

# **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:

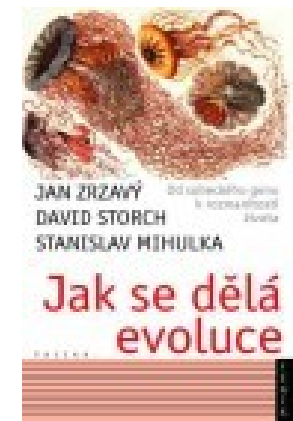
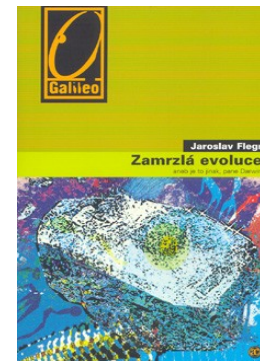
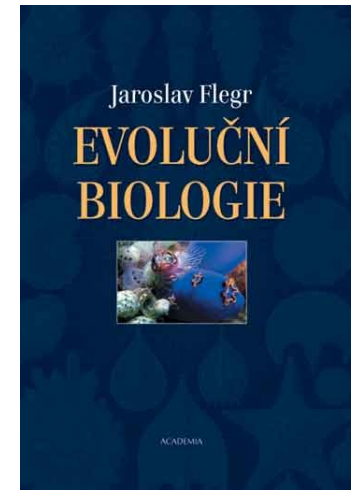
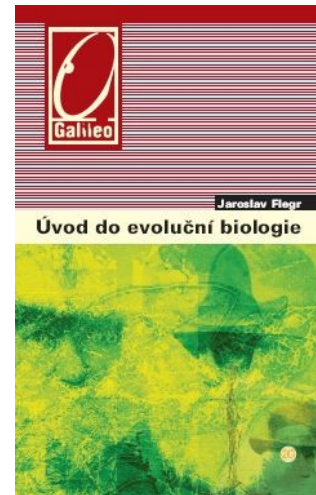
Flegr, J. (2005): Evoluční biologie.

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

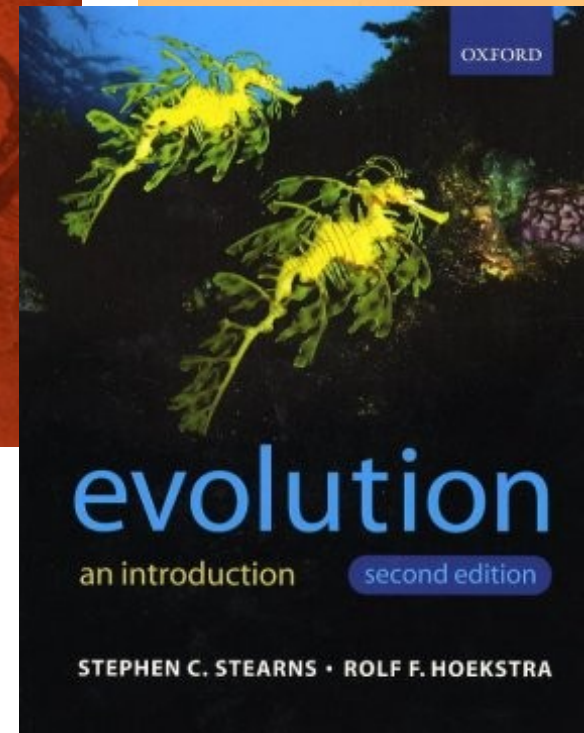
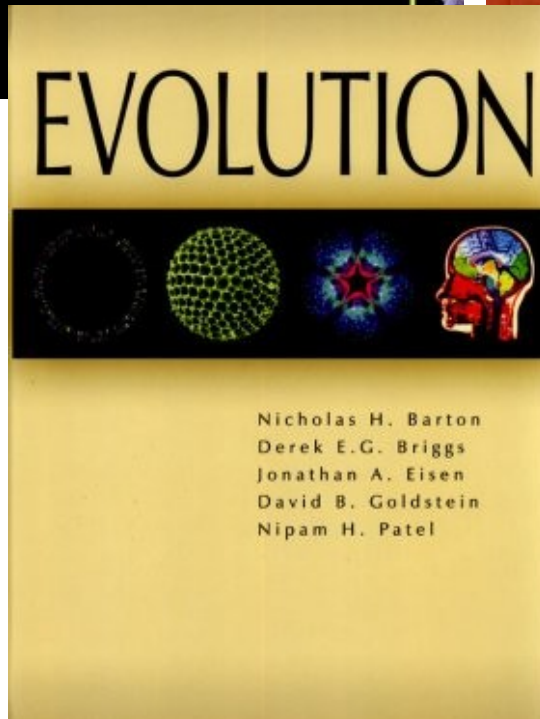
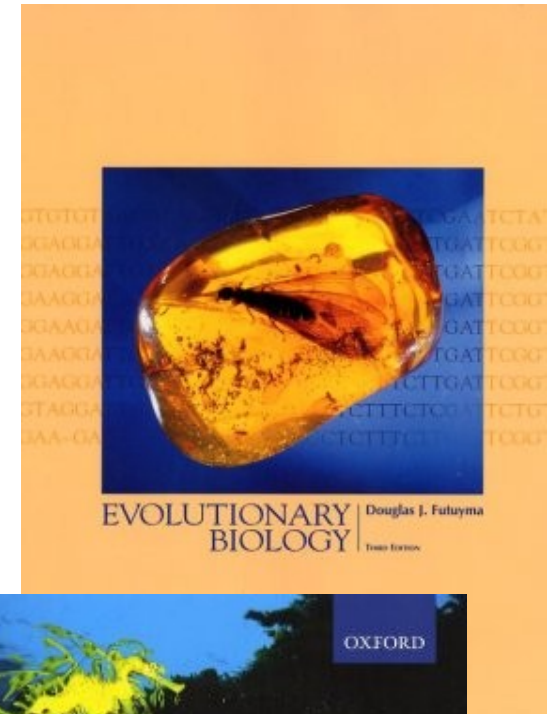
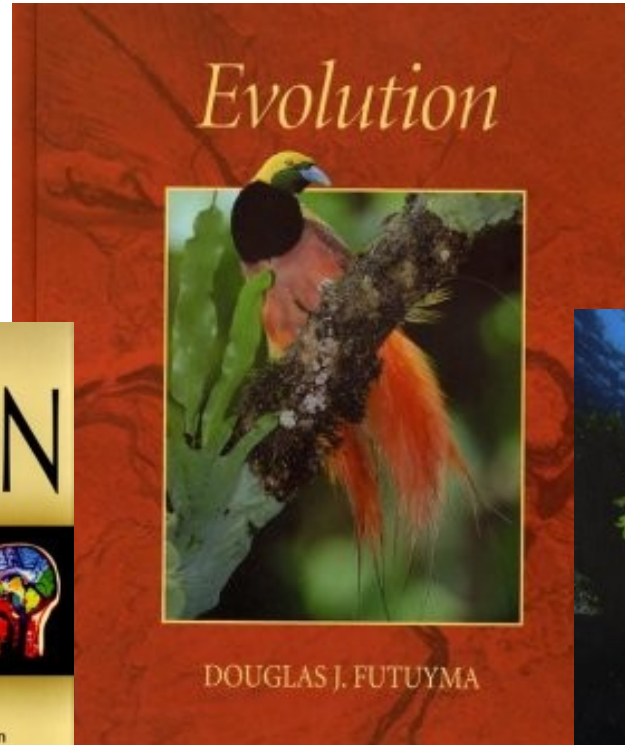
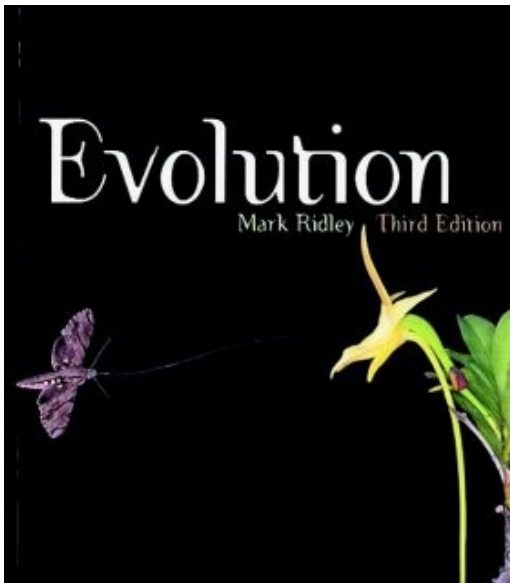
## Knihy:

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

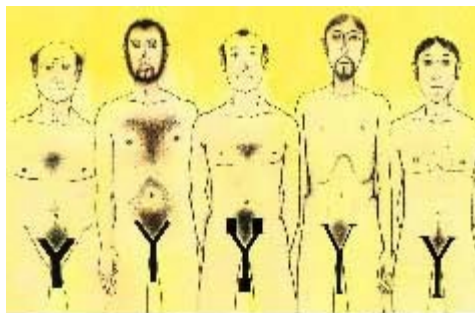
Flegr, J. (2006): Zamrzlá evoluce.



