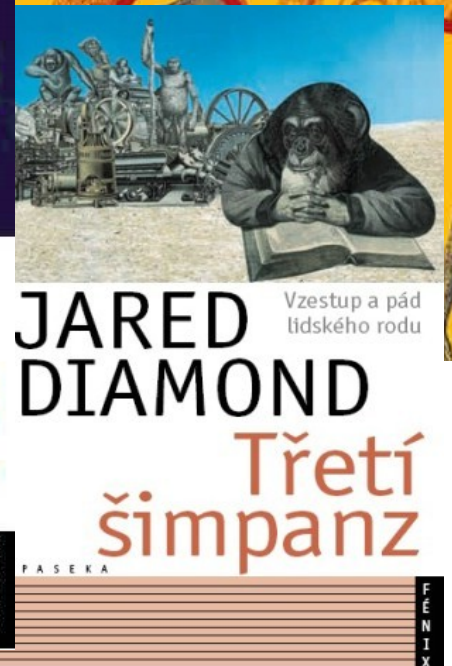


RICHARD DAWKINS

Zázrak života očima evoluční biologie

Slepý hodinář

PASEKA



JARED DIAMOND

Vzestup a pád lidského rodu

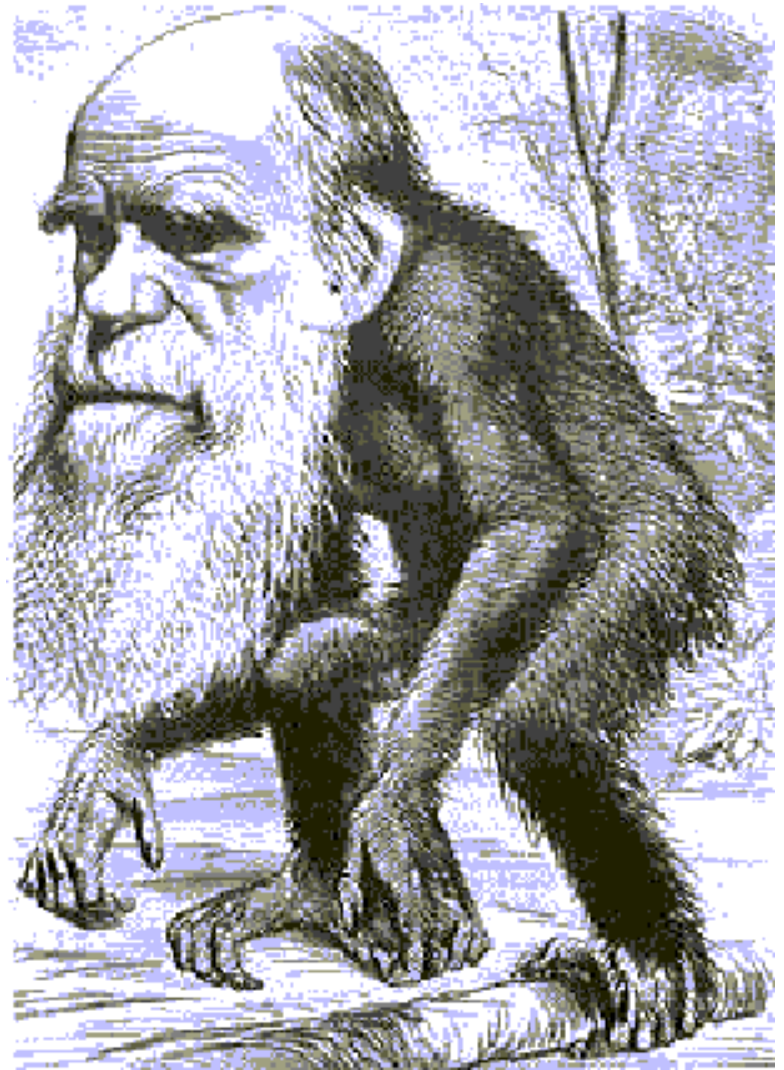
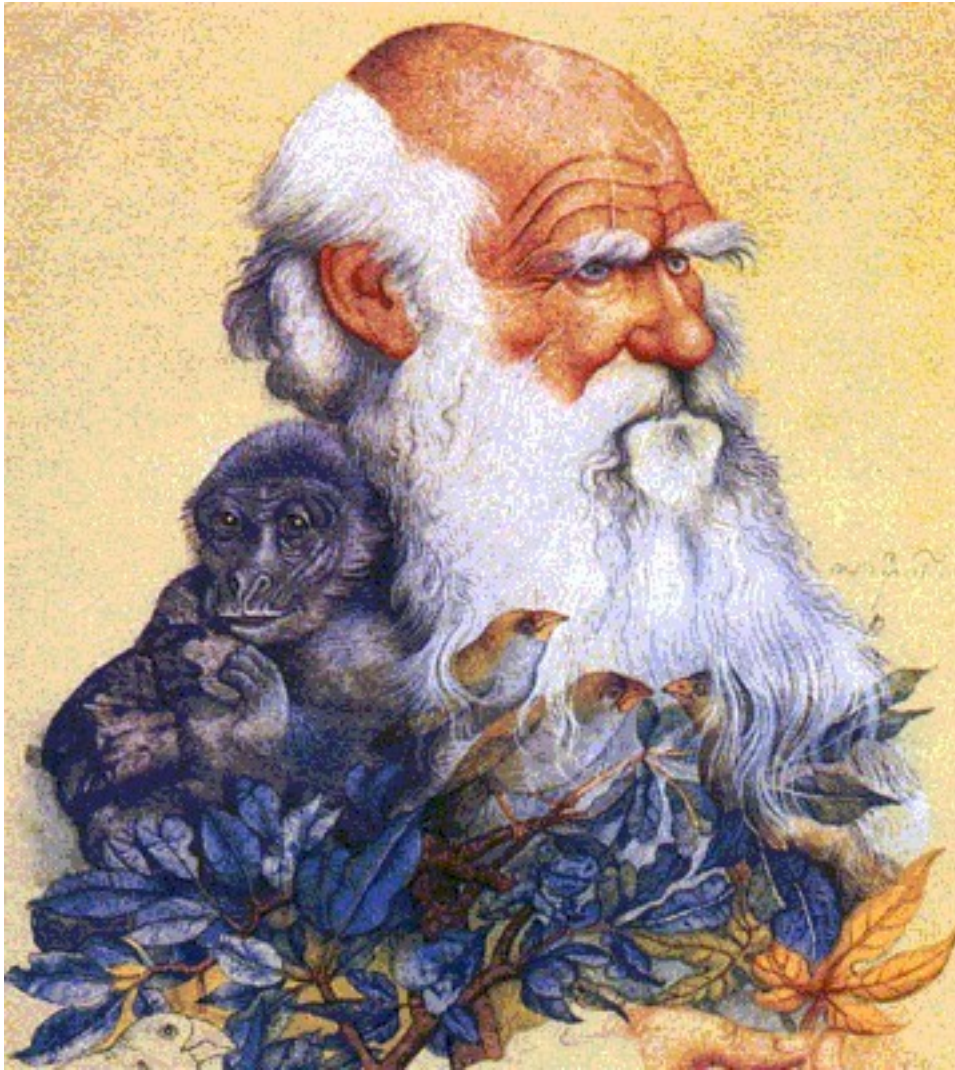
Třetí šimpanz

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, *American Biology Teacher*, 1973)

VLASTNOSTI BIOLOGICKÉ EVOLUCE

živé systémy (reprodukce, proměnlivost, dědičnost)

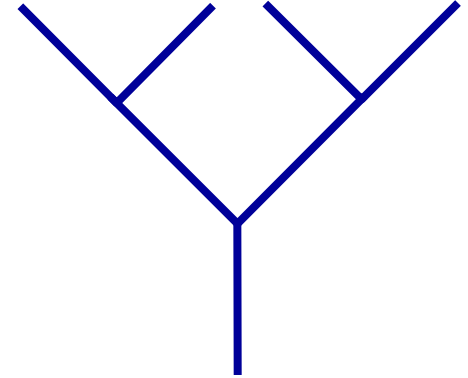
termodynamická otevřenost, disipativnost

systémy s pamětí - kumulace změn

neomezená dědičnost

adaptace, účelné uspořádání

kladogeneze



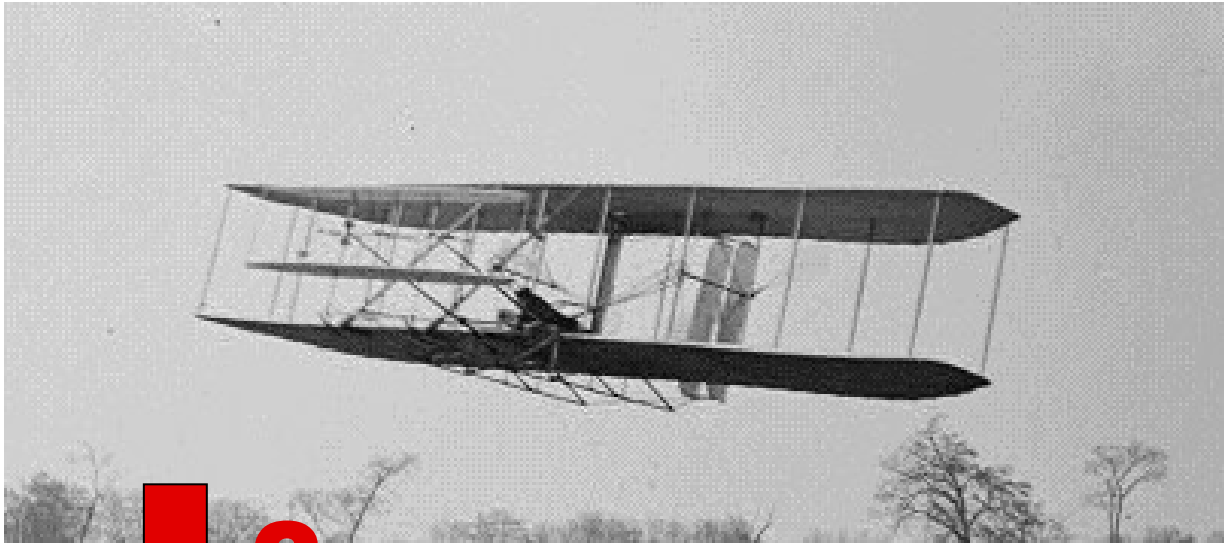
teleologie: vše se děje za určitým účelem (účelnost \neq účelovost)

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)

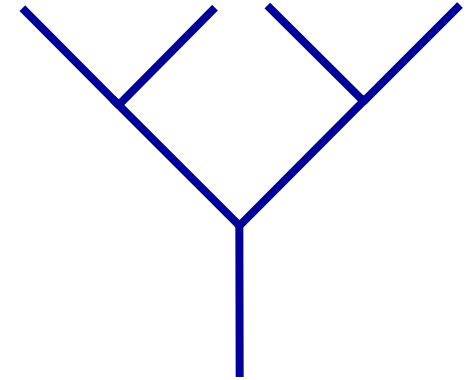
termodynamická otevřenost, disipativnost

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**)

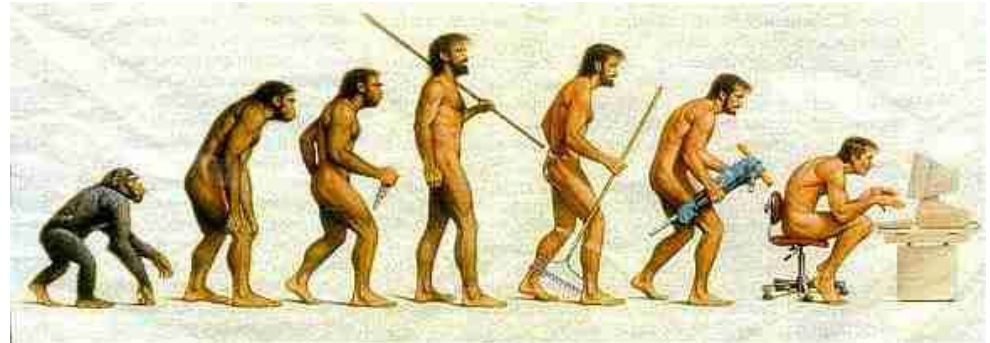
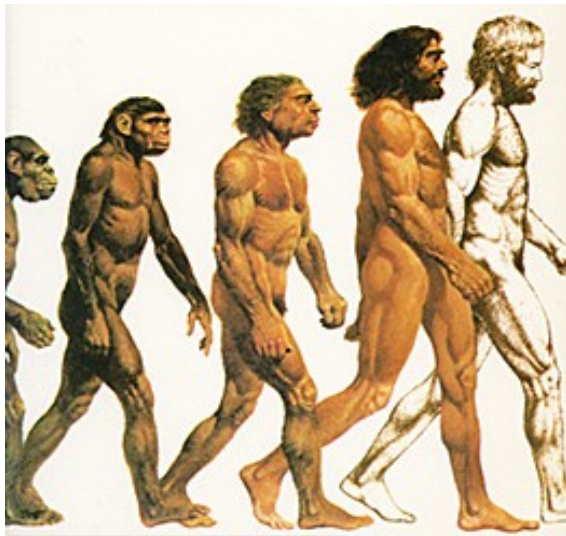
je oportunistická - nenachází globální optima

nemá záměr ani cíl (ani přežití druhů!)

