

Počátky života ...

... aneb evoluce na plné obrátky

Vladimír Kopecký Jr.

Fyzikální ústav Univerzity Karlovy v Praze
Oddělení fyziky biomolekul
<http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~ofb/kopeccky.html>
kopeccky@karlov.mff.cuni.cz

Počátky života

Vznik prvních buněk

Lipozomy
pH 8,5

Micely
pH >10

Division

Growth

Shear forces
Thermodynamic instability

J. W. Szostak et al. Nature 409 (2001) 387–390.

Počátky života

Vznik prvních buněk

A Hypothetical Ur Cell (HypUrCell)

Lipid layer

Hypercycle of autocatalysing molecules

A general prokaryote cell (cell without a nucleus)

cell membrane

ribosomes

HypUrCell (for comparison)

mesosome

DNA

cell wall

flagellum

pilli

1 RNA acts as a template on which polypeptides form

2 Polypeptides act as primitive enzymes that aid replication of all RNA molecules, including competing RNAs

(a)

Within a membrane, polypeptides aid the replication of only the template RNA genes

RNA replication

Polypeptide synthesis

(b)

Počátky života

Vznik prvních buněk

Self-replicating vesicle

Replicase

Protocell

Linking function (e.g. ribozyme)

Cell

Time

Growth, division

Growth, division

Growth, division

J. W. Szostak et al. Nature 409 (2001) 387–390.

Počátky života

Vznik prvních buněk

- Donnanův efekt
- Spojení mezi replikací genomu a růstem vesikulů
- Vnitřní osmotický tlak rozpíná membránu, odhaluje tak hydrofobní povrch a favorizuje záchyt nových lipidových molekul

RNA

K⁺

K⁺

K⁺

Počátky života

Vznik prvních buněk

- Jílovitý materiál montmorillonit katalyzuje polymeraci RNA z NTP
- Rovněž katalyzuje vznik vesikulů z mastných kyselin
- Jíly jsou často uzavřeny ve vesikulech
- Dělení micel může probíhat s minimálním ředěním vnitřního obsahu díky pórům v membráně
- Jde o první experimentální model primitivních buněčných částí: uzavření, růst a dělení

A

B

C

D

Mean diameter (nm)

Step and cycle number

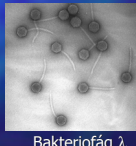
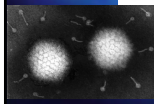
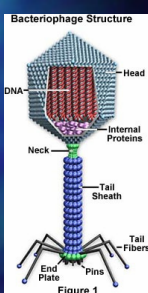
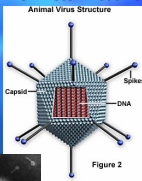
M. M. Hanczyk et al., Science 302 (2003) 618–622.

Počátky života

Genetický odpadlík

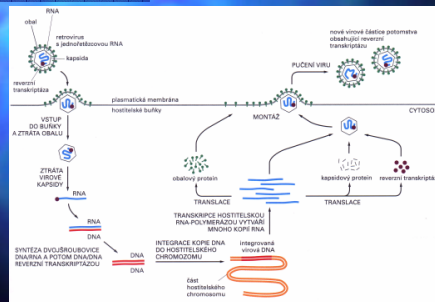
Virus, to je špatná zpráva zabalená do bílkoviny

Sir Peter Medawar



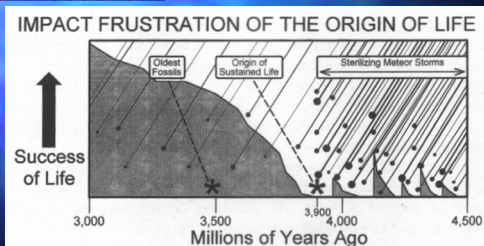
Počátky života

Genetický odpadlík



Počátky života

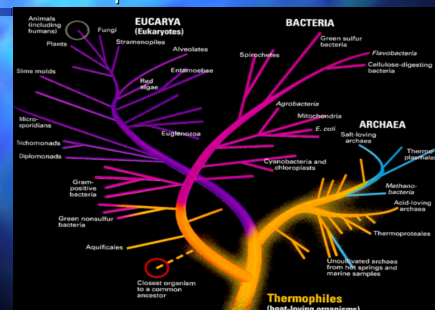
Kdy život začal?



Genetický předchůdce všech živých organismů se mohl vyvinout až po posledním velkém sterilizujícím impaktu...