# Literatura



# Literatura



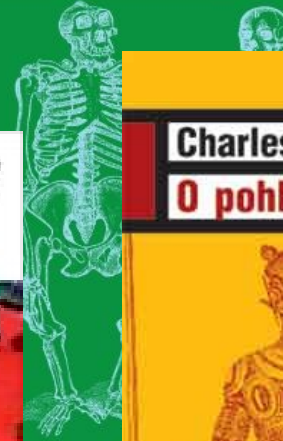
Charles Darwin  
O původu člověka

STEVE JONES  
Y: Původ mužů

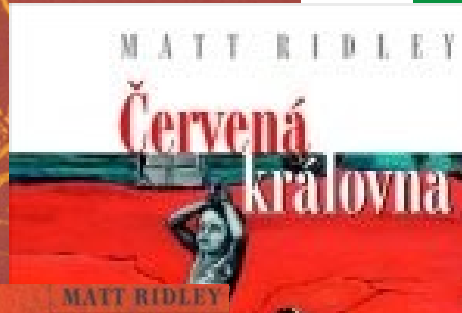
PASEKA



Charles Darwin  
O vzniku druhů  
přírodním výběrem



Charles Darwin  
O pohlavním výběru



MATT RIDLEY

Červená královna

MATT RIDLEY



CARL ZIMMER  
Pohled do světa nejnebezpečnějších tvorů planety  
Vládce parazit

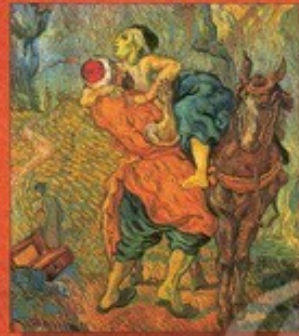
PASEKA

FÉNIX

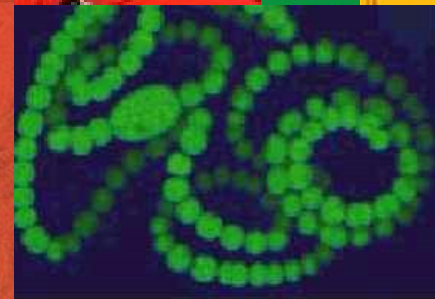
portál

Původ ctnosti

O evolučních základech a zákonitostech nesebeckého jednání člověka

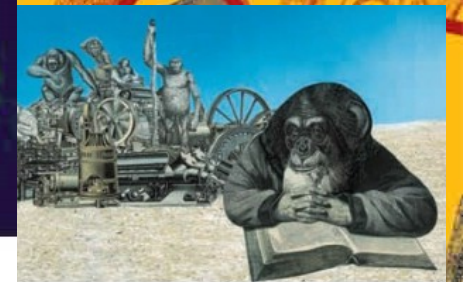


EDICE SPEKTRUM



RICHARD DAWKINS  
Zázrak života očima evoluční biologie  
Slepý hodinář

PASEKA



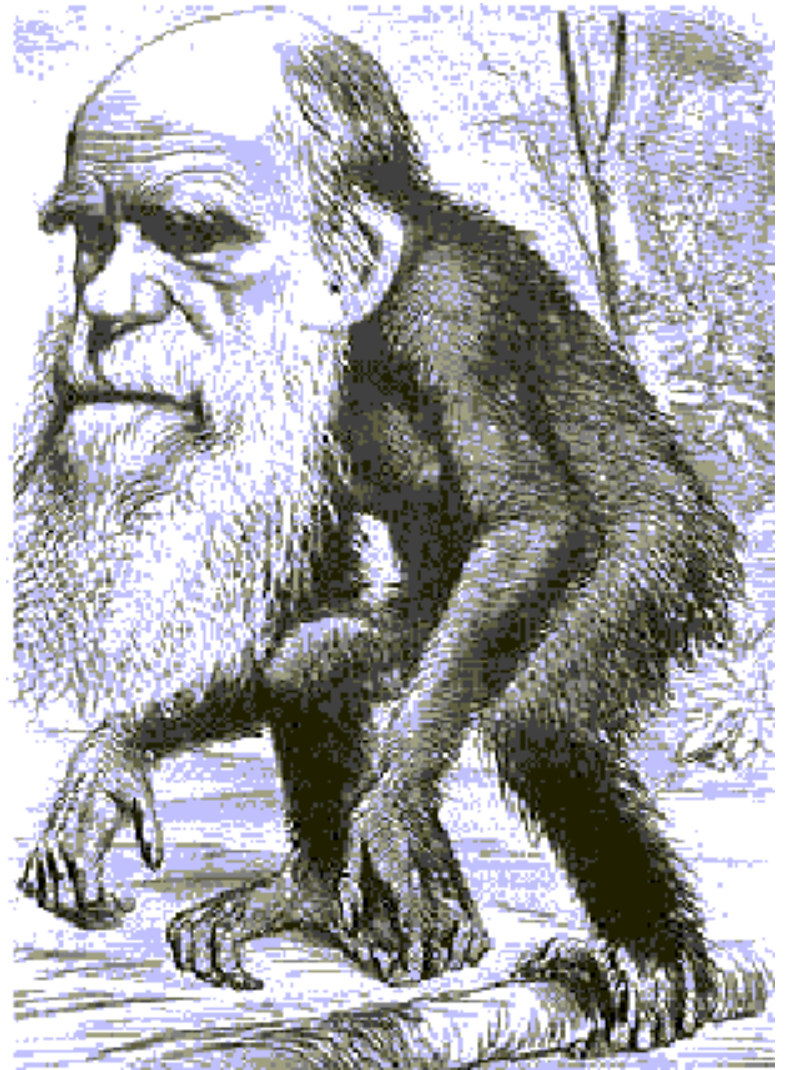
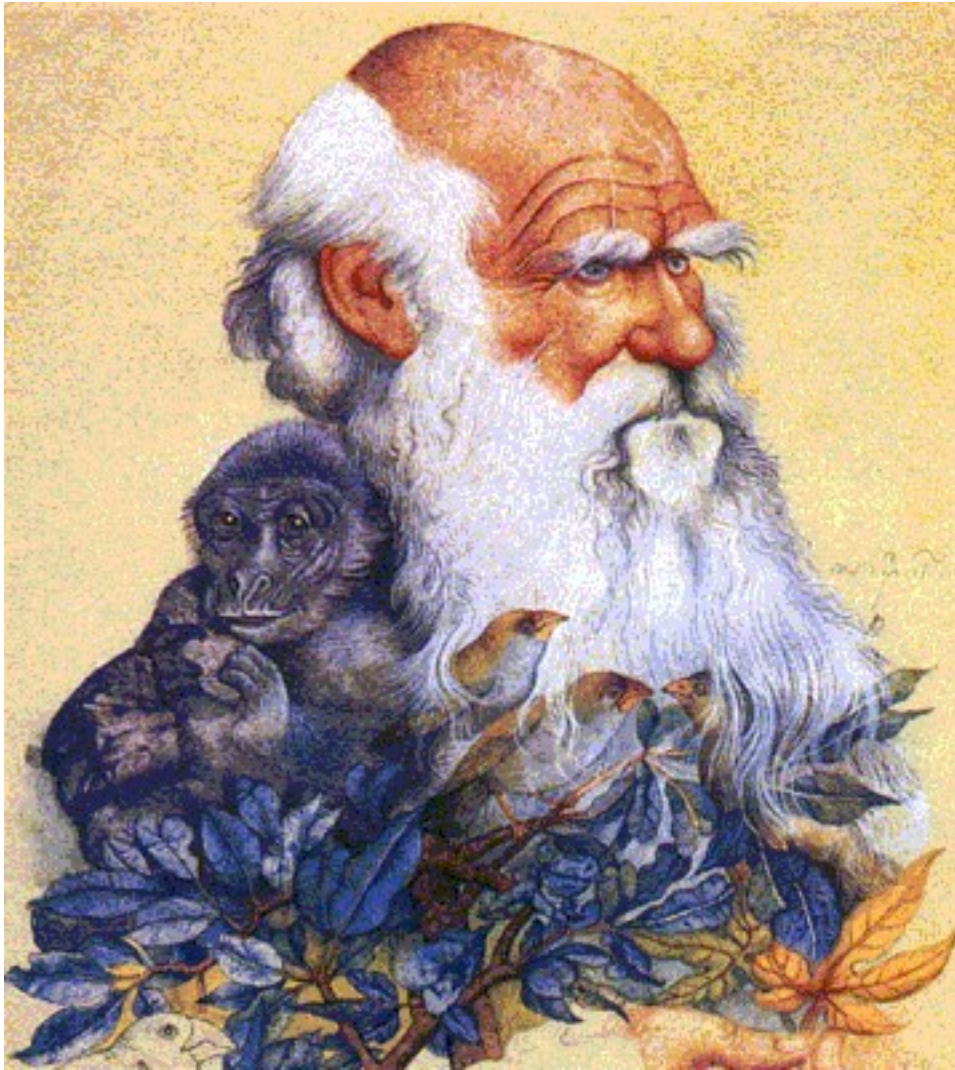
JARED DIAMOND  
Vzestup a pád lidského rodu  
Třetí šimpanz

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

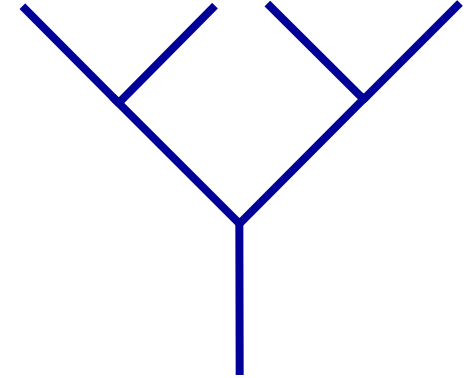
= vědní obor zkoumající obecné zákonitosti  
**biologické evoluce**

**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



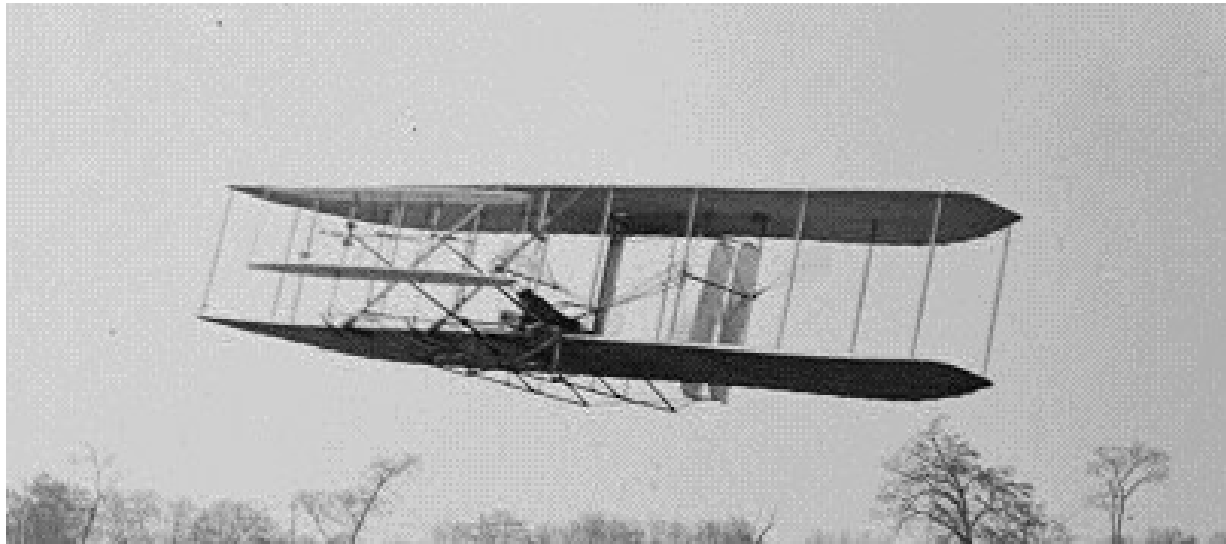
**teleologie:** vše se děje za určitým účelem (účelnost  $\neq$  účelovost)

**finalismus:** směřování k předem danému cíli -

Teilhard de Chardin: „bod omega“

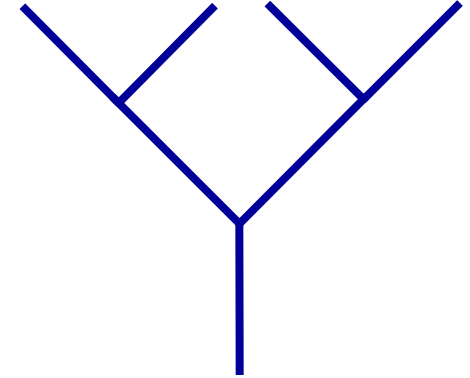
- je náhodná (procesy a mechanismy deterministické a stochastické)
- je oportunistická - nenachází globální optima





# VLASTNOSTI BIOLOGICKÉ EVOLUCE

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



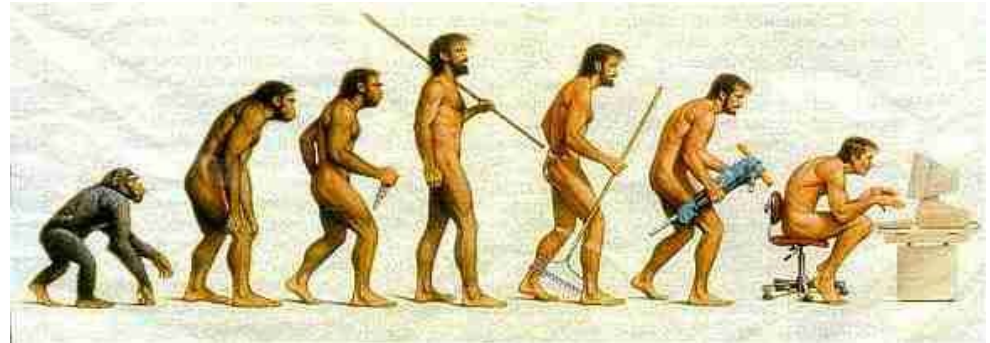
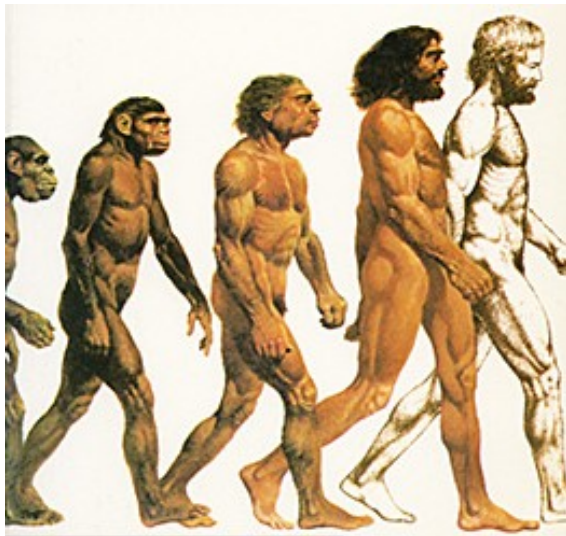
**teleologie:** vše se děje za určitým účelem (účelnost  $\neq$  účelovost)

**finalismus:** směřování k předem danému cíli -

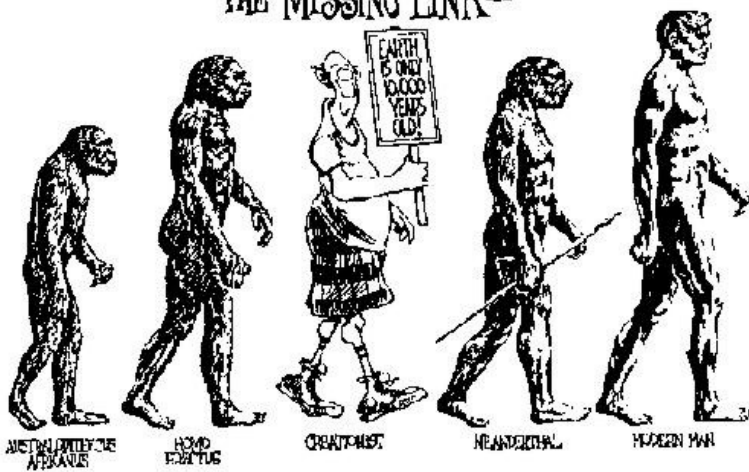
Teilhard de Chardin: „bod omega“

- 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

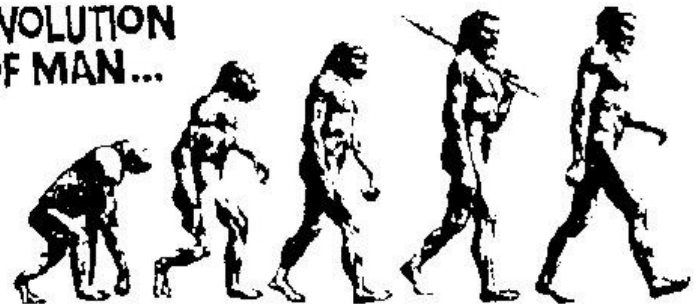
# Je evoluce progresivní?