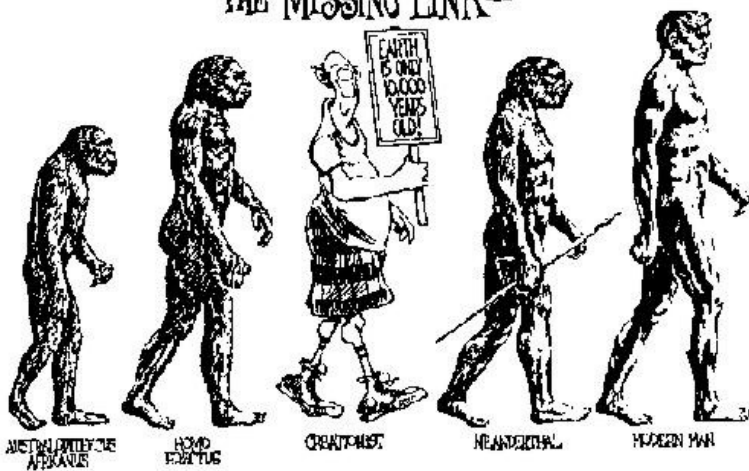
je nemorální (tj. ani morální ani amorální)

není progresivní

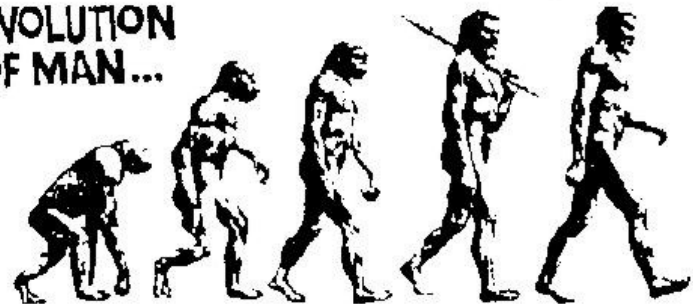
Je evoluce progresivní?



NOBEL SCIENTISTS DISCOVER
THE MISSING LINK--



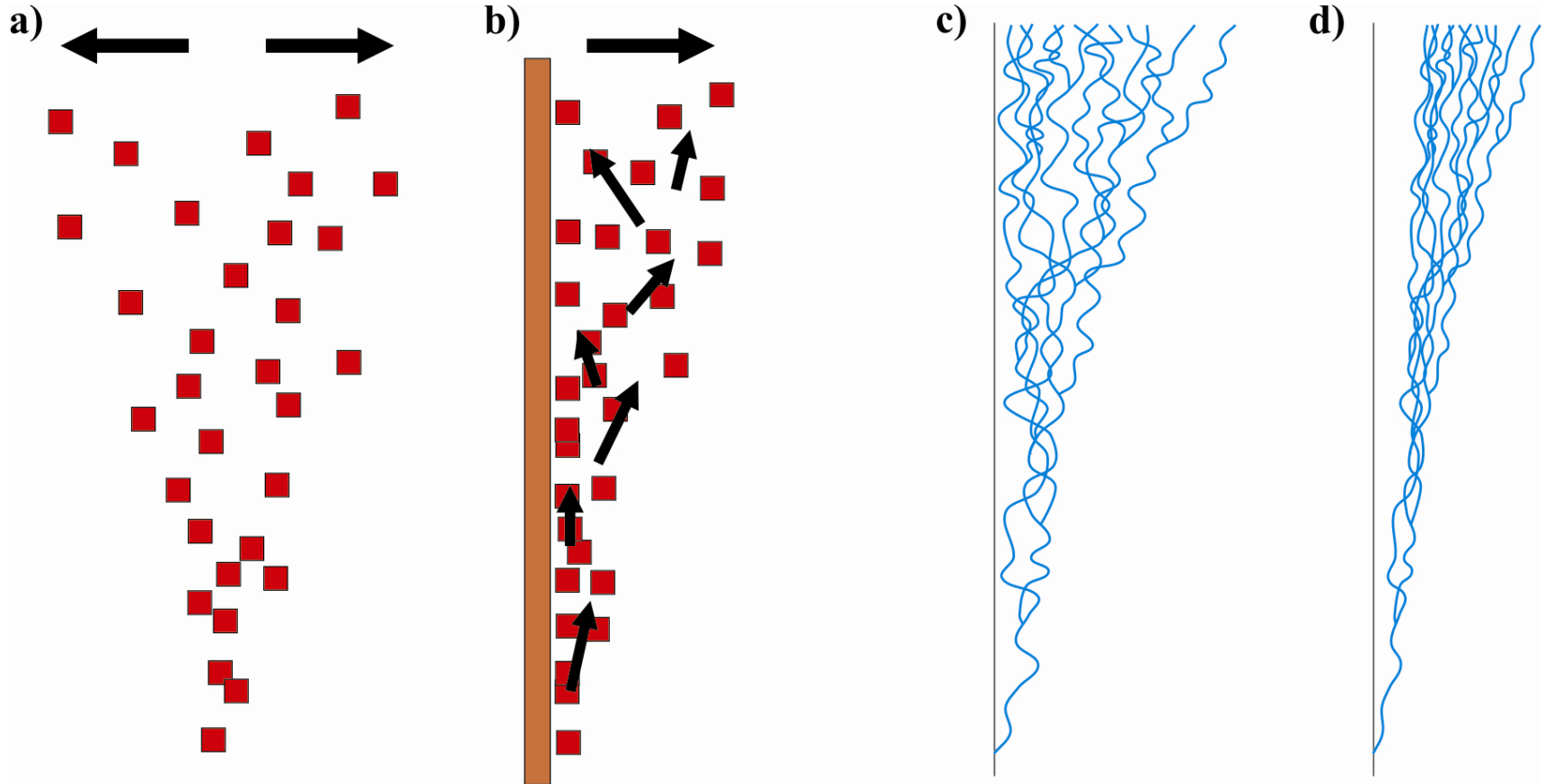
EVOLUTION
OF MAN...



and woman.



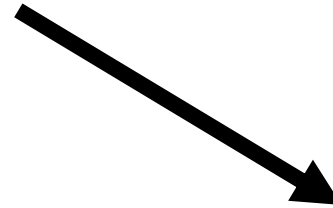
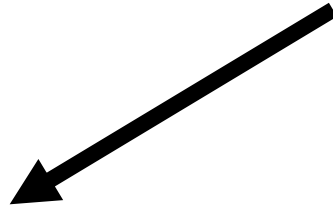
Je evoluce progresivní?



„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 běře“.

[*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

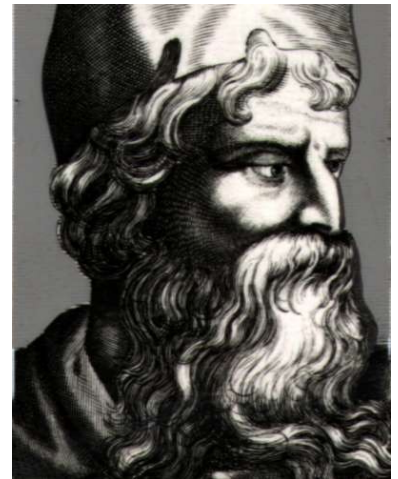
1. Před Darwinem

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

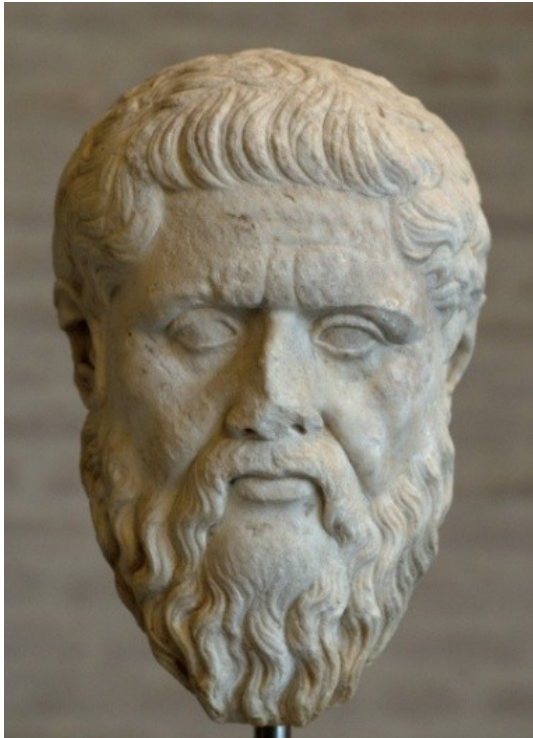
HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

1. Před Darwinem

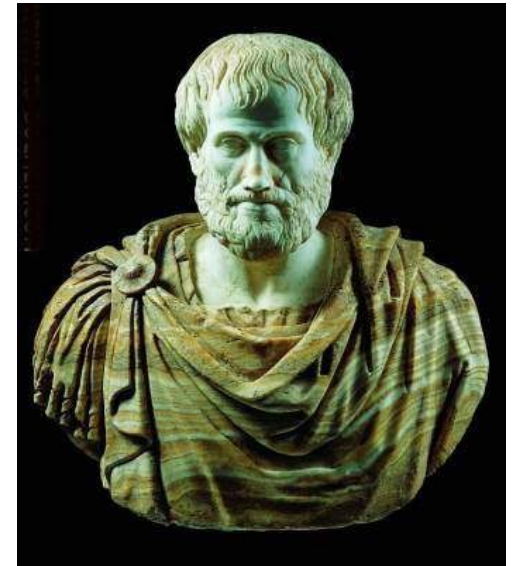
A) antika a středověk:

křesťanská filozofie:

Platónův svět idejí a Bůh
Scala Naturae



Platón
(427 př.n.l.–347 př.n.l.)

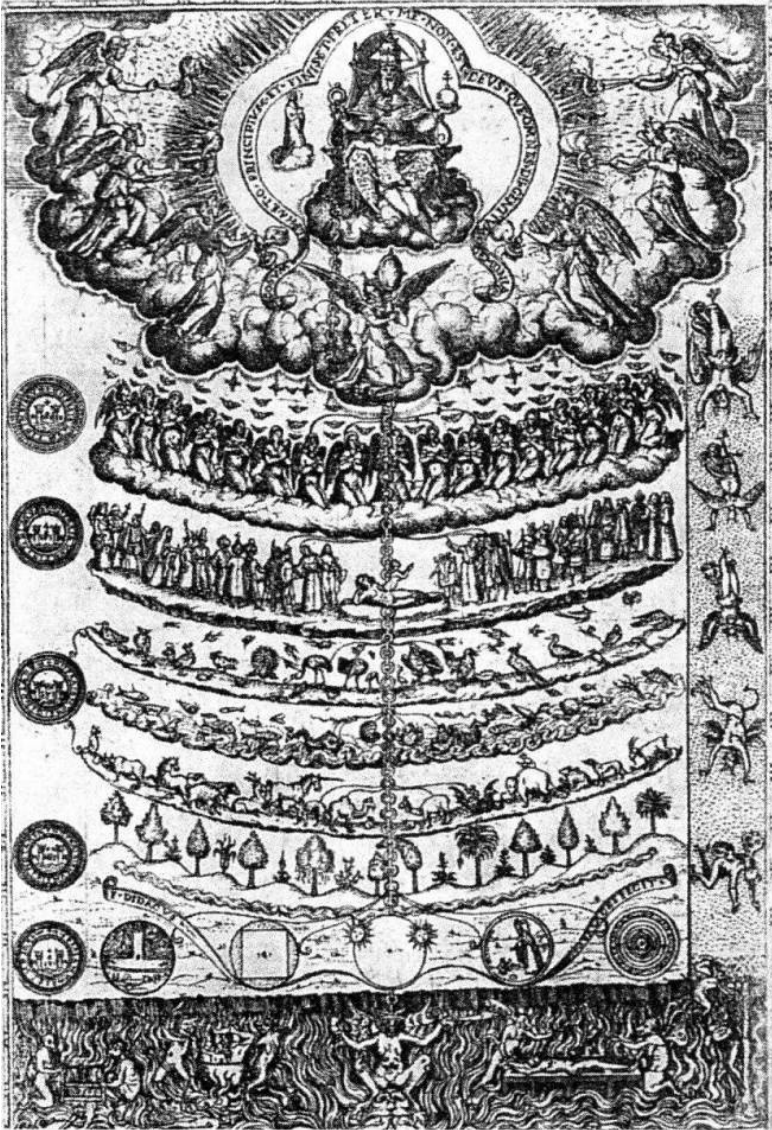
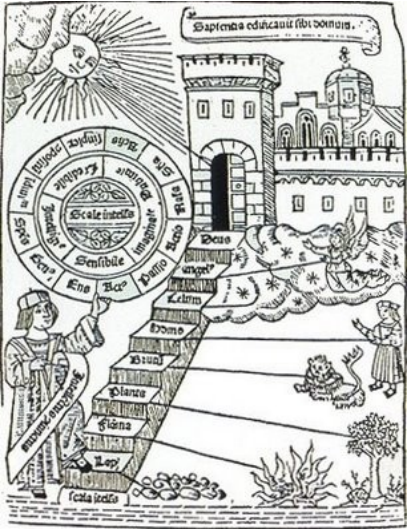
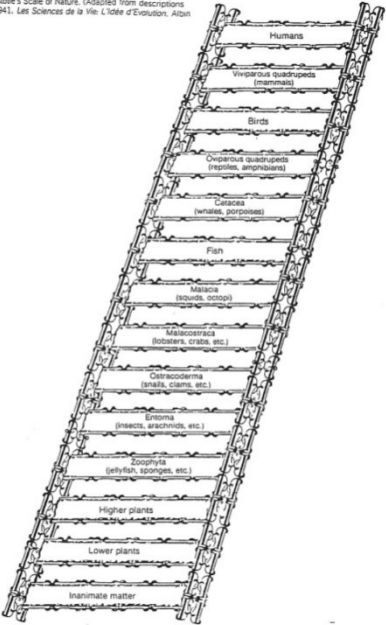