NOBEL SCIENTISTS DISCOVER  
THE MISSING LINK--



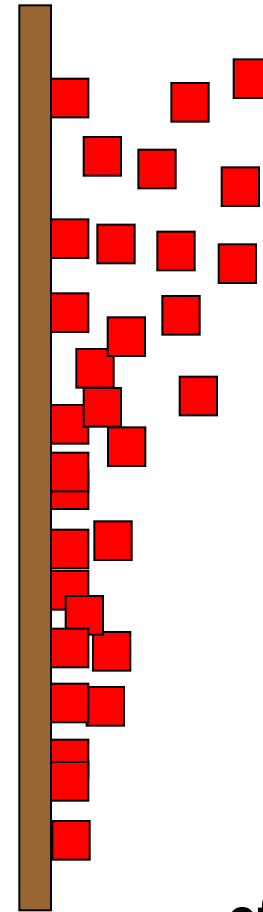
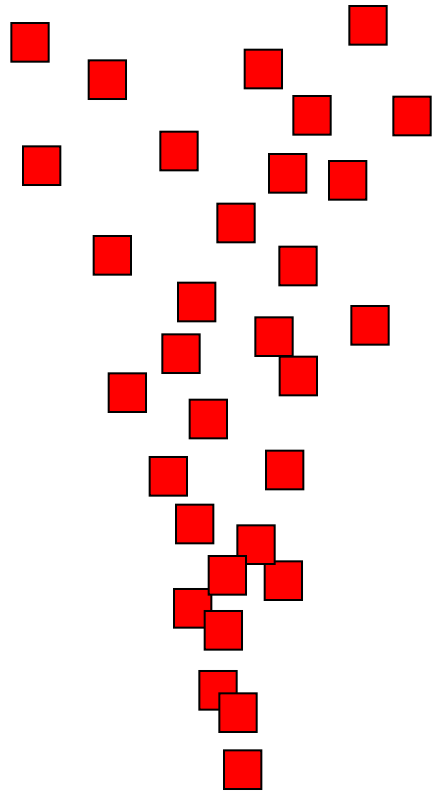
EVOLUTION  
OF MAN...



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 žádný 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

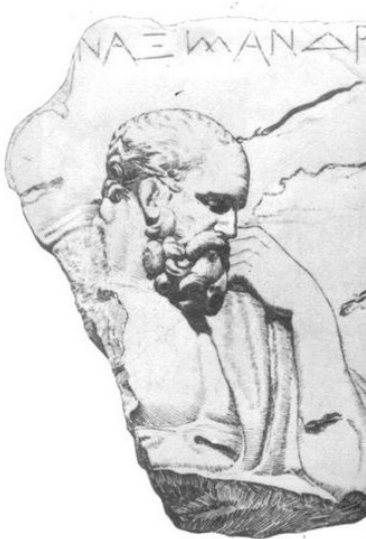
**Historii evolučního myšlení lze rozdělit na následující etapy:**

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

# HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

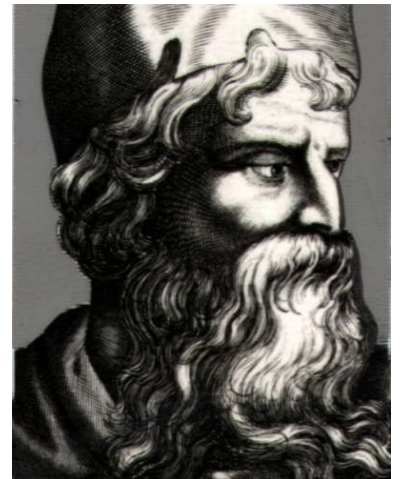
## 1. Před Darwinem

### 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



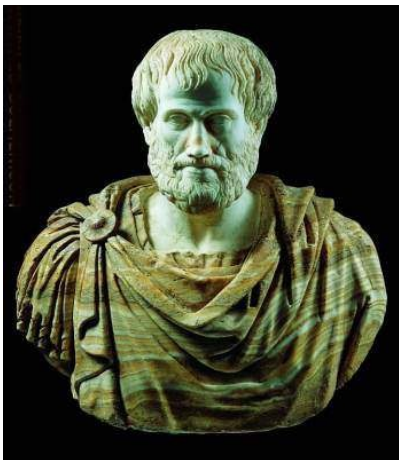
# HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

## 1. Před Darwinem

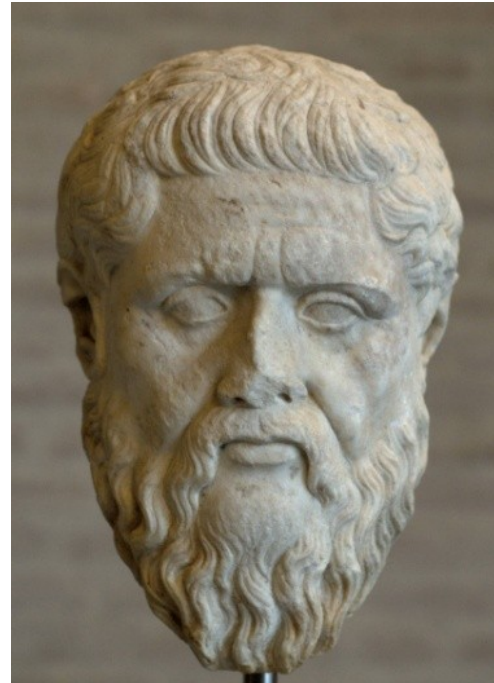
### A) antika a středověk:

#### křesťanská filozofie:

- Platónův svět idejí a Bůh
- *Scala Naturae*



**Aristoteles**  
(384 př.n.l.–322 př.n.l.)

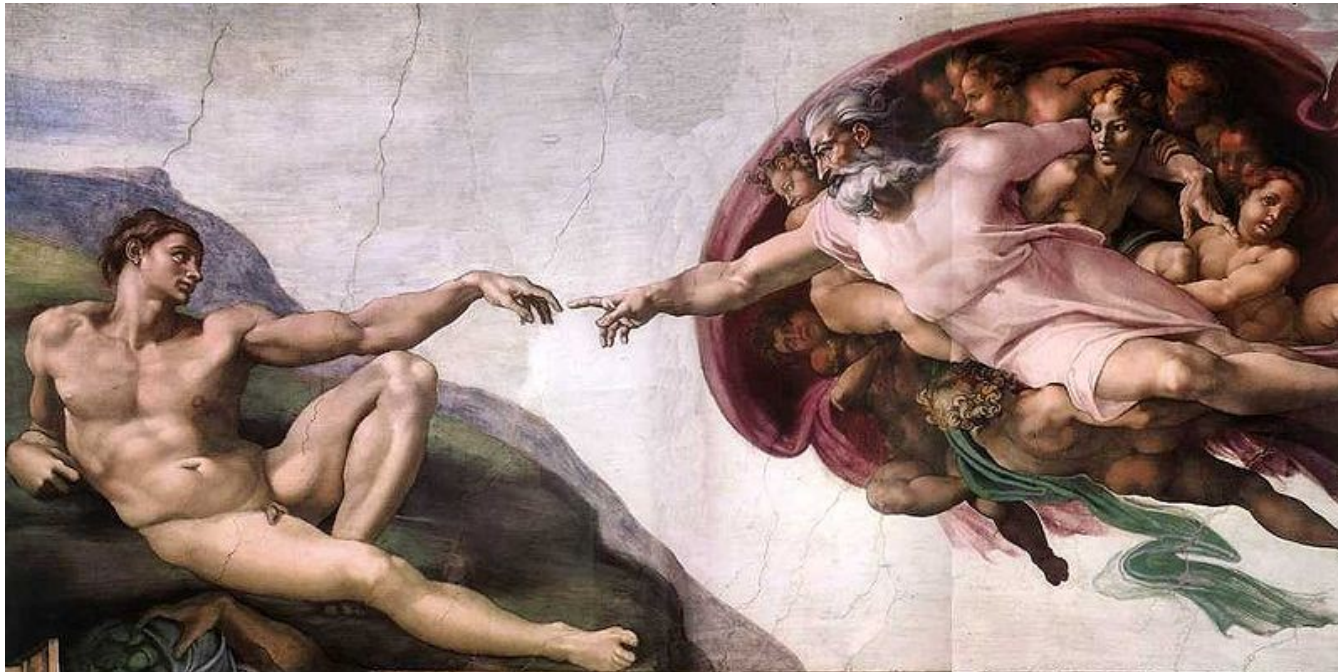


**Platón**  
(427 př.n.l.–347 př.n.l.)



**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

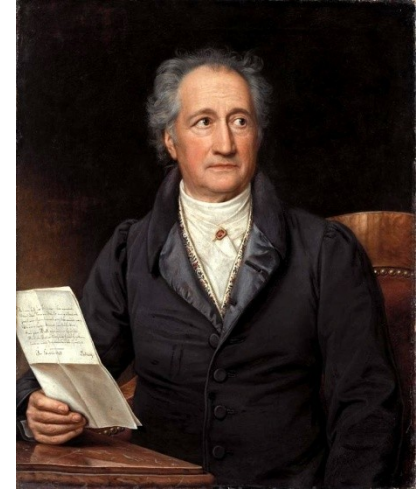


# HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

**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

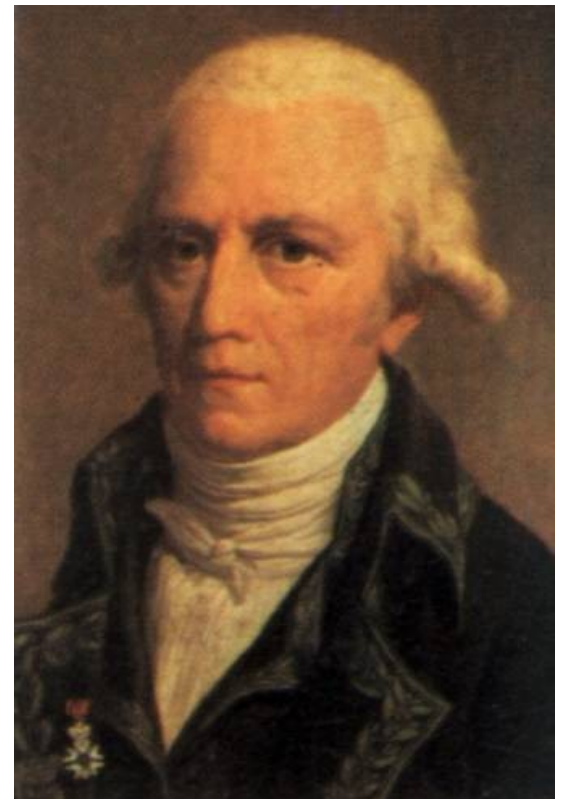
## C) 19. století:

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

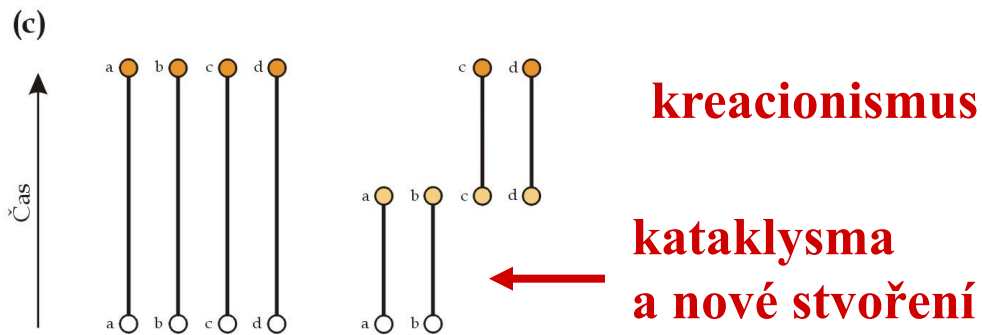
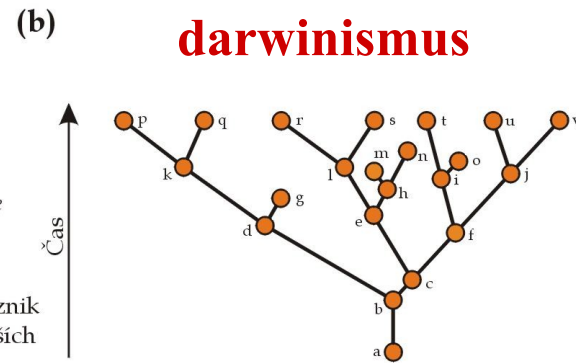
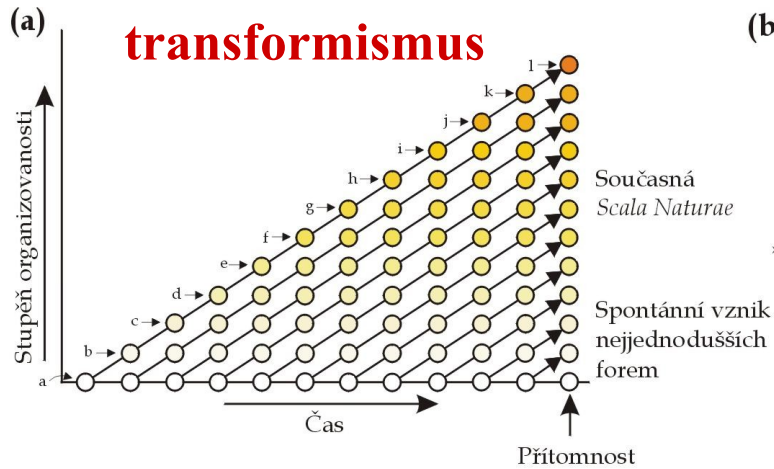
1809: *Philosophie zoologique*

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)



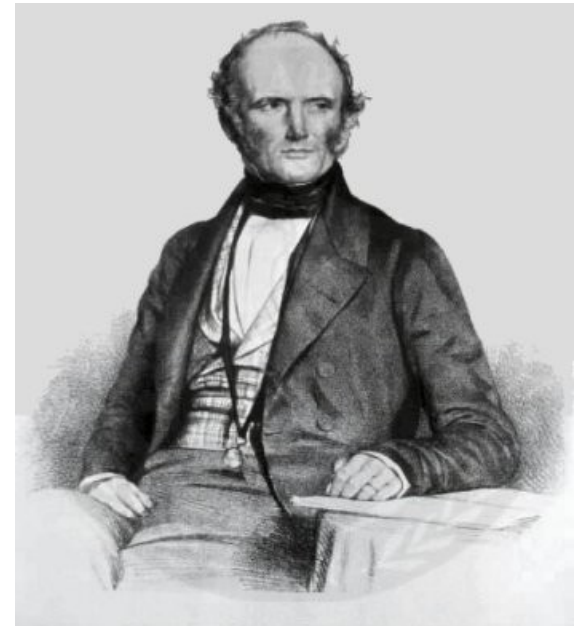
W. Palley



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



J. Hutton

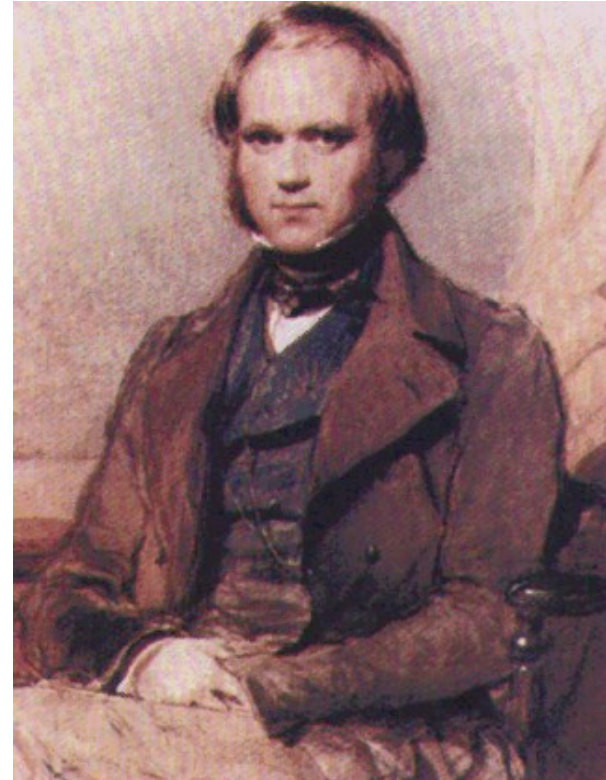
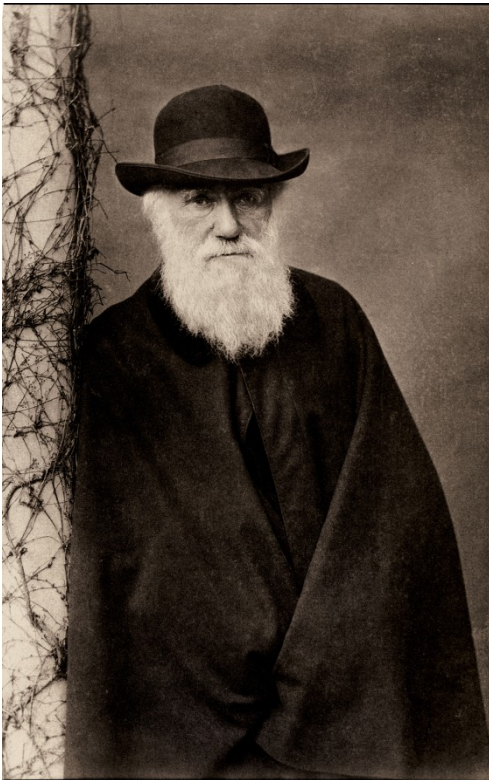


C. Lyell

# 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



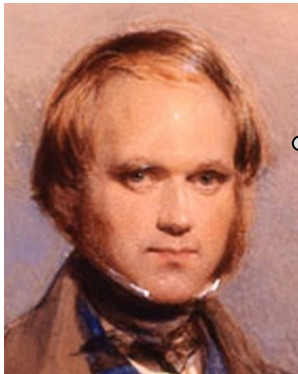




Adam Sedgwick  
(1785–1873)



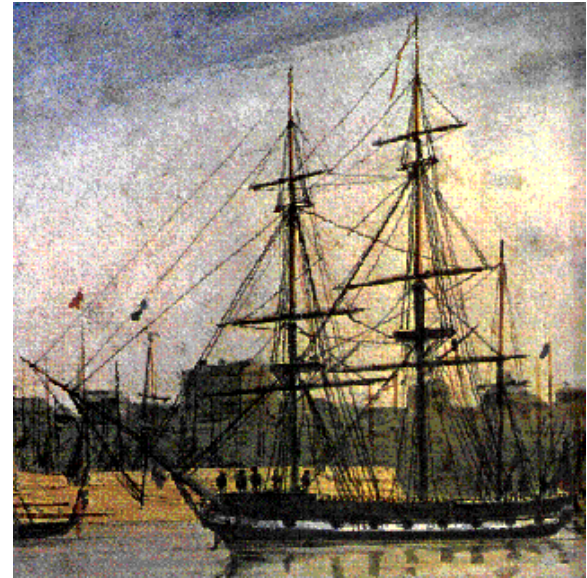
John Stevens Henslow  
(1796–1861)



Budu  
cestovatelem!



Robert FitzRoy  
(1805–1865)



HMS Beagle  
Plymouth 27.12.1831



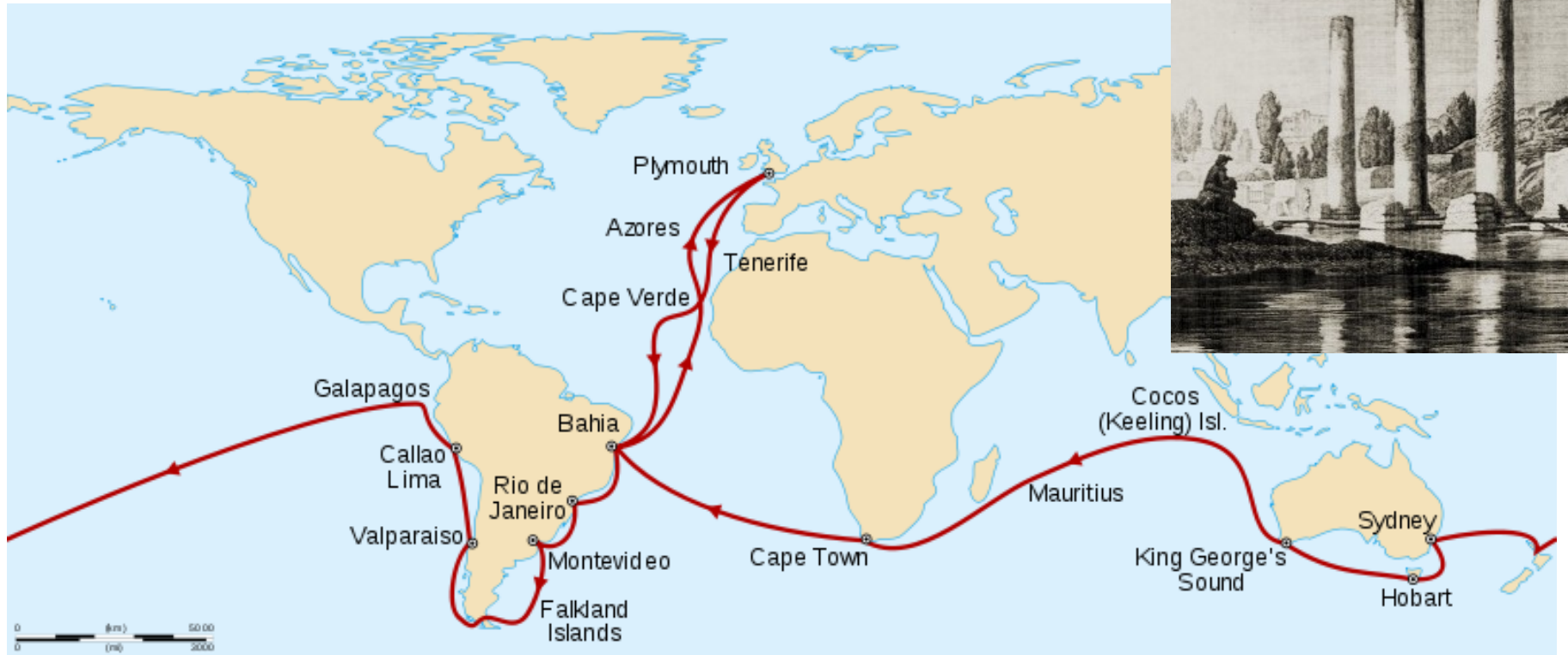
“Ani v nejmenším nepochybujte a neobávejte se, že nejste kvalifikován, buďte si jist, že jste ten správný člověk.“