Aristoteles
(384 př.n.l.–322 př.n.l.)

Scala Naturae („Great Chain of Being“)



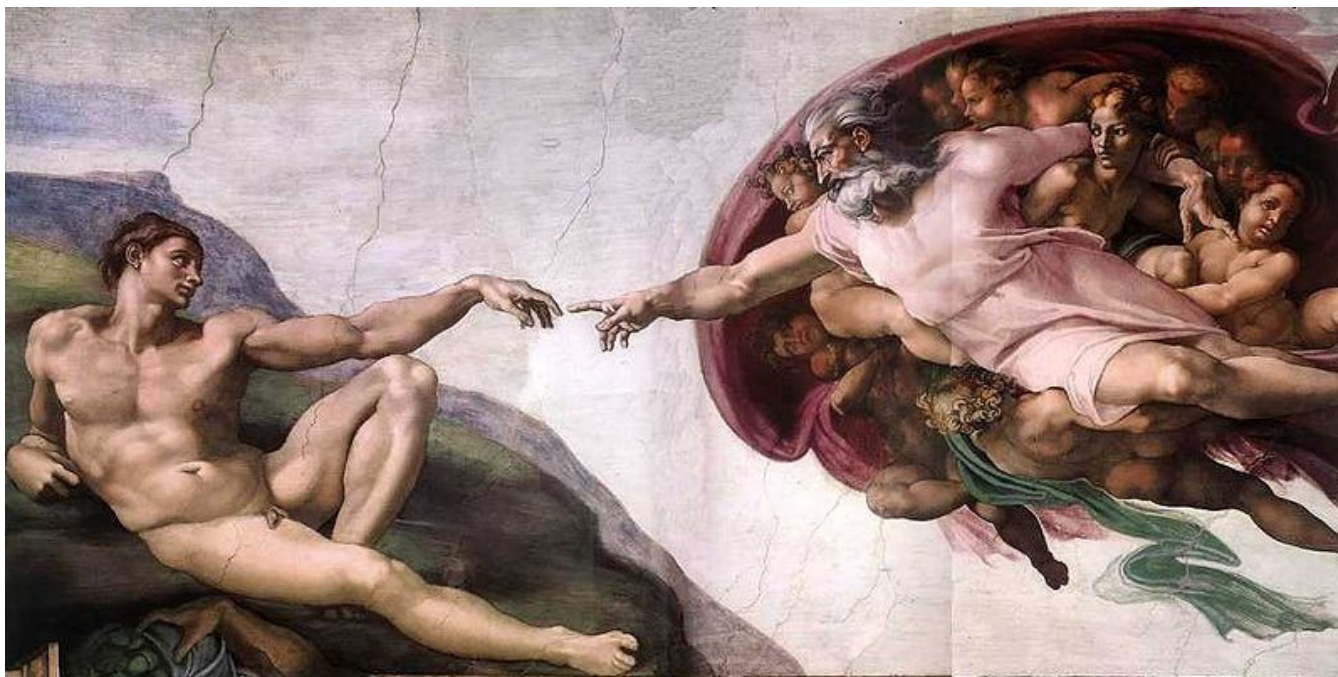
FIGURE 1-2 Aristotle's Scale of Nature. (Adapted from descriptions in E. Guénot, 1941. Les Sciences de la Vie. L'Œuvre d'Évolution. Albin Michel, Paris.)





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

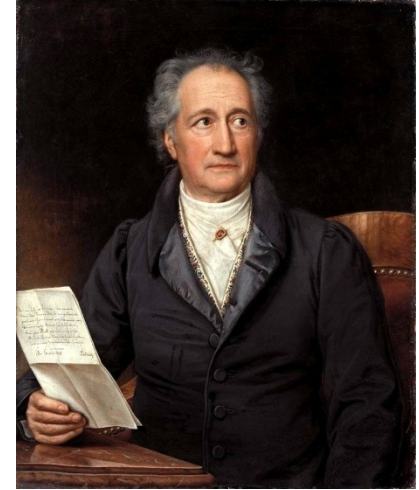


HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

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

NĚMECKO

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



J.W. Goethe

ANGLIE

Erasmus Darwin (1731-1806)

1794: *Zoönomia*

„*E conchis omnia*“

(„všechno z měkkýšů“)



E. Darwin

HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

C) 19. století:

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

1809: *Philosophie zoologique*

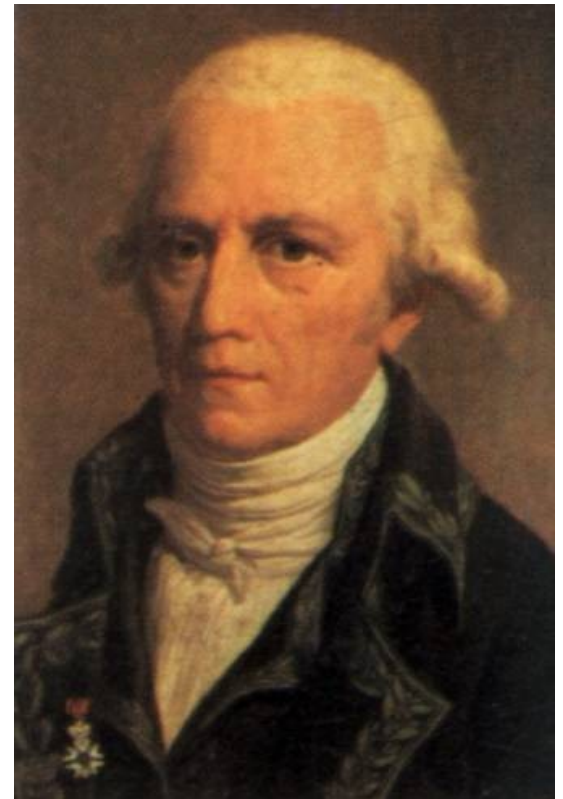
1. vrozená vnitřní tendence ke změně
2. dědičnost získaných vlastností

změna druhů k vyšší organizovanosti
(transformismus)

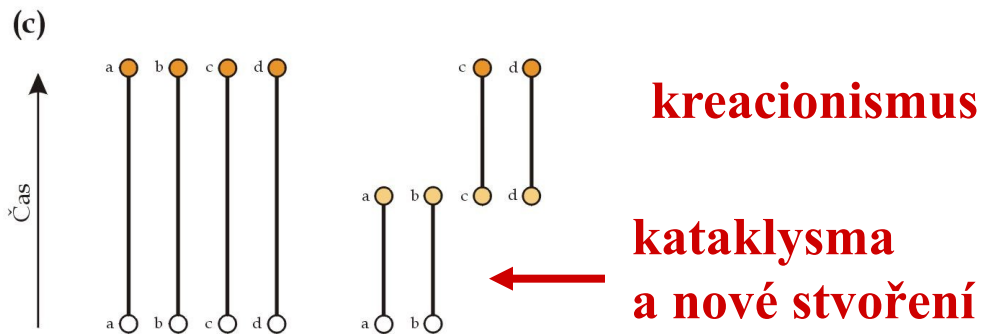
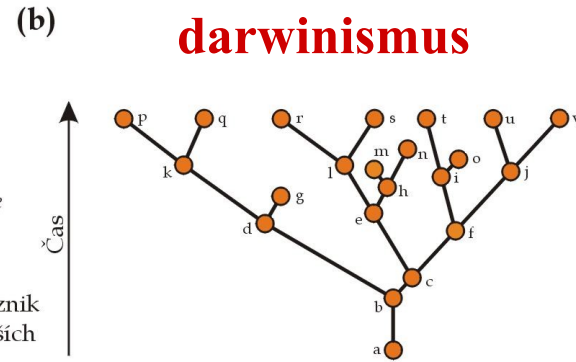
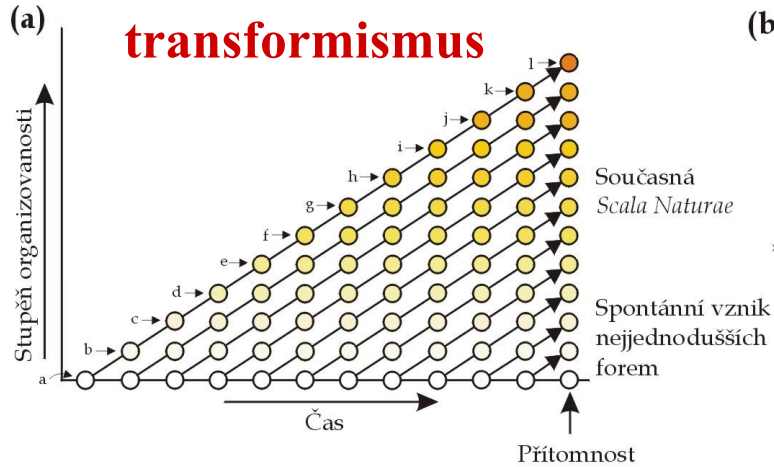
neustálý spontánní vznik
jednoduchých organismů

počet druhů neměnný

= LAMARCKISMUS



kritika Lamarckovy teorie → Georges Cuvier (1769-1832)



Étienne Geoffroy Saint-Hillaire
(1772–1844)



W. Palley

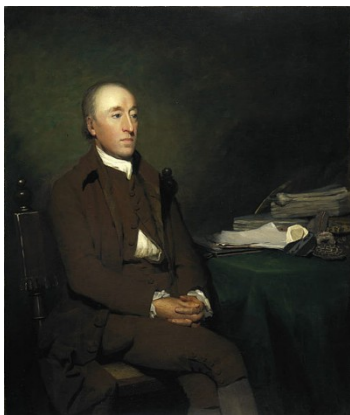


přírodní teologie: **William Paley** (1743–1805)

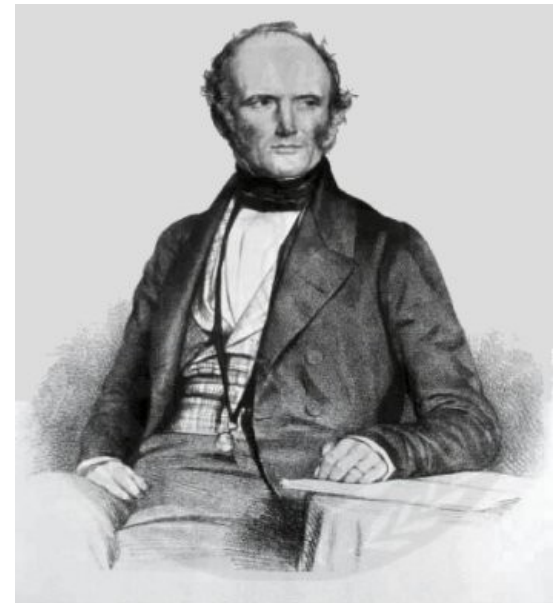
paleontologie: **Richard Owen**

geologie: **Charles Lyell** (1797–1875): *Základy geologie*

- uniformitarismus = aktualismus (James Hutton)