# HMS Beagle (1831–1836)



# HMS Beagle (1831–1836)

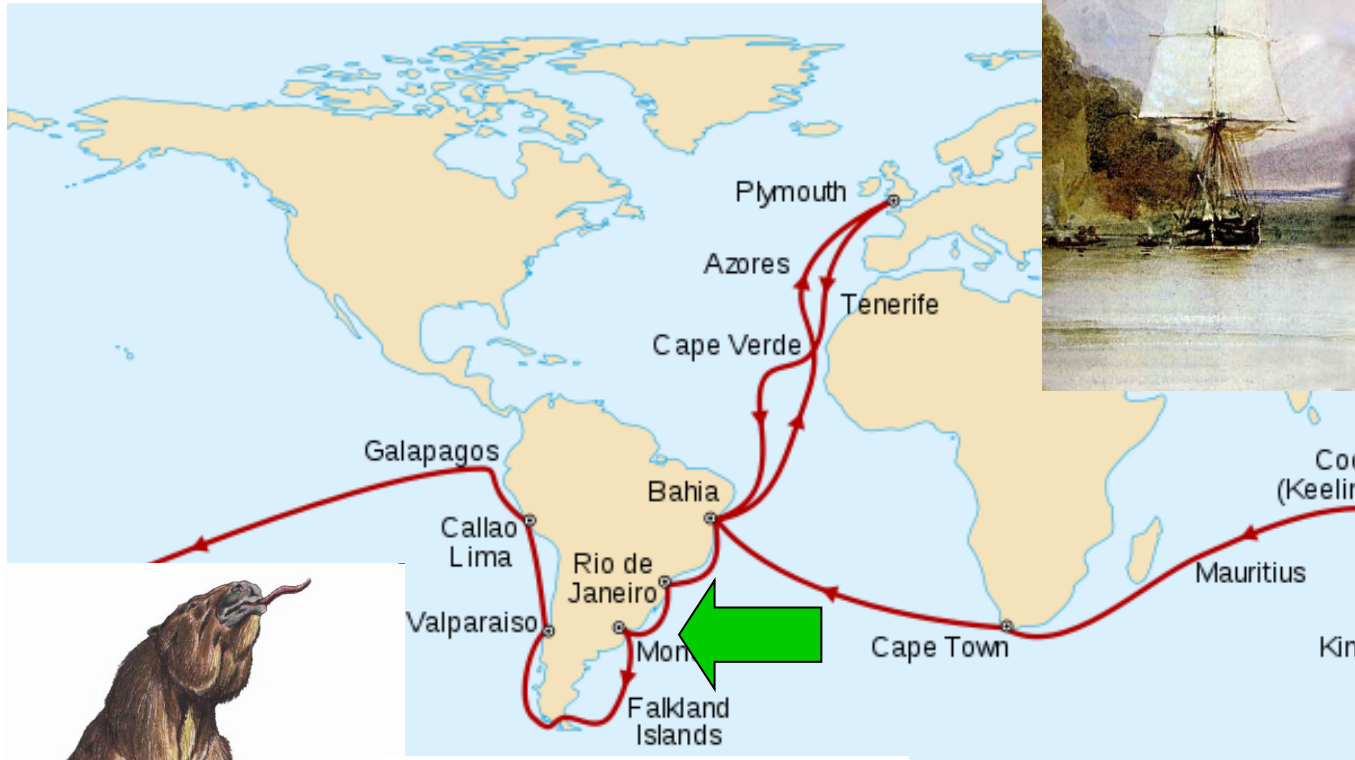


## Charles Lyell

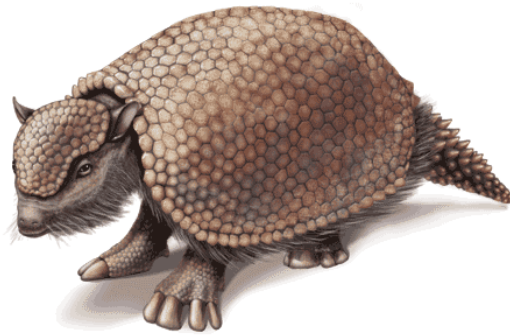
- *Principles of geology* (1830–1833)



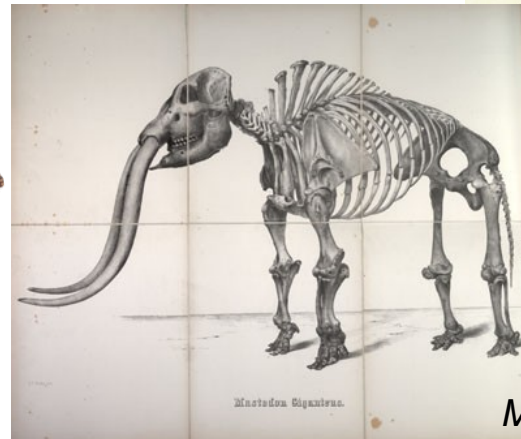
# HMS Beagle (1831–1836)



*Megatherium*



*Glyptodon*



*Mastodon*



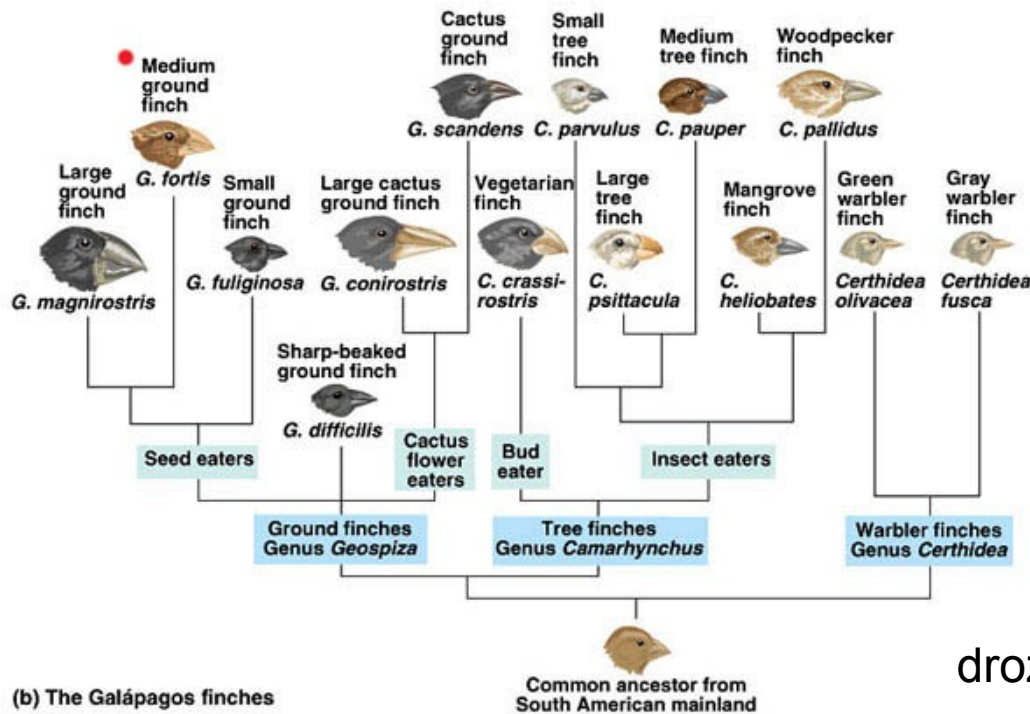
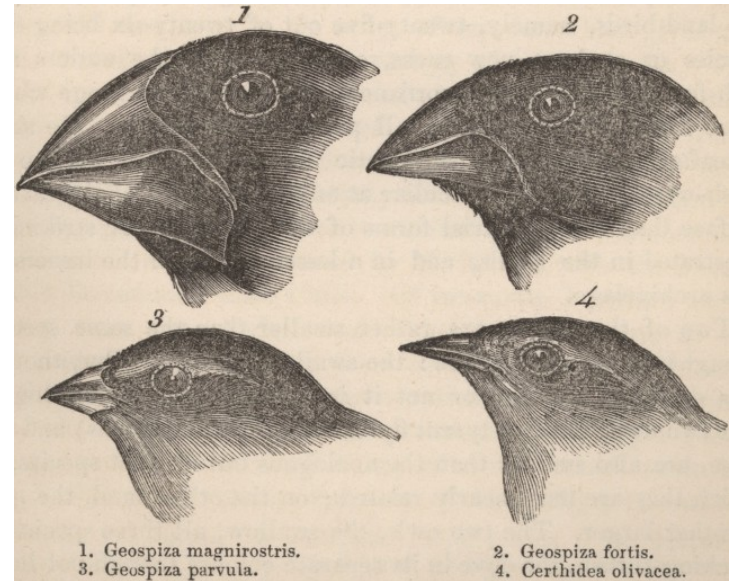
„*Rhea Darwinii*“





John Gould

„Darwinovy pěnkavy“  
(tangary)



(b) The Galápagos finches

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

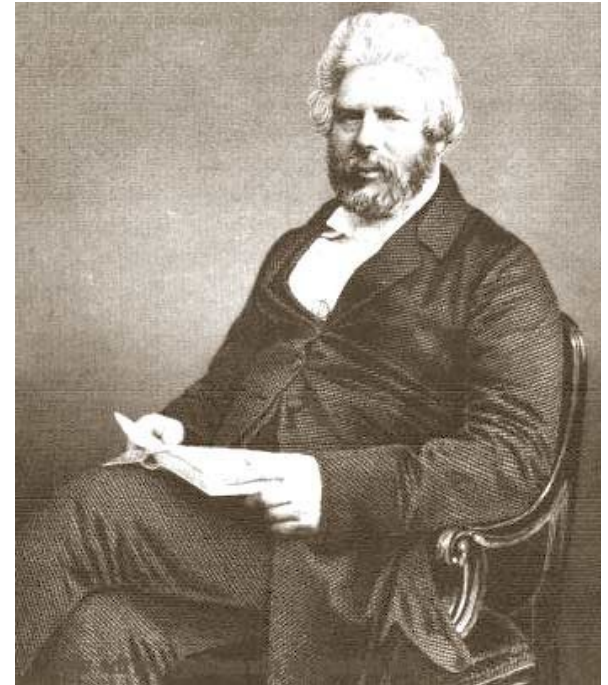


drozdi („mockingbirds“)

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

Robert Chambers  
(1802–1871)

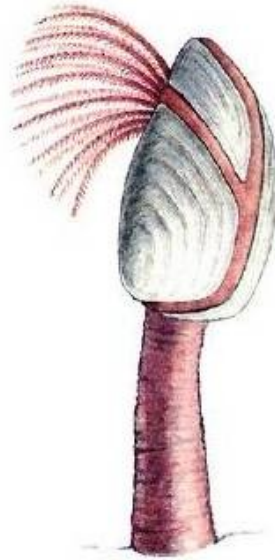
„Jde o odpornou a nečistou věc, jejíž dotek špiní a ze které dýchá zkáza!“  
[z dobového tisku]



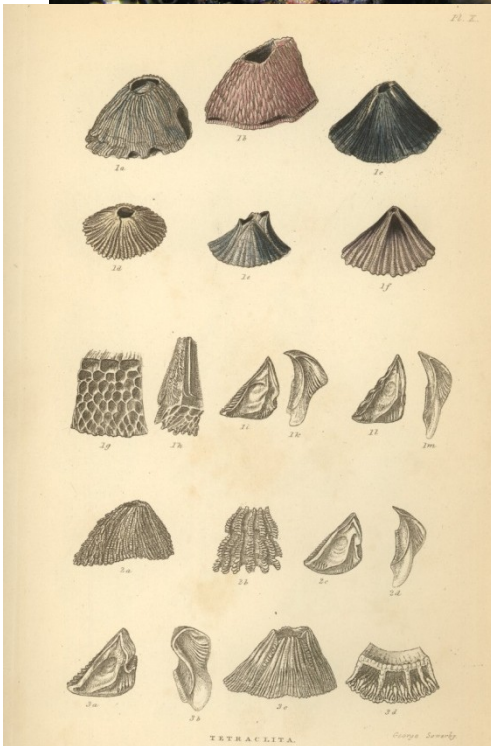
„Jsem si téměř jist (zcela v rozporu se svým dřívějším názorem), že druhy  
(**je to jako přiznat se k vraždě**) nejsou neměnné“.  
[1844, Darwinův dopis J. Hookerovi]



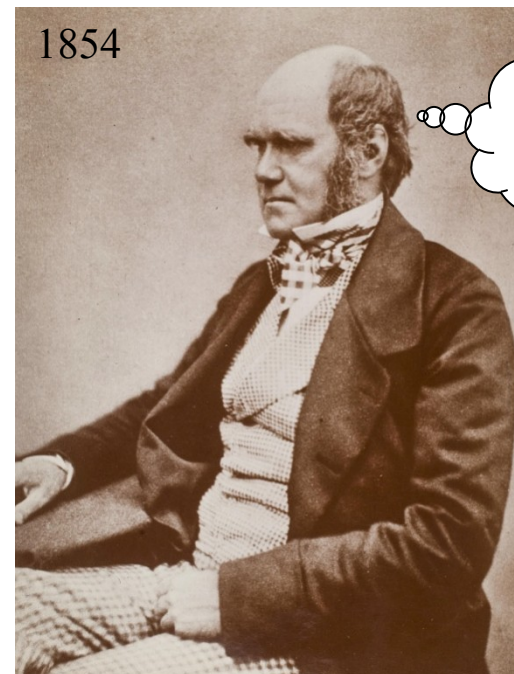
1846 ...