J. Hutton

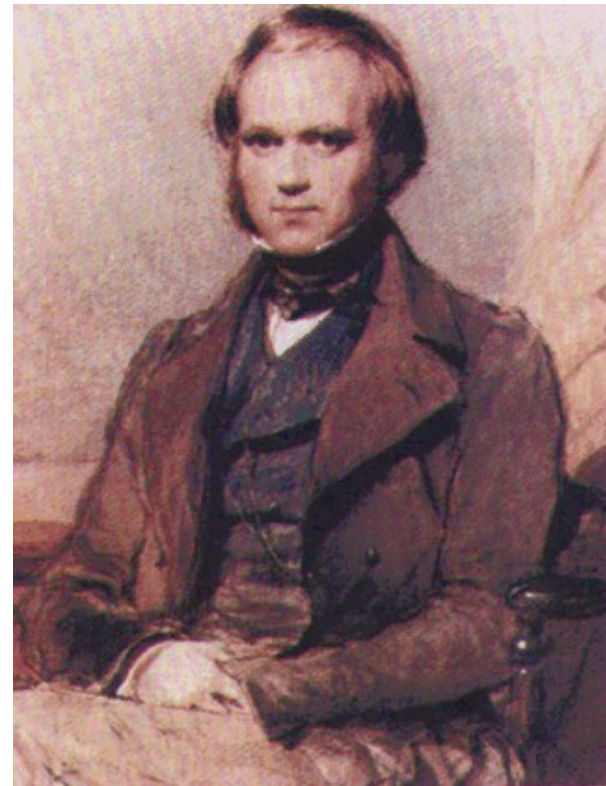
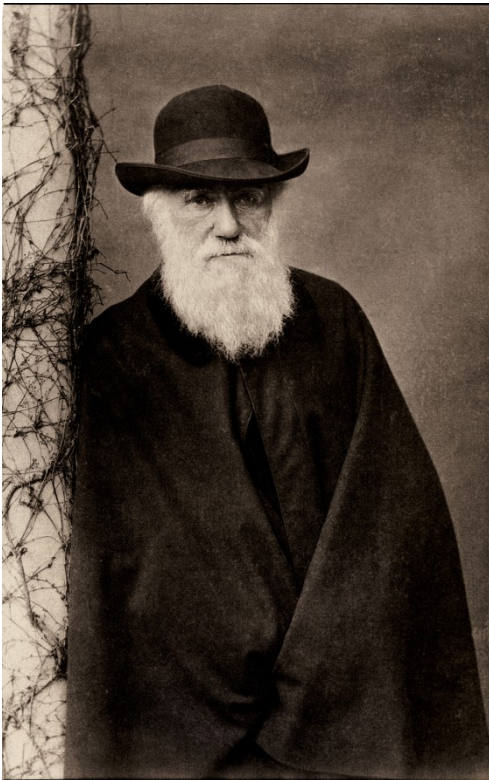


C. Lyell

HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

2. Darwinova/Wallaceova teorie

Charles Robert DARWIN (1809–1882)



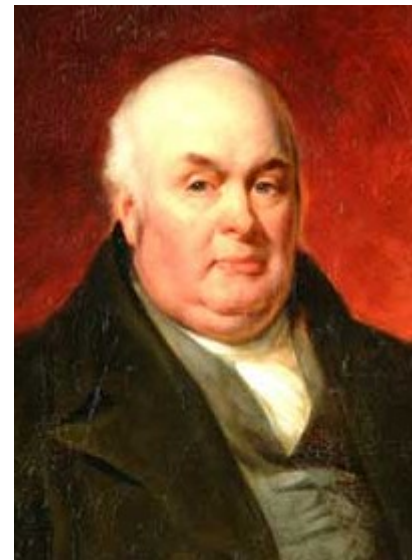
* 12. února 1809 Shrewsbury



Erasmus Darwin



Josiah Wedgwood I.



Robert Darwin



Established 1759

řijen 1825: University of Edinburgh



Ieden 1828: Christ's College,
University of Cambridge





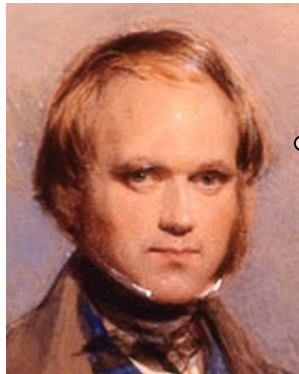
British Collection
of all the British Beetles
taken out and left in the
open air, collected by
the late J. H. Curtis
in 1840.



Adam Sedgwick
(1785–1873), geolog



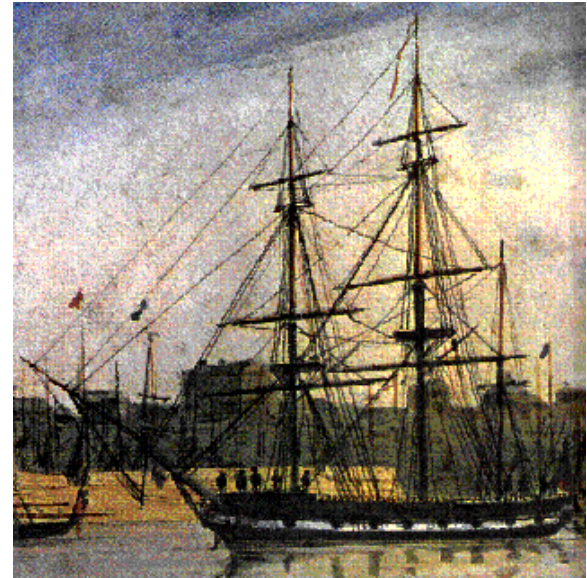
John Stevens Henslow
(1796–1861), botanik, geolog



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)



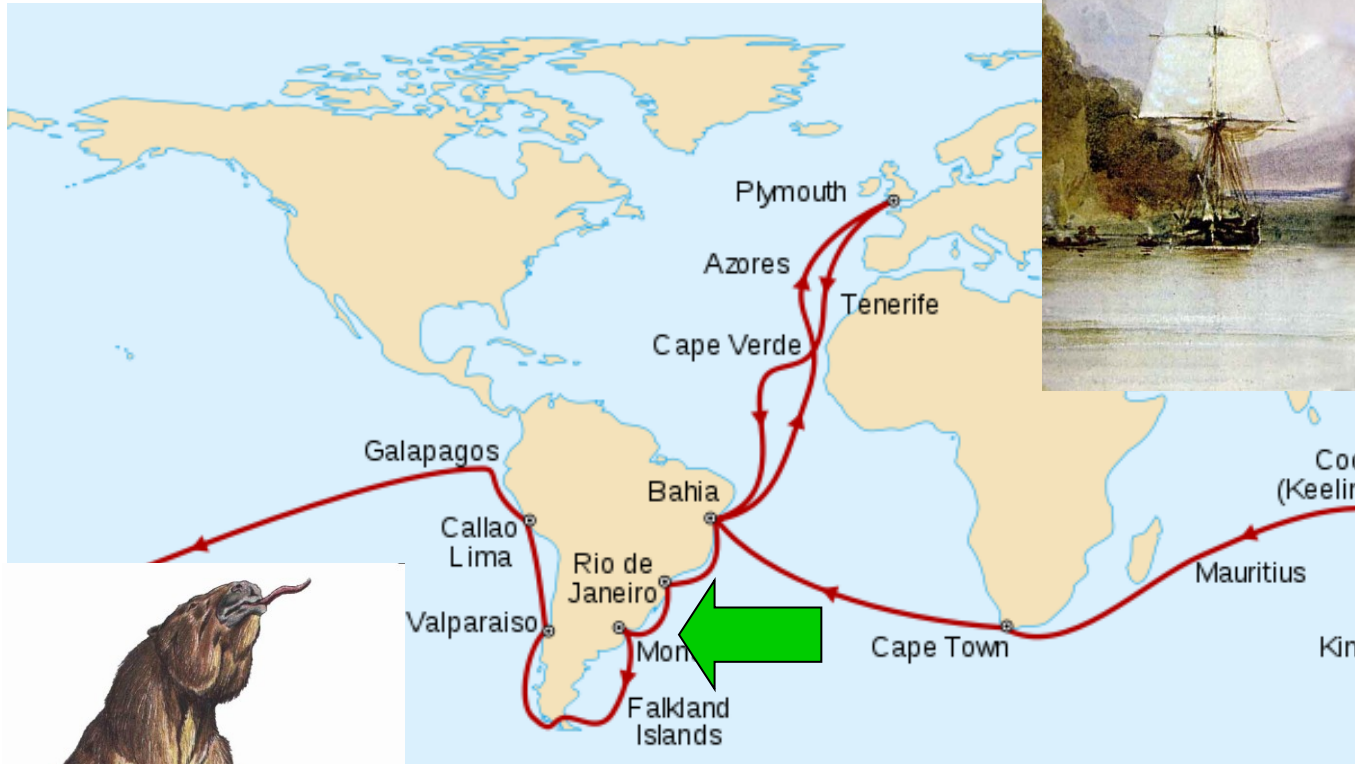
HMS Beagle (1831–1836)



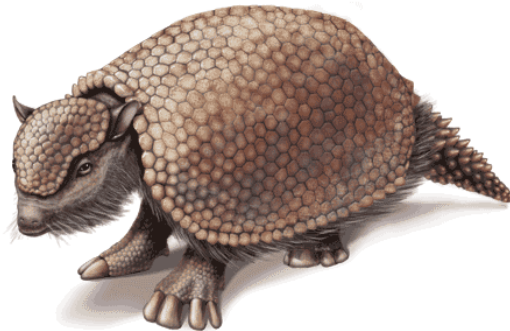
Charles Lyell

Principles of geology (1830–1833)

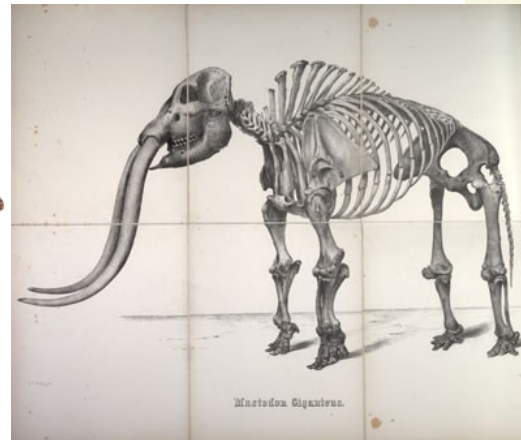
HMS Beagle (1831–1836)



Megatherium



Glyptodon



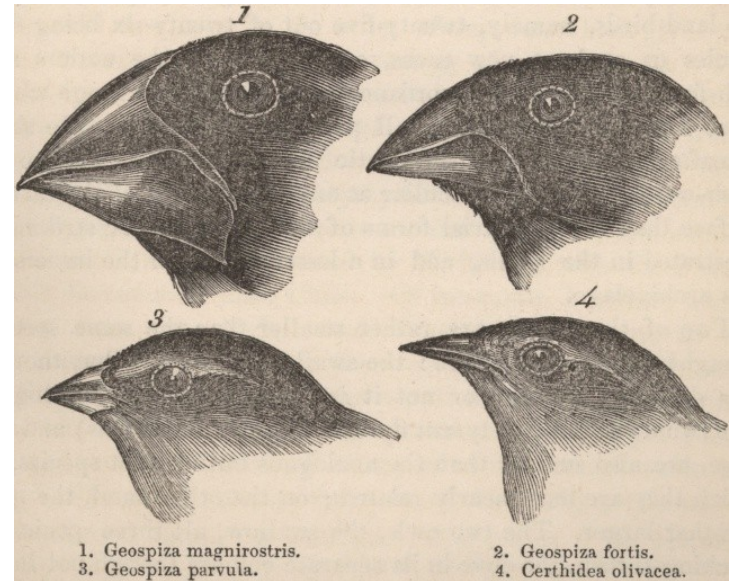
„Rhea Darwinii“

Mastodon

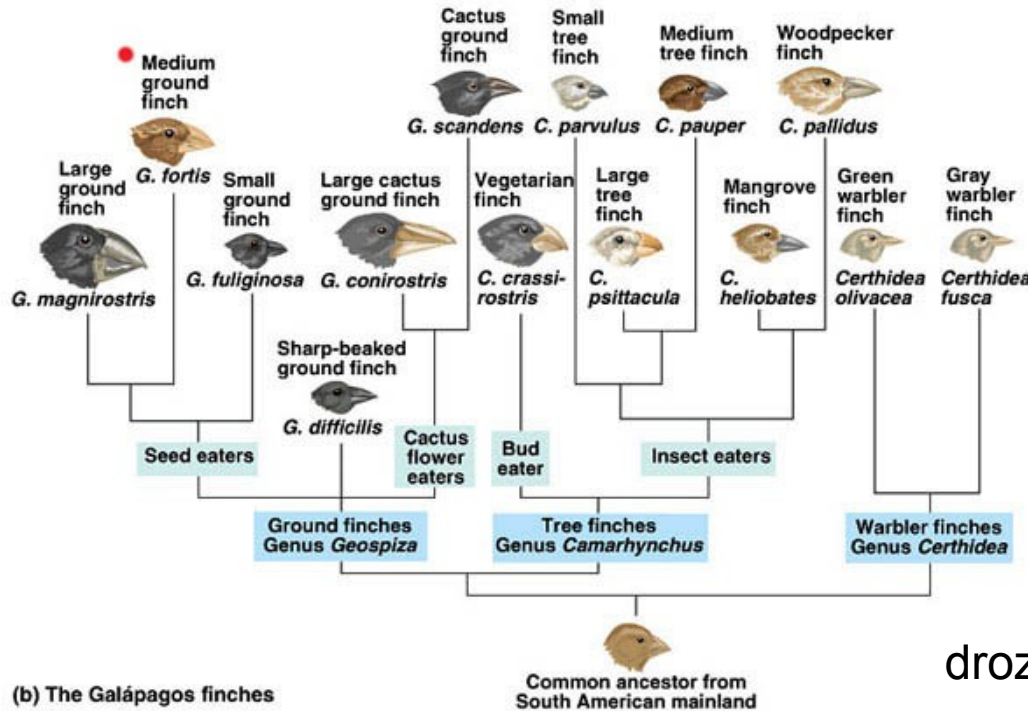


John Gould

„Darwinovy pěnkavy“
(pěnkavky)



1. *Geospiza magnirostris*.
2. *Geospiza fortis*.
3. *Geospiza parvula*.
4. *Certhidea olivacea*.



(b) The Galápagos finches

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

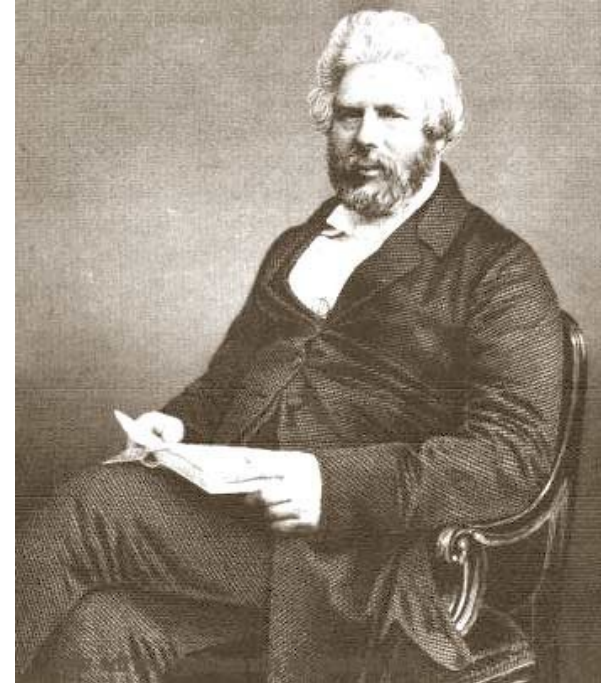


drozdci („mockingbirds“)

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)

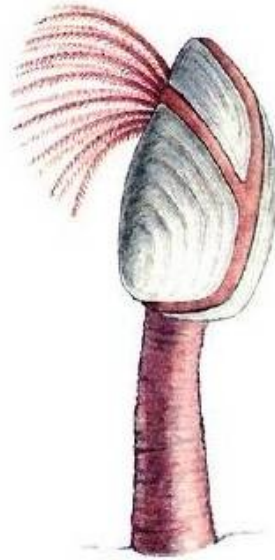


„Jsem si téměř jist (zcela v rozporu se svým dřívějším názorem), že druhy
(**je to jako přiznat se k vraždě**) nejsou neměnné“.

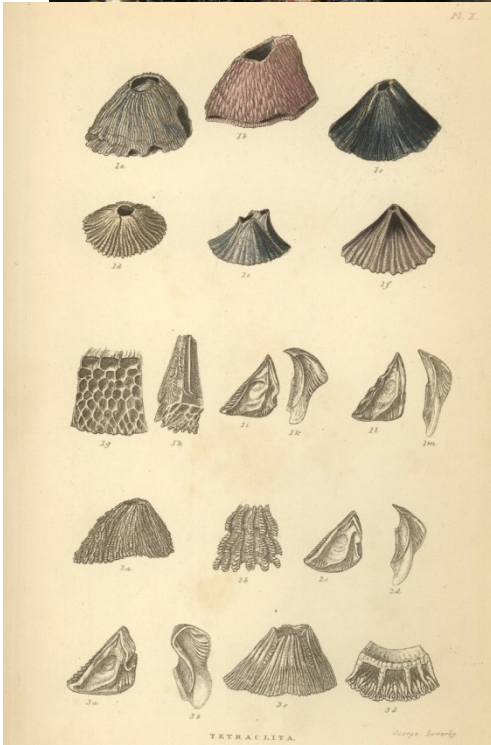
[1844, Darwinův dopis J. Hookerovi]



1846 ...



„barnacles“
(svijonožci, vilejši)

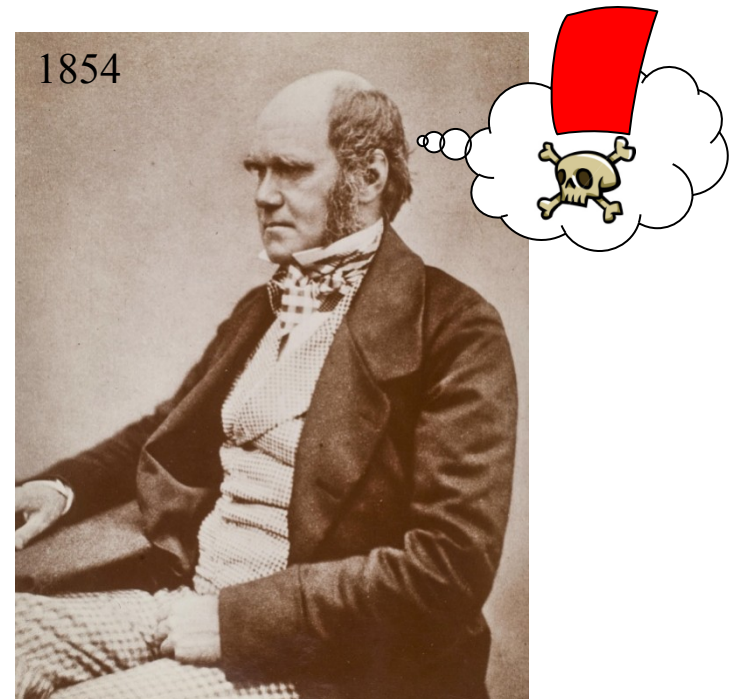


1854: 2 knihy o žijících druzích a 2 knihy o vymřelých svijonožcích

1856: Darwin začíná pracovat na knize o přírodním výběru, která má mít rozsah 1000 stran ...

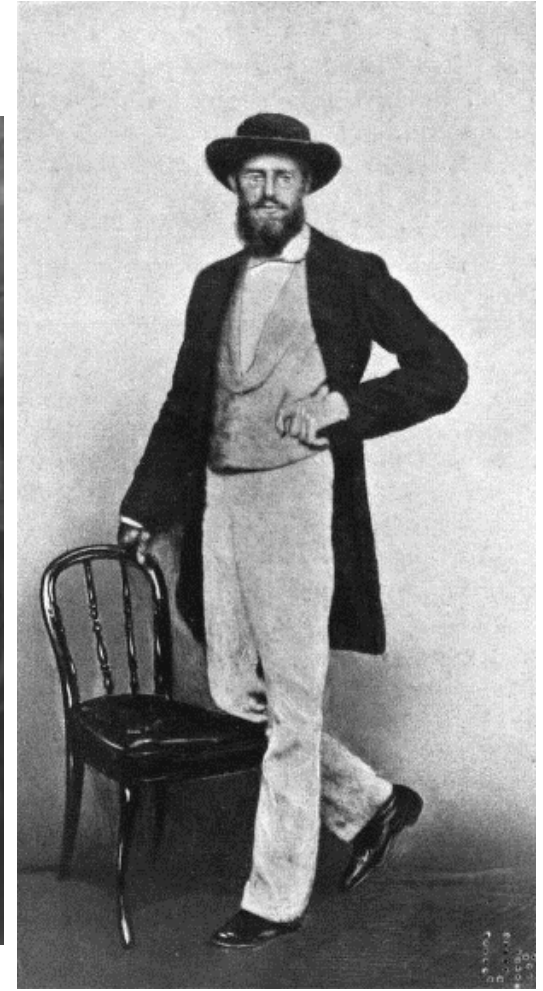
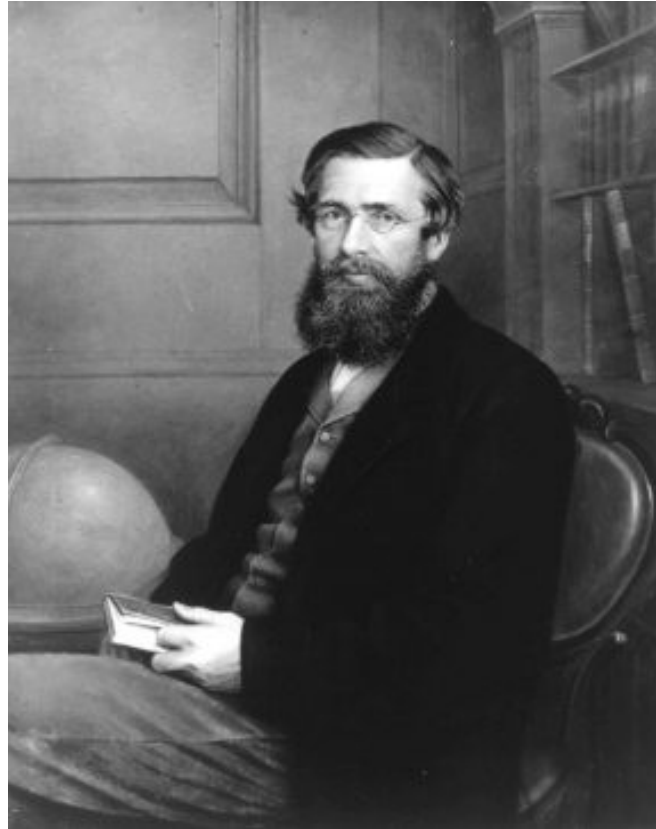
5. srpna 1857: nástin teorie A. Grayovi

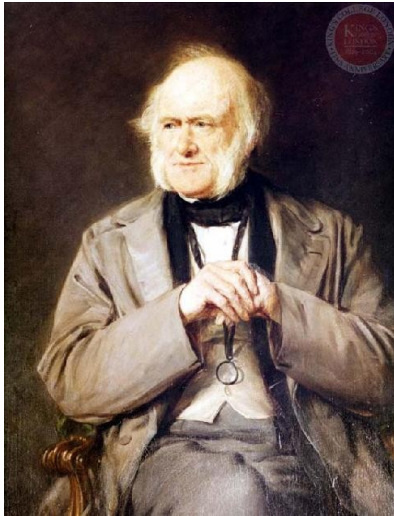
1858: dopis od A.R. Wallaceho *On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type* (O sklonu variet nekonečně se odchylovat od původního typu)



Alfred Russel Wallace

(1823–1913)

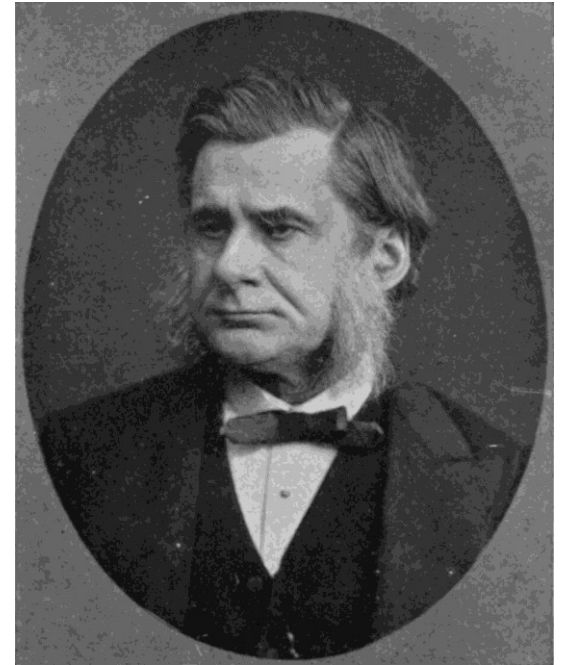




Charles Lyell
(1797–1875)