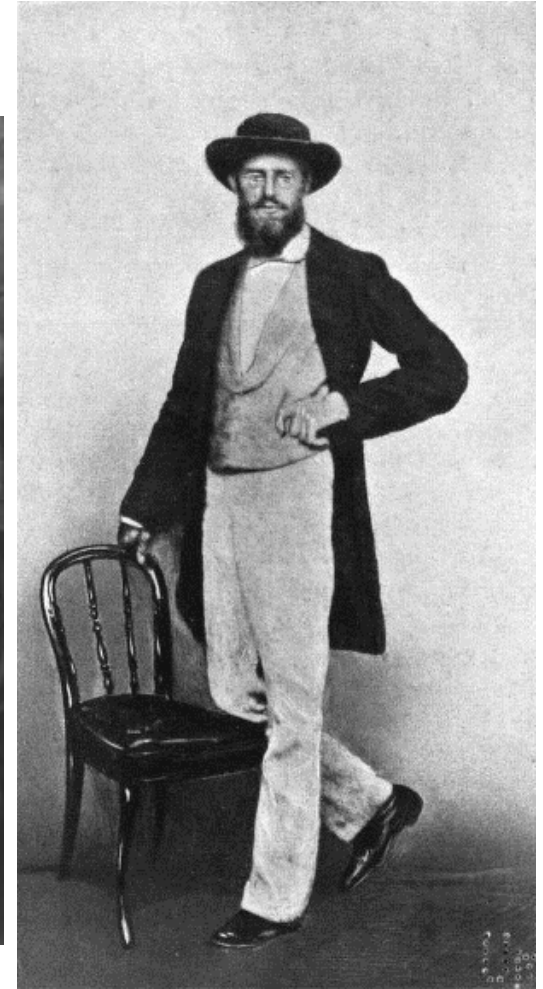
„barnacles“  
(svijonožci, vilejši)

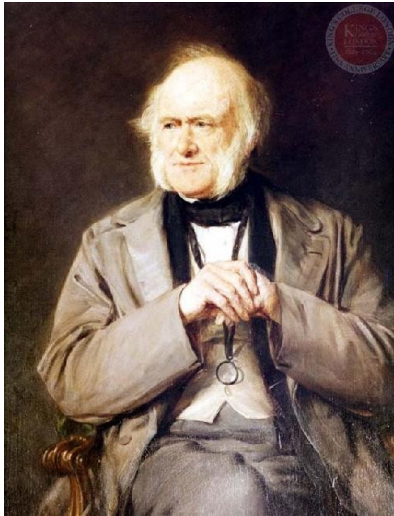


- 1854: 2 knihy o žijících druzích a 2 knihy o vymřelých svijonožcích
- 1856: Darwin začíná pracovat na knize o přírodním výběru, která má mít rozsah 1000 stran ...
- 5. srpna 1857: nástin teorie A. Grayovi
- 1858: dopis od A.R. Wallaceho *On the tendency of varieties to depart indefinitely from the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



**Alfred Russel Wallace**  
(1823–1913)

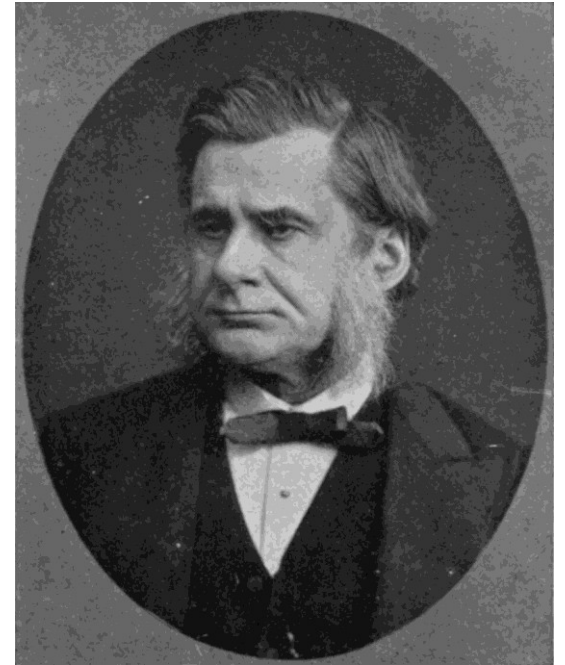




Charles Lyell  
(1797–1875)



Joseph Dalton Hooker  
(1814–1879)



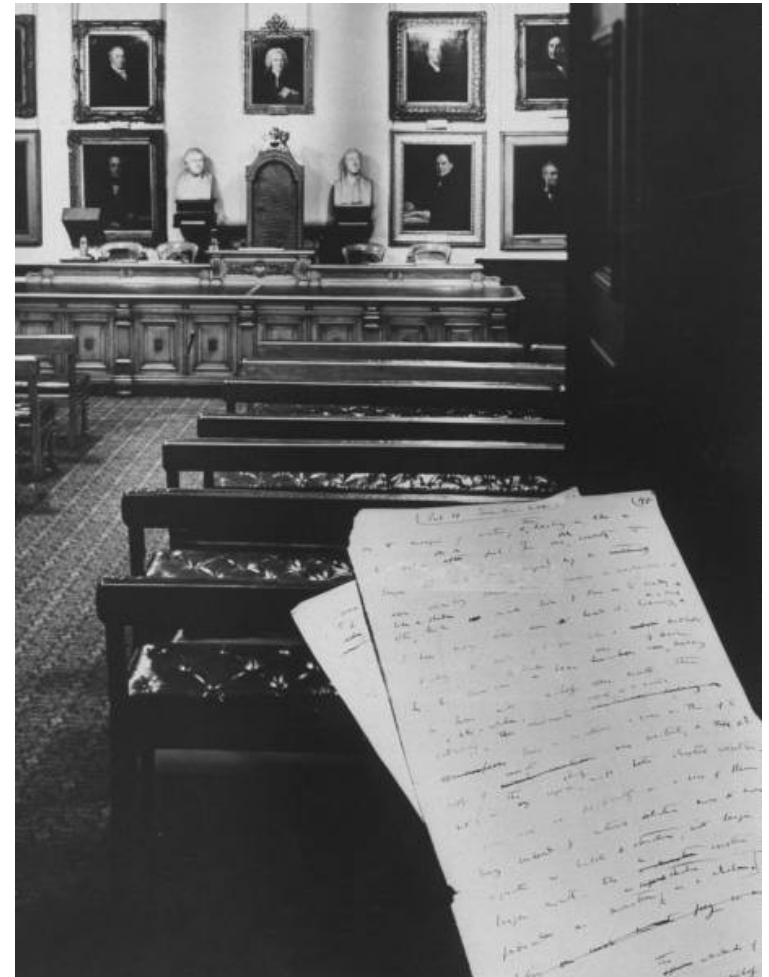
Thomas Henry Huxley  
(1825–1895)



Asa Gray (1810–1888)



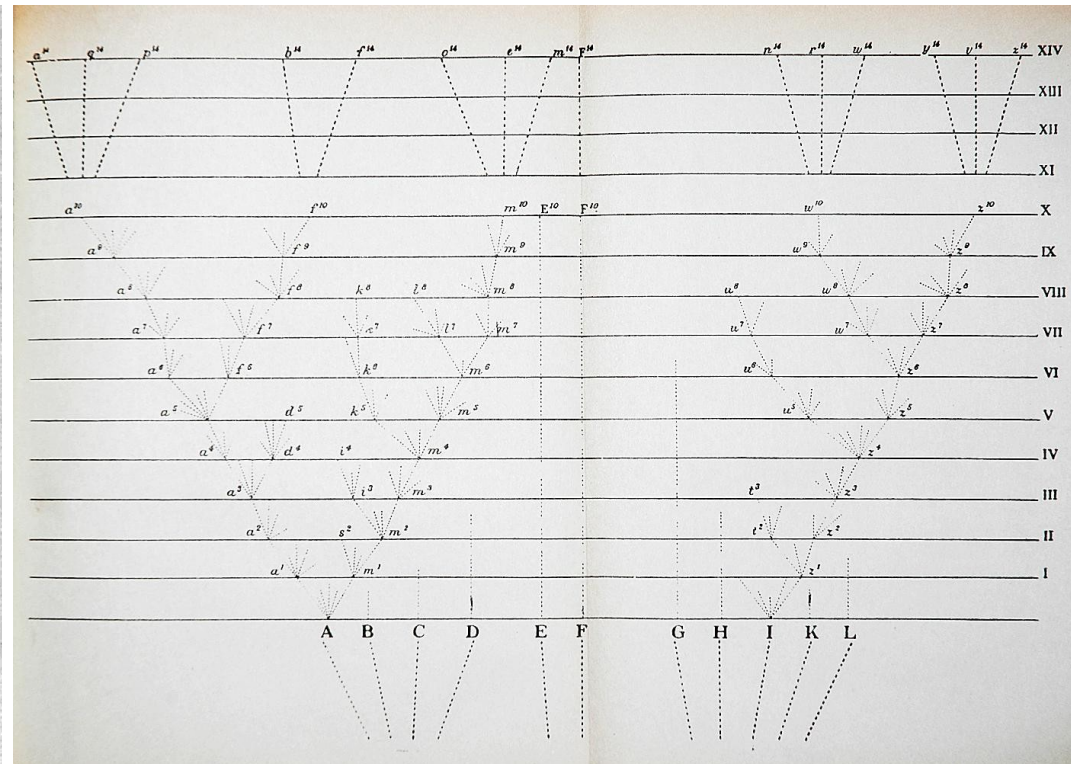
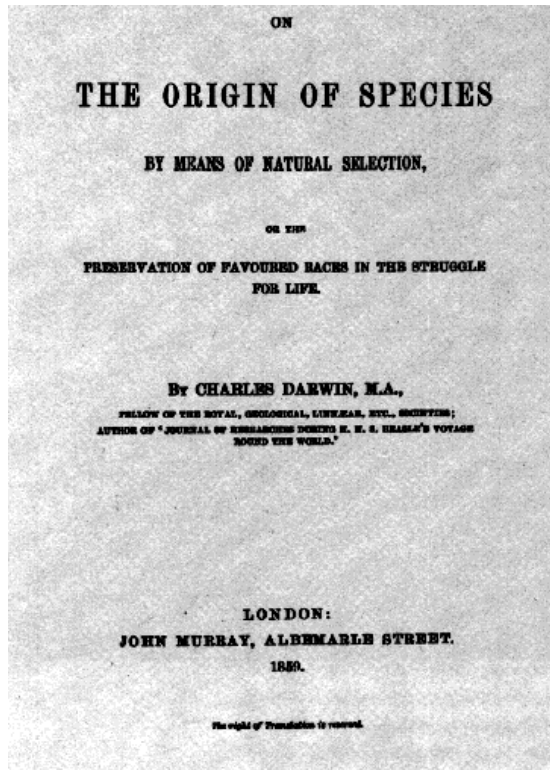
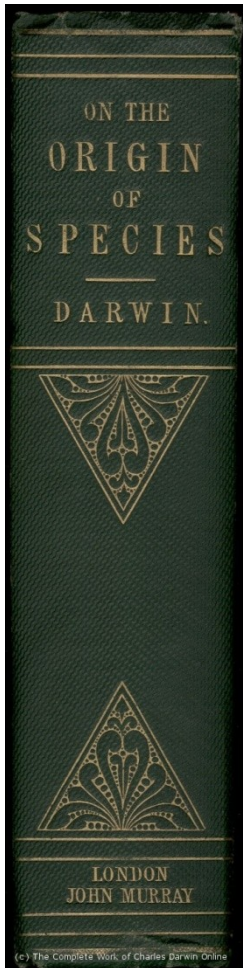
- 1. července 1858: Linnean Society of London
- *On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by means of natural selection*  
(*O sklonu druhů vytvářet variety; a o zachovávání variet a druhů přírodním výběrem*)



• 24. listopadu 1859

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

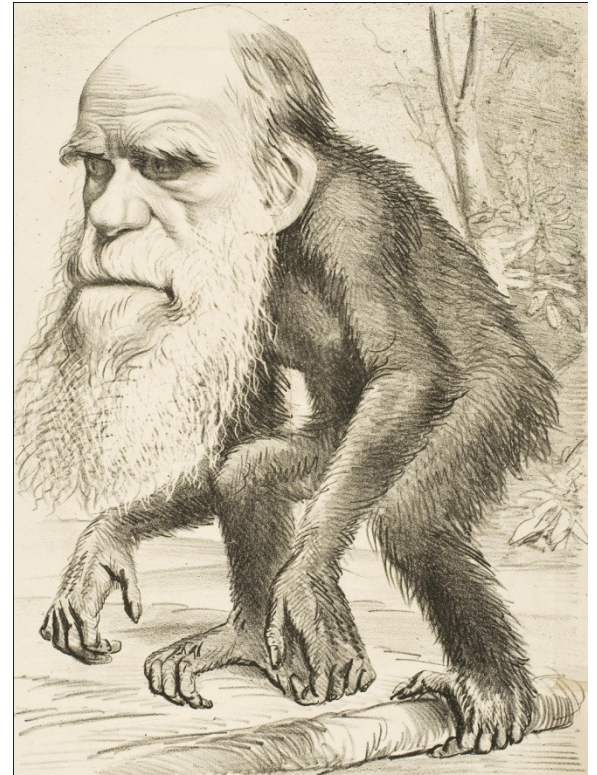
*(O vzniku druhů přírodním výběrem, neboli uchováním prospěšných plemen v boji o život)*