Joseph Dalton Hooker
(1814–1879)



Thomas Henry Huxley
(1825–1895)

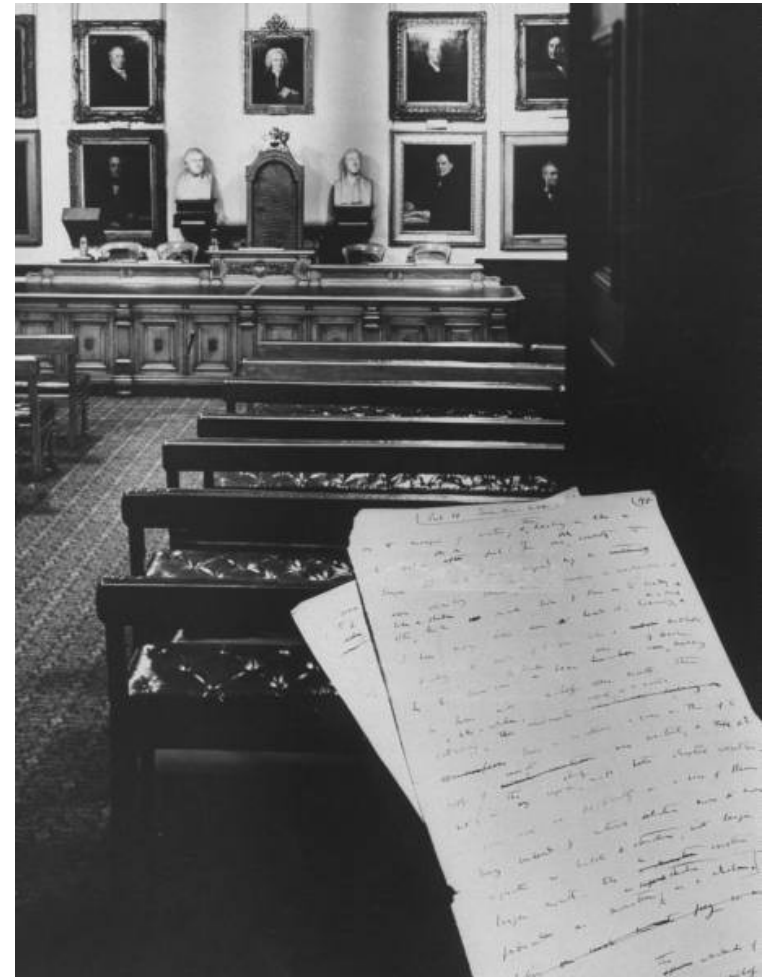


Asa Gray (1810–1888)

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

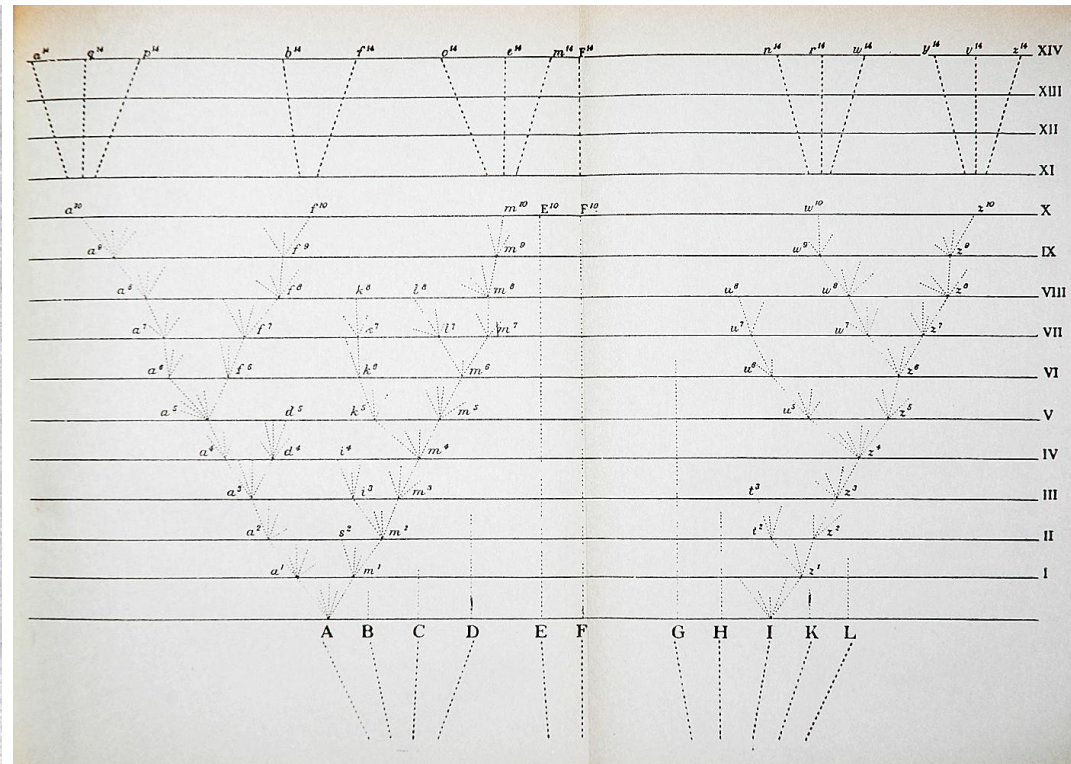
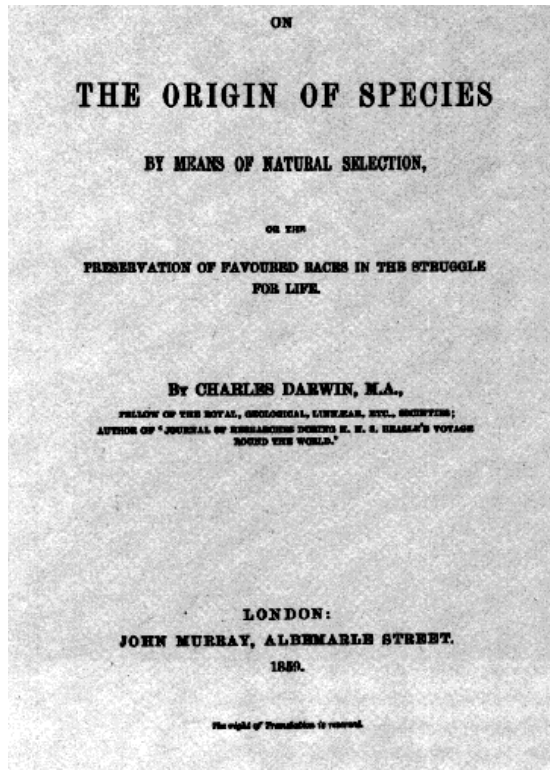
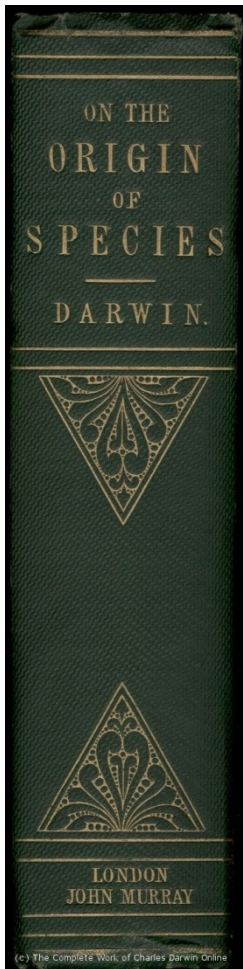
(O sklonu druhů vytvářet variety; a o zachovávání variet a druhů přírodním výběrem)



24. listopadu 1859

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

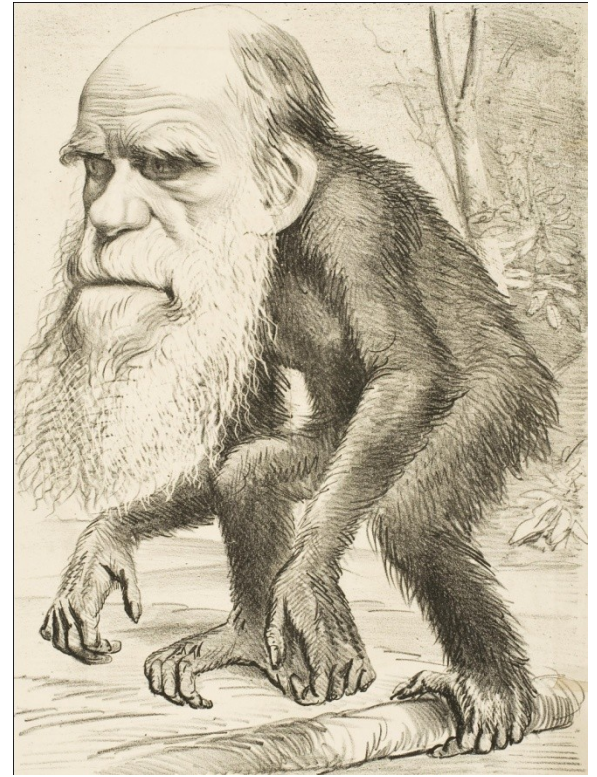
(O vzniku druhů přírodním výběrem, neboli uchováním prospěšných plemen v boji o život)



„Jak neobyčejně hloupé,
že to člověka nenapadlo!“



T. H. Huxley



MR. BERGH TO THE RESCUE.

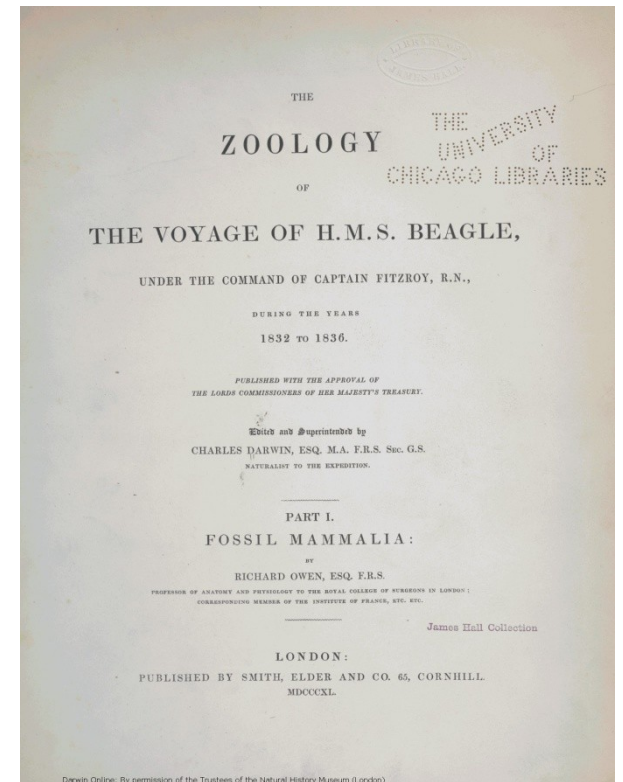
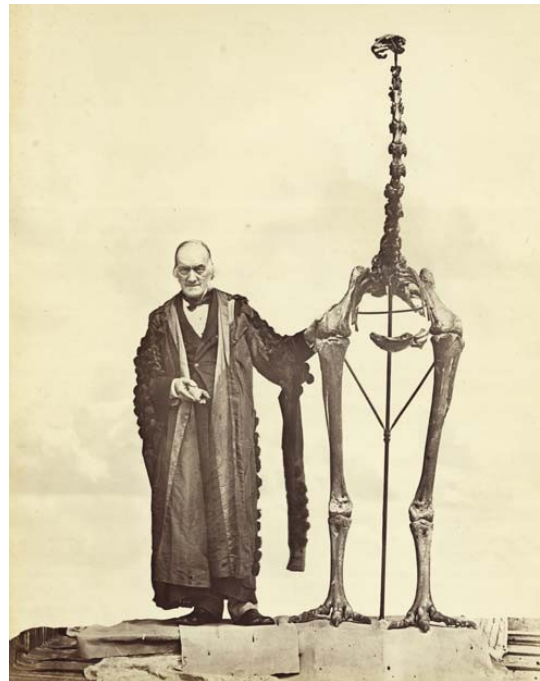
THE DEFRAUDED GORILLA. "That *Man* wants to claim my Pedigree. He says he is one of my Descendants."

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

MEANWHILE...
JESUS AND DARWIN
WERE FIGHTING AGAIN.



Richard Owen (1804–1892)

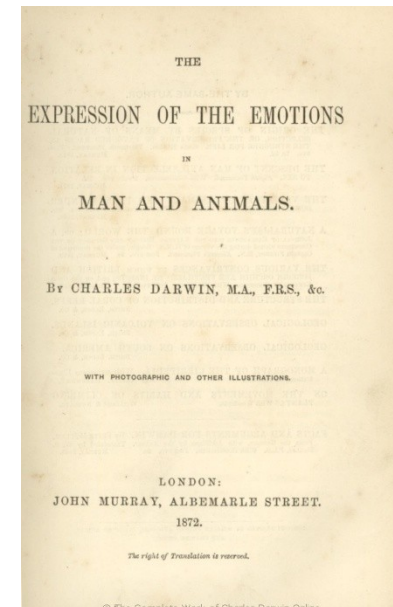
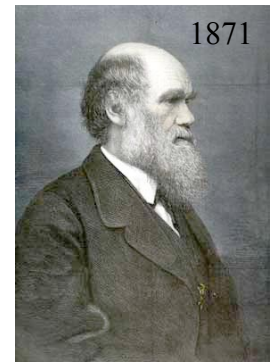
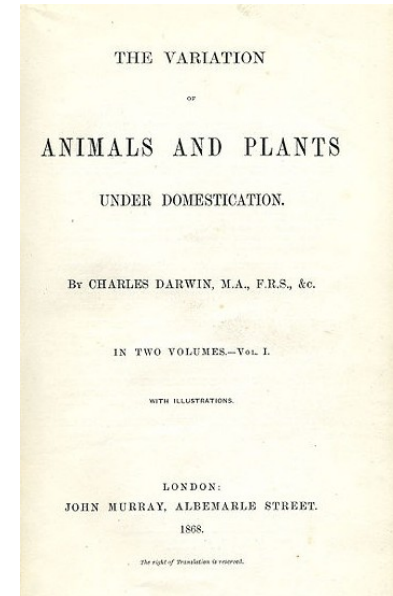
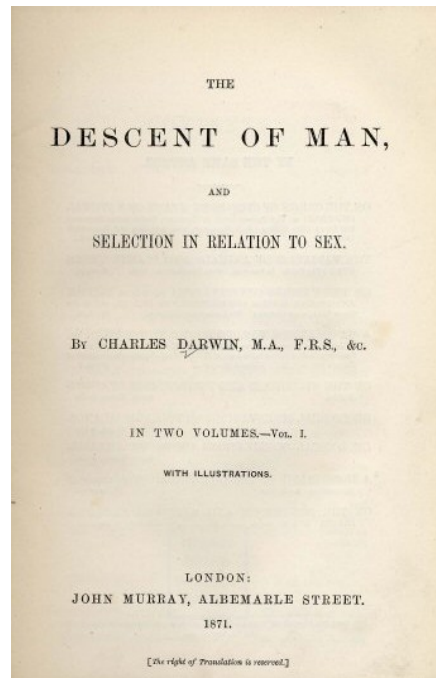
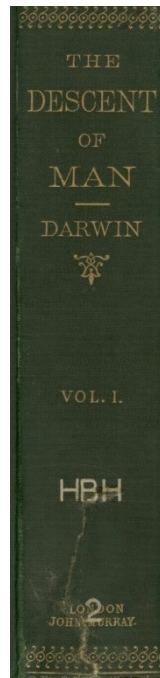
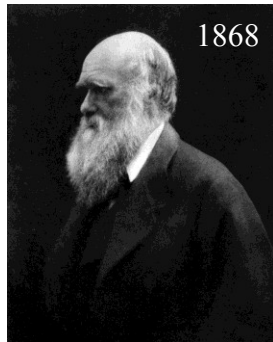


Samuel Wilberforce
(1805–1873)



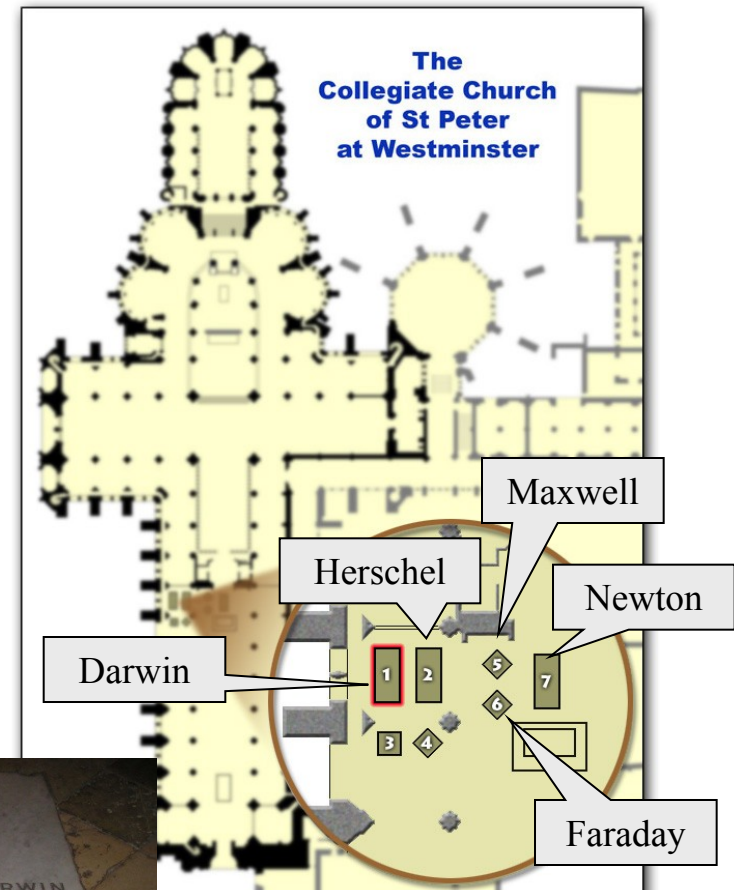
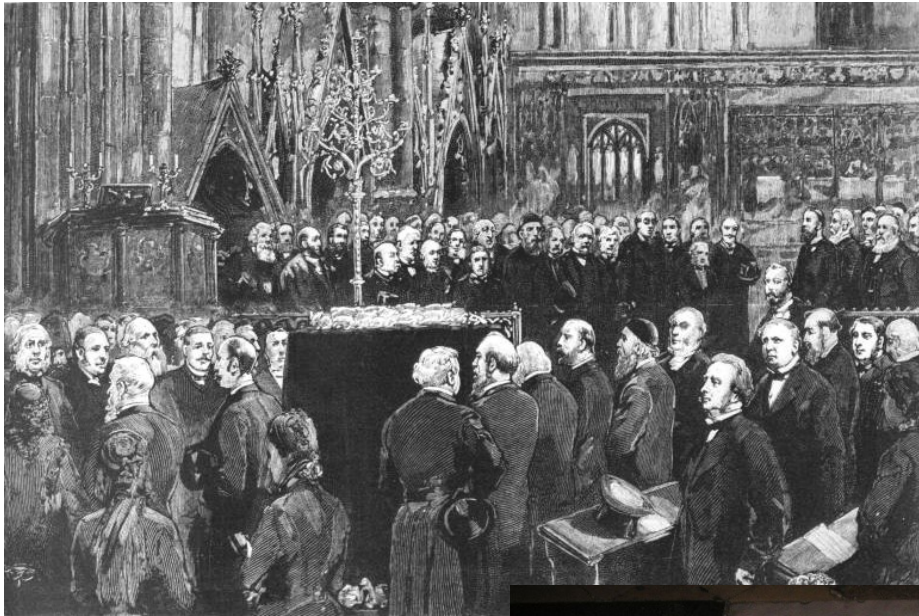
1868: *The variation of animals and plants under domestication*
(*Proměnlivost rostlin a živočichů při domestikaci*)

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.

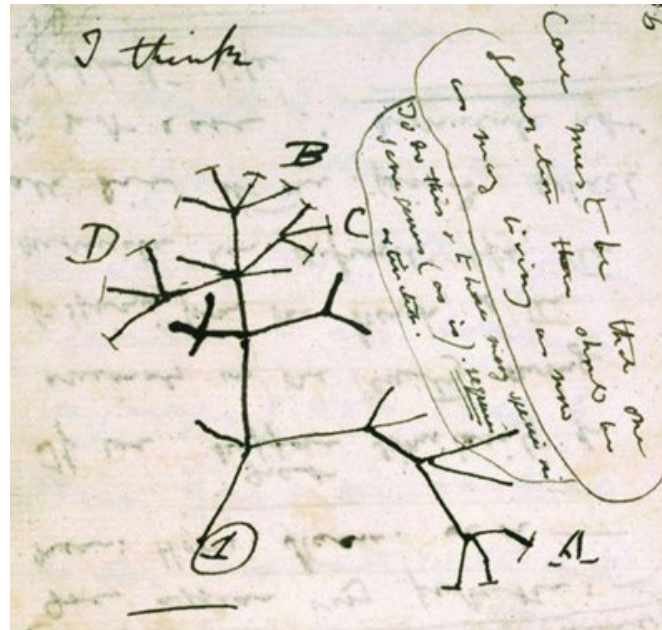


Darwinova teorie = DARWINISMUS:

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

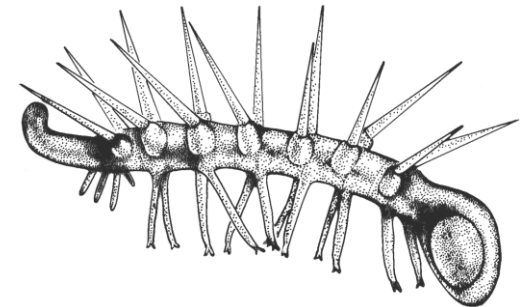
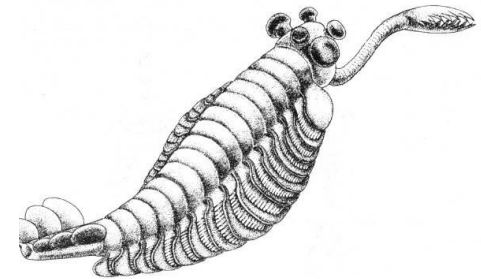
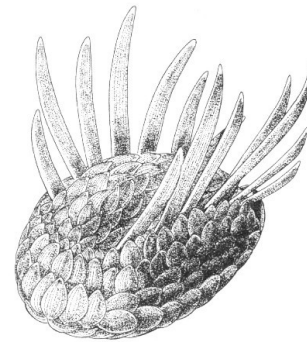
kambrické zkameněliny →



stromatolity



prekambrium (Ediakarská fauna)



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

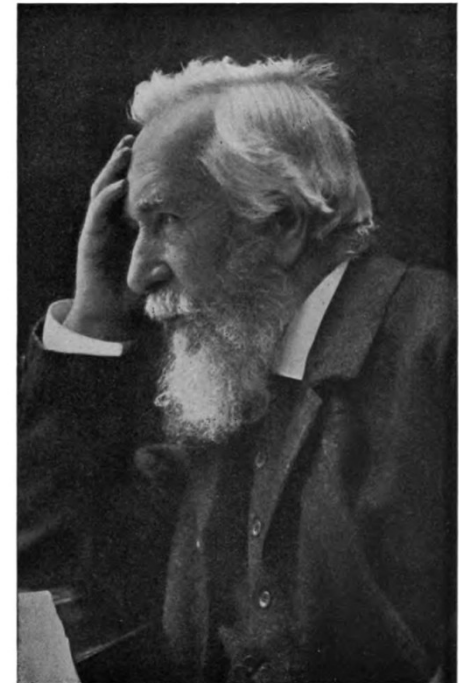
neznalost teorie dědičnosti:

směsná dědičnost (x 1867 Fleeming Jenkins)

pangeneze (gemmuly)