„Jak neobyčejně hloupé,  
že to člověka nenapadlo!“



T. H. Huxley



**MR. BERGH TO THE RESCUE.**

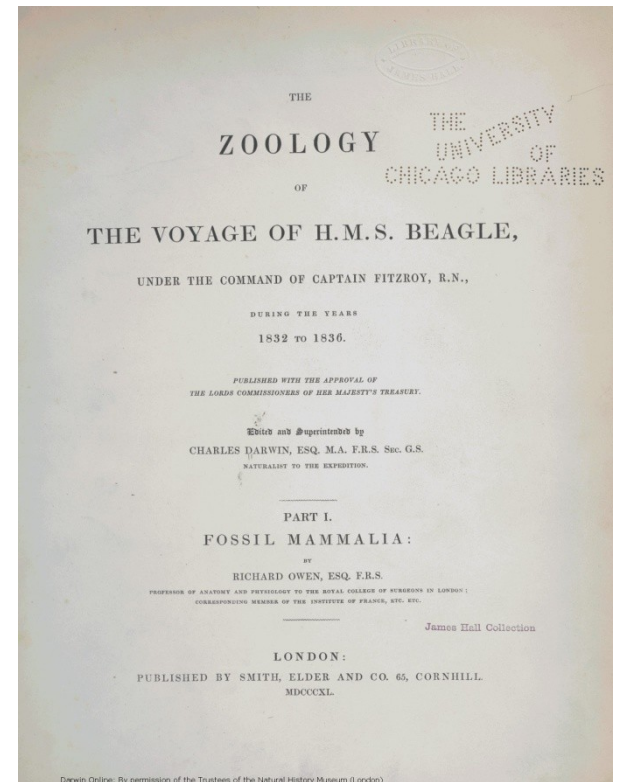
THE DEFRAUDED GORILLA. "That *Moa* wants to claim my Pedigree. He says he is one of my Descendants."

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

MEANWHILE...  
JESUS AND DARWIN  
WERE FIGHTING AGAIN.



# Richard Owen (1804–1892)

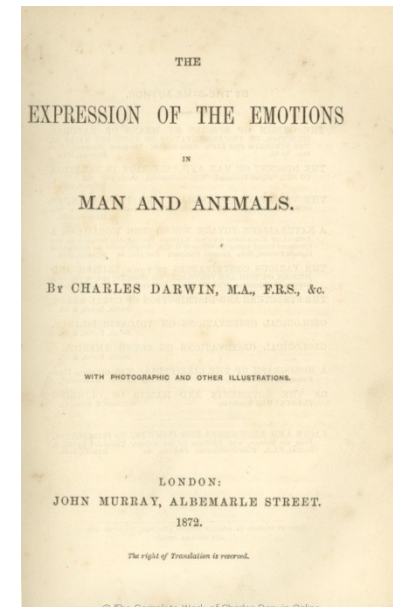
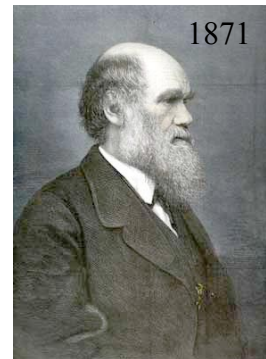
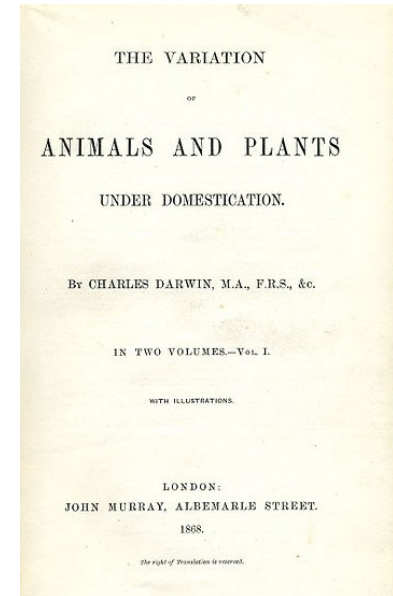
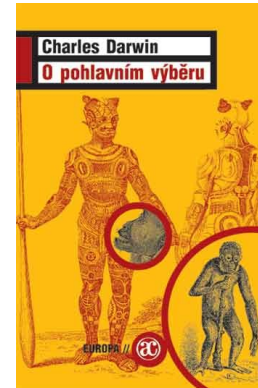
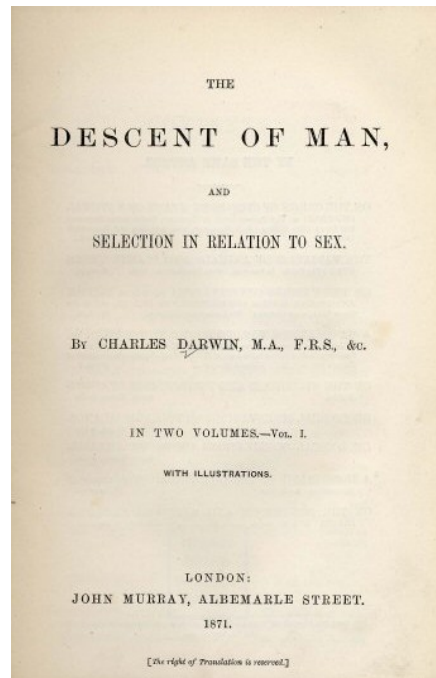
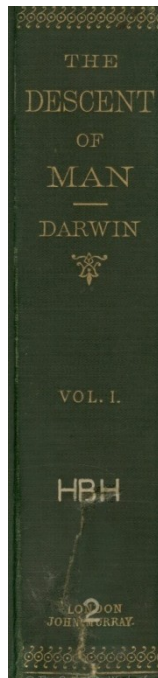
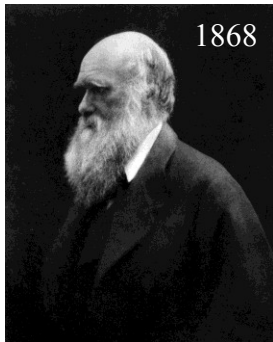


Darwin Online: By permission of the Trustees of the Natural History Museum (London)

Samuel Wilberforce  
(1805–1873)



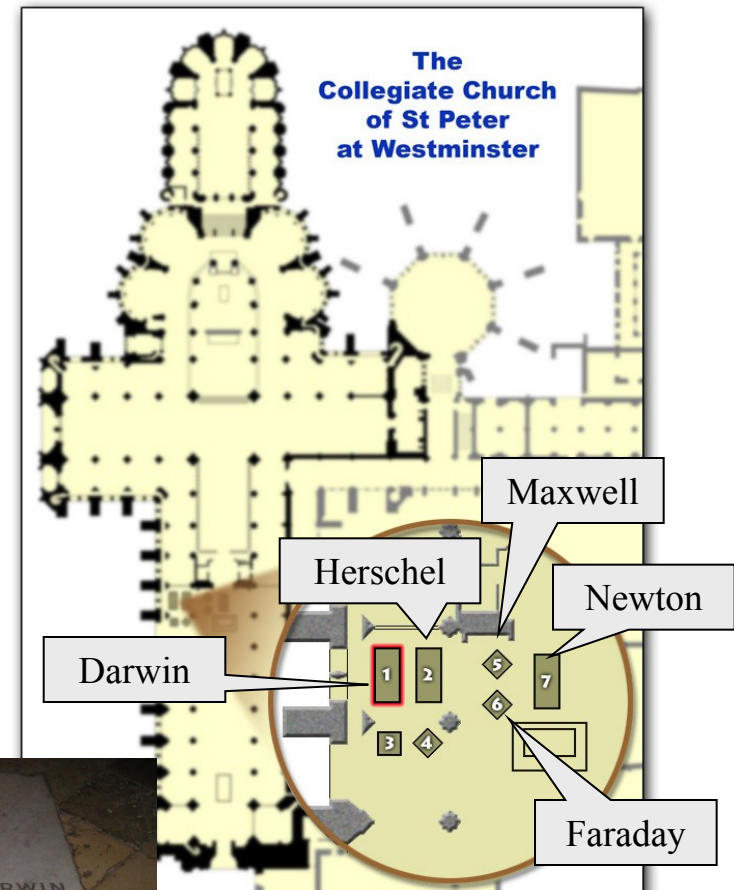
- 1868: *The variation of animals and plants under domestication* (*Proměnlivost rostlin a živočichů při domestikaci*)
- 1871: *The descent of man, and selection in relation to sex* (*Původ člověka a pohlavní výběr*)



- 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.



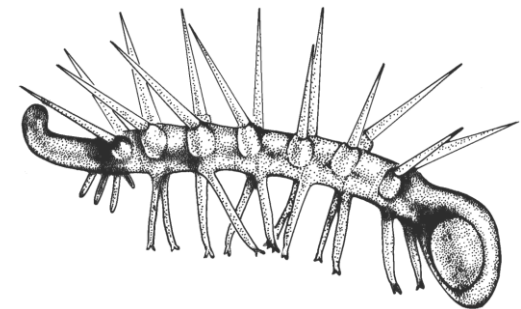
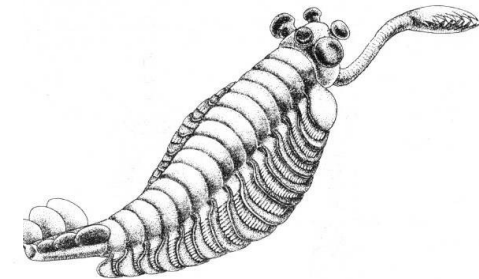
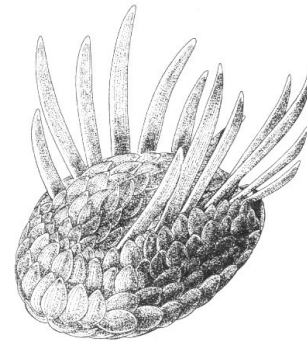


# HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

## 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

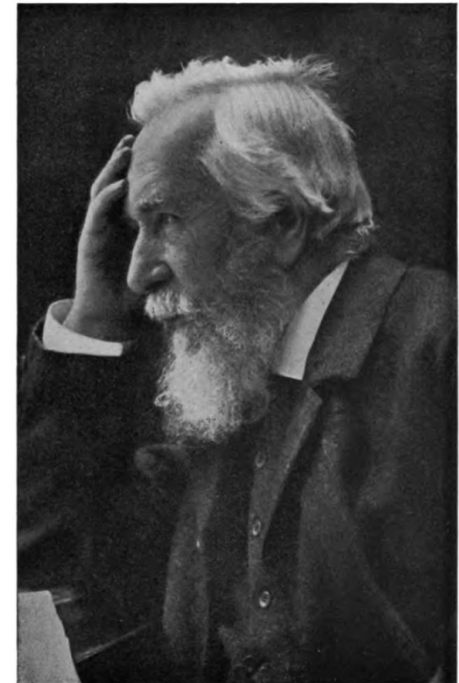


# HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

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

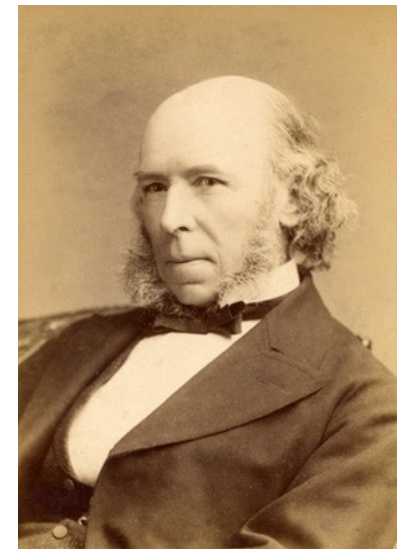
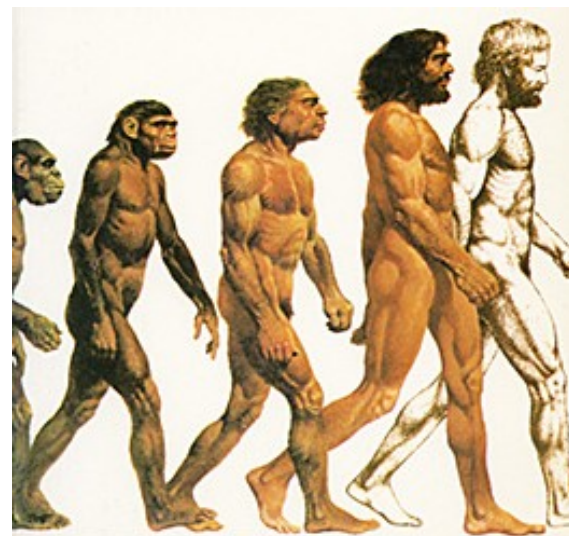
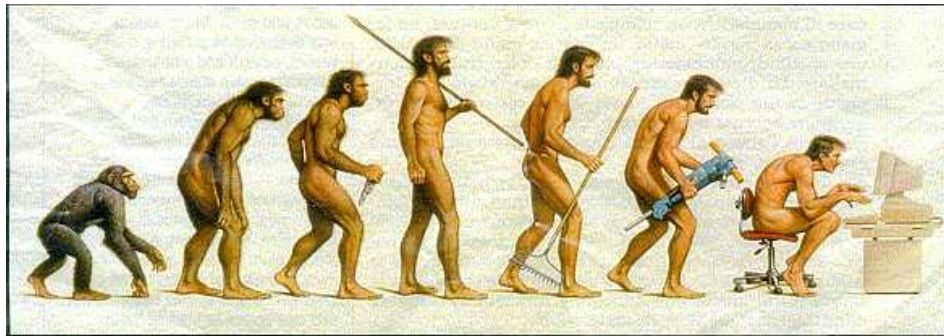
### Problémy Darwinovy teorie:

- 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

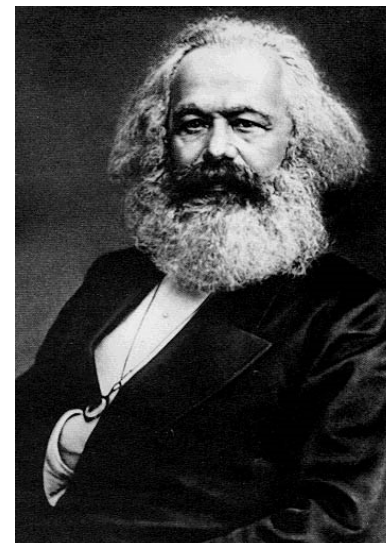


*Ernst Haeckel*

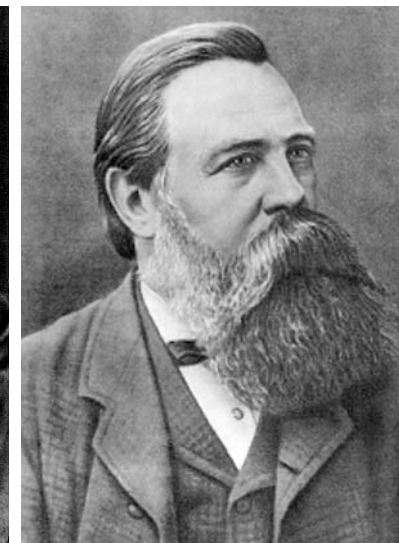
- **Herbert Spencer** (1820–1903)  
sociální darwinismus
- marxismus
- evoluce jako progresivní vývoj



H. Spencer



K. Marx



F. Engels

# HISTORIE EVOLUČNÍHO MYŠLENÍ

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

### Alternativní teorie

#### 1. Ortogeneze:

- finalismus



jelen obrovský (*Megaceros giganteus*)

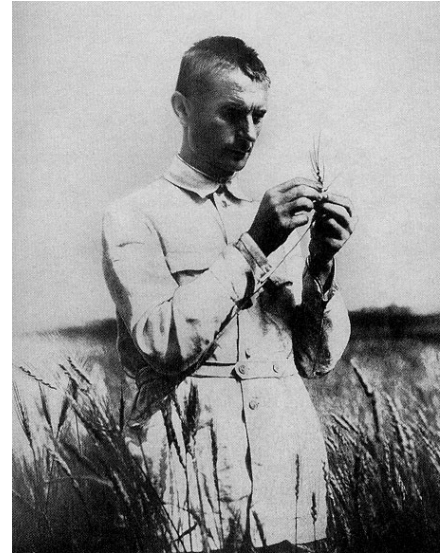


# Alternativní teorie

## 2. Neolamarckismus:

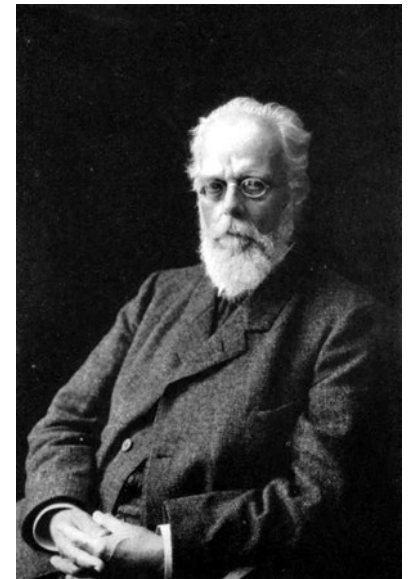
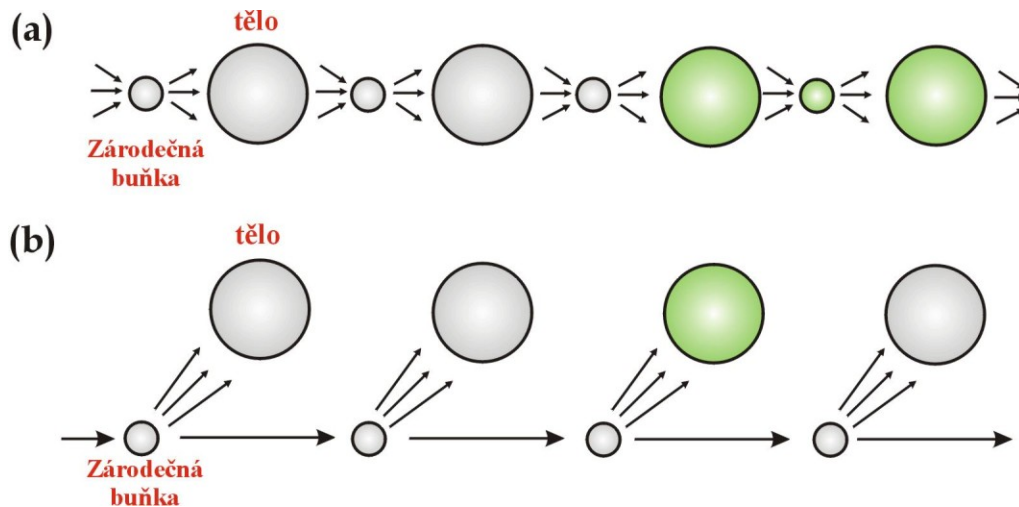
- Paul Kammerer, Arthur Koestler
- lisenkismus: Trofim Děnisovič Lysenko

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.**

<b>Raná determinace zár. buněk</b>	<b>Pozdní determinace zár. buněk</b>	<b>Somaticky odvozené zár. buňky</b>	<b>Více než jeden typ</b>	<b>Neznámý typ</b>
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



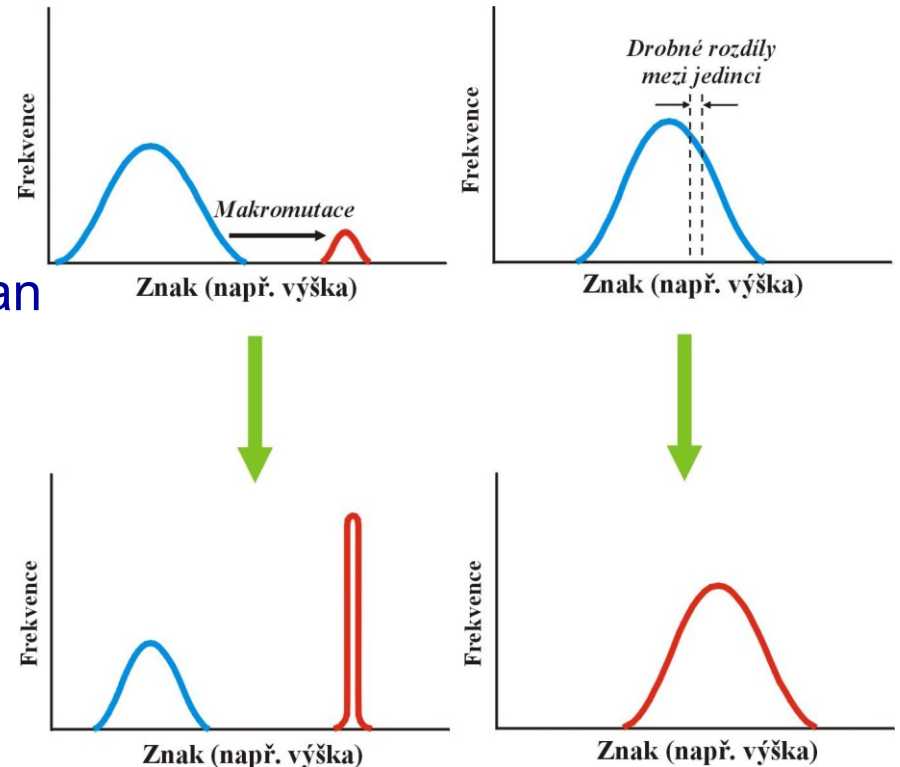
# Alternativní teorie

## 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

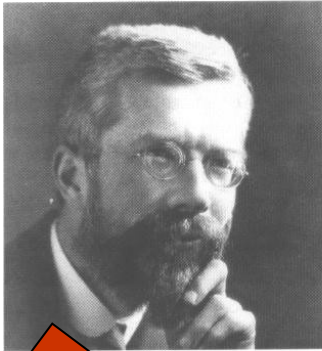


J. B. S. HALDANE



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?

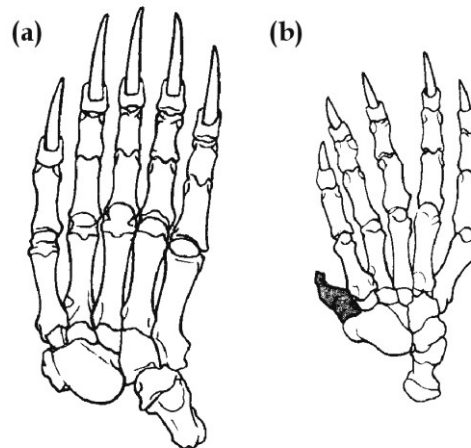
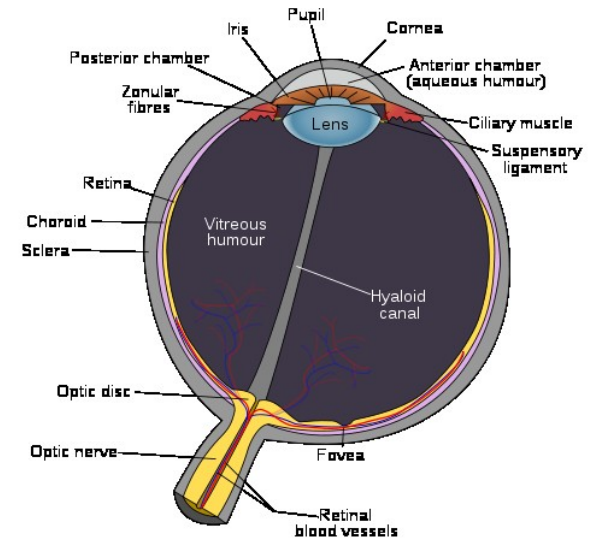
- **experimentální evoluce:** *Primula verticillata* × *P. floribunda* → *P. kewensis*  
*Galleopsis pubescens* × *G. speciosa* → *G. tetralit*

- **hierarchické uspořádání**

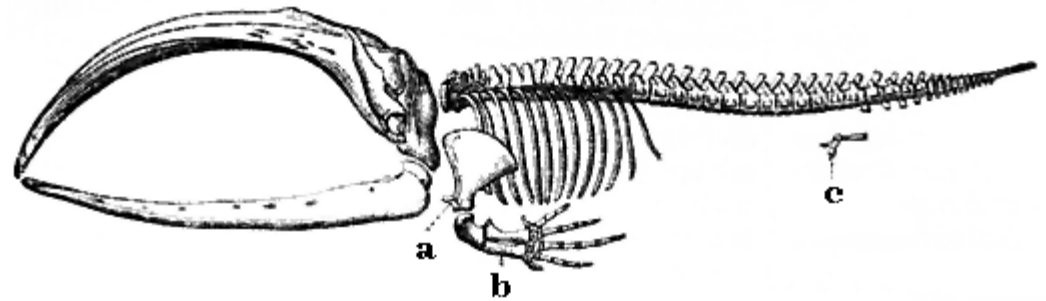
- **suboptimální znaky** - inverzní oko, hrtanový ne

- **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