Ernst Haeckel (1834–1919):

zákon rekapitulace



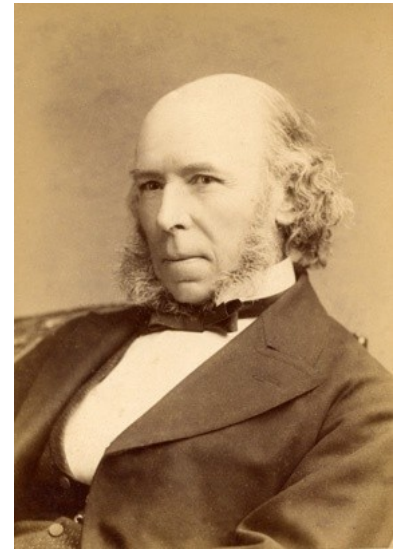
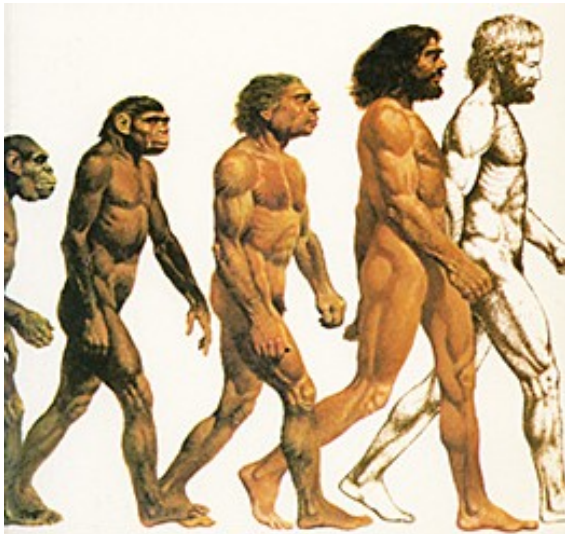
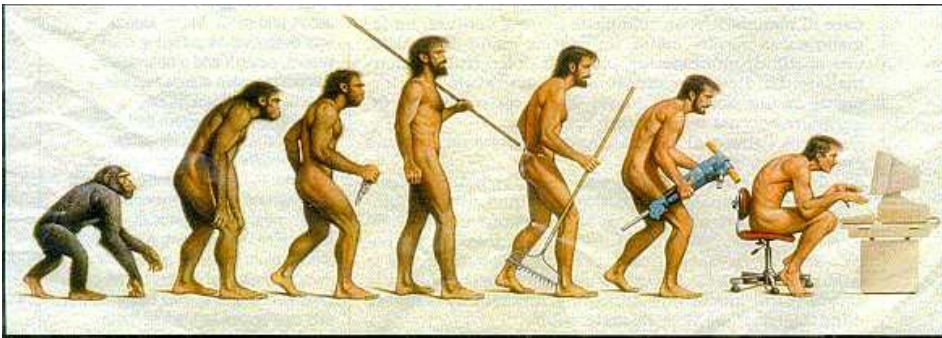
Ernst Haeckel

Herbert Spencer (1820–1903)

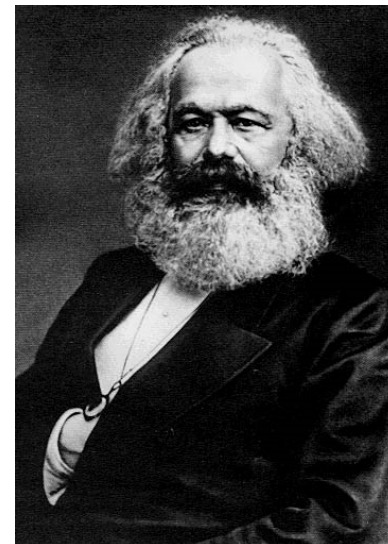
sociální darwinismus

marxismus

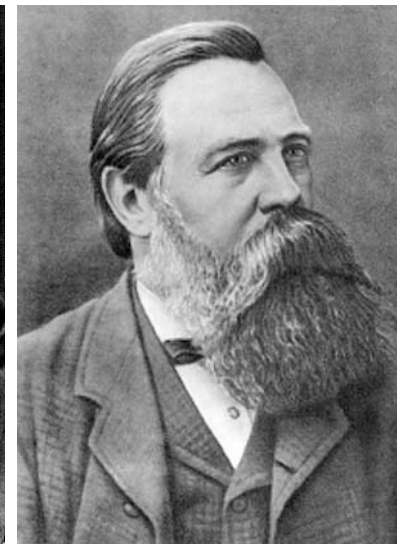
evoluce jako progresivní vývoj



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



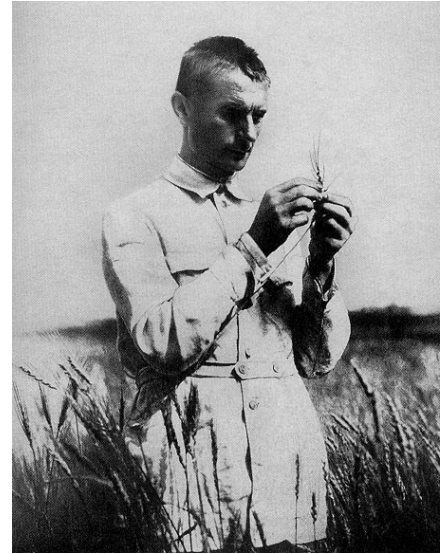
Alternativní teorie

2. Neolamarckismus:

Paul Kammerer, Arthur Koestler

lysenkismus: Trofim Děnisovič Lysenko

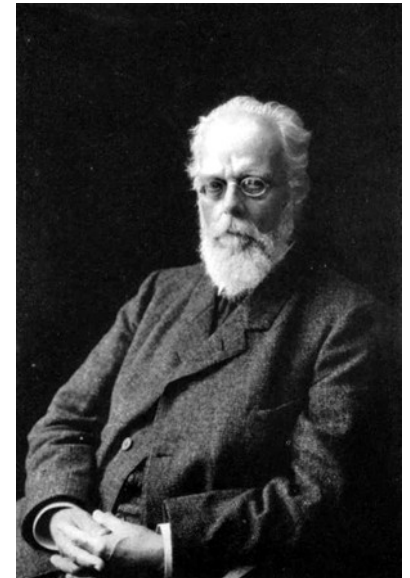
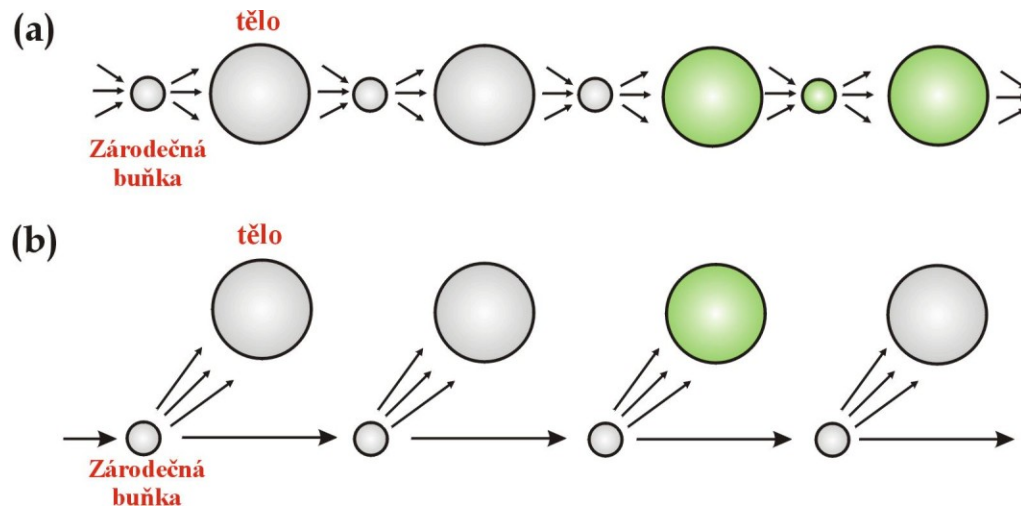
T. D. Lysenko



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

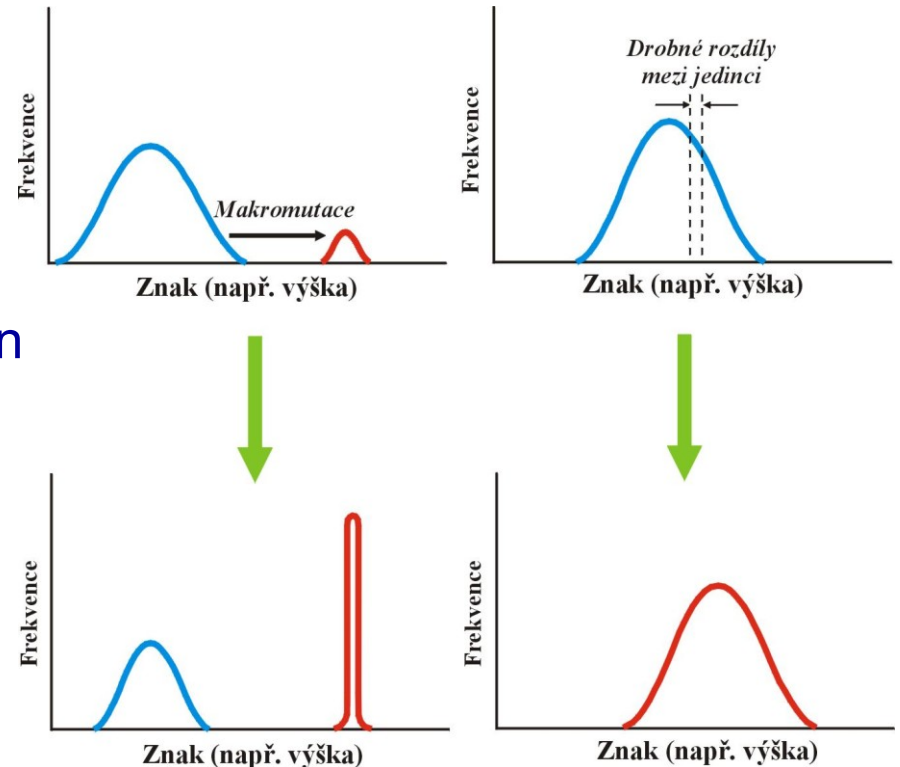
diskrétní proměnlivost

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



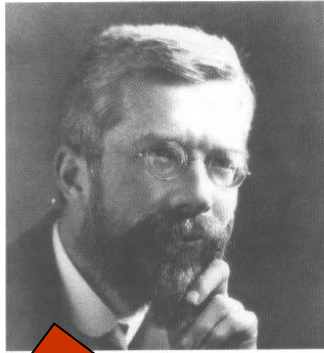
SEWALL WRIGHT

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 zákony

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?

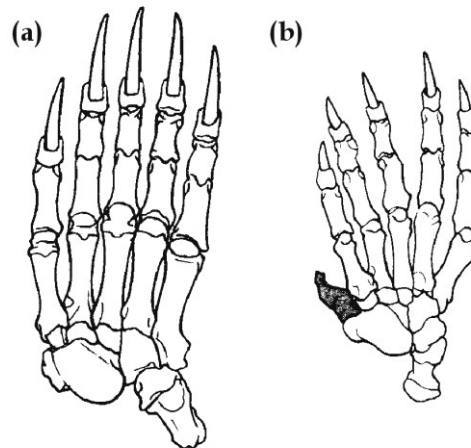
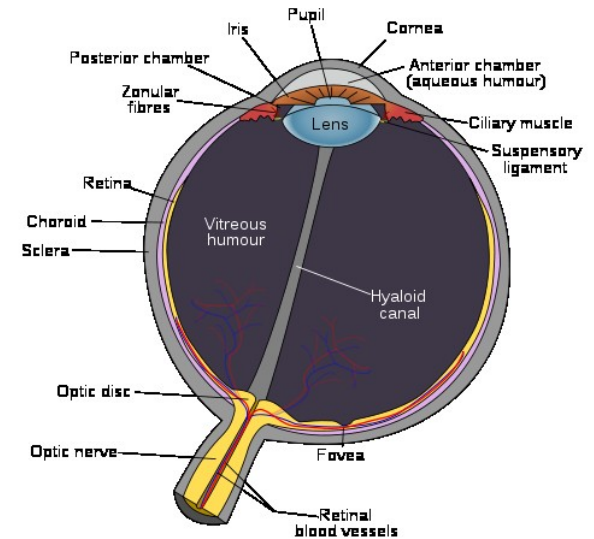
experimentální evoluce: *Primula verticillata* × *P. floribunda* → *P. kewensis*
Galleopsis pubescens × *G. speciosa* → *G. tetralit*

hierarchické uspořádání

suboptimální znaky - inverzní oko, hrtanový nerv

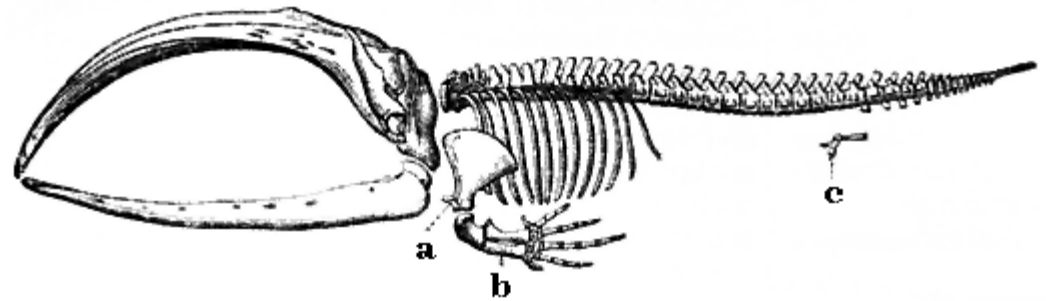
homologie: orgány, genetický kód,
aminokyseliny

konvergence



rudimentární orgány

fosilní záznam a fylogeneze



(a) Podle anatomie byla evoluční sekvence moderních obratlovců



(b) Pořadí hlavních skupin obratlovců ve fosilním záznamu