Strom života

Standardní uspořádání



Strom života

Možná nová schémata vývoje života

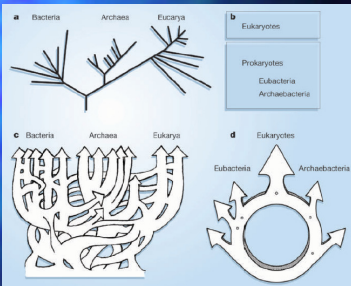
Čtyři schémata uspořádání bakteriálního světa.

a) Tři říše s postupným vývojem stanoveným na základě analýzy ribosomální RNA

b) Dvě říše striktně oddávající svět projozených a bezjaderných mikroorganismů

c) Tři říše které si vzájemně ve svém vývoji vyměňovaly geny

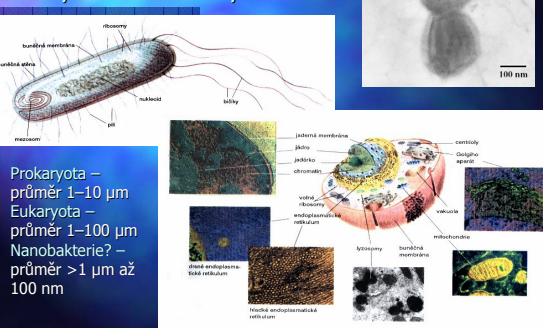
d) Prstenec života, zahrnující výměnu genů, ale i oddělení eukaryotů od prokaryotů



M. C. Rivera, J. A. Lake. Nature 431 (2004) 152-155.

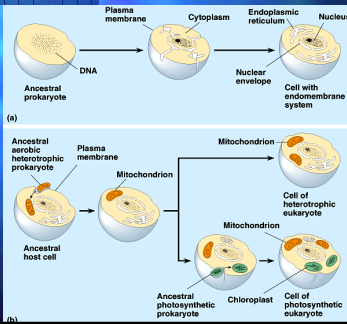
Strom života

Eukryoté vs. Prokaryoté



Strom života

Koevoluce mikroorganismů



Evoluce jak ji známe

Strastičná cesta života na Zemi

- Před 4,6 miliardami let se zformovala Země
- Před 4,2 miliardami let vznikly oceány a kontinenty
- Před 3,8 miliardami let vznikl život
- Před 3,5 miliardami let zahájil fotosyntézu
- Před 530 miliony let proběhla kambrická exploze
- Před 300 miliony let život osídlil souš
- Před 65 miliony let ovládli savci souš
- Před 5 miliony let vznikl rod Homo
- Před 43 lety vstoupil člověk do vesmíru



Fosile (3,5 miliardy let) z africké lávy



Stromatolity ze Žraločí zátoky



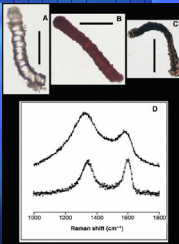
Nejstarší známé fosilie cyanobakterií (3,5 miliardy let) ze západní Austrálie



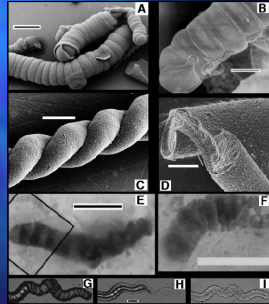
Nejstarší české mikrofosilie (1,5 miliardy let)

Evoluce jak ji známe

Jsou mikrofosile autentické?



Lze syntetizovat mikrovlnné uspořádané křemíkové struktury na které se postupně naváží uhlikaté sloučeniny – dojem je dokonalý...

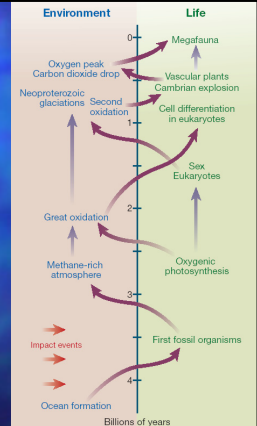


J. M. García-Ruiz et al., Science 302 (2003) 1194–1197.

Co je život?

Koevoluce s planetou

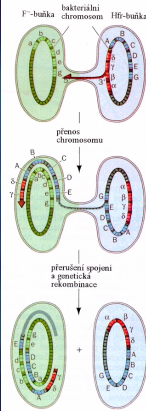
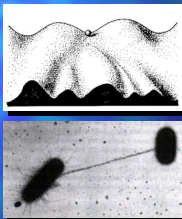
- V sedmdesátých letech přichází James Lovelock s teorií Gaia
- V roce 2002 ukazují P. Ward a D. Brownlee v knize Rare Earth jedinečnost pozemského prostředí
- Evoluce života jde ruku v ruku s vývojem prostředí
 - Prostředí ovlivňuje organismy
 - Organismy ovlivňují prostředí (ve svůj prospěch i neprospěch)



Co je život?

Vynález sexuality

- 1946 – Joshua Lederberg (Nobelova cena 1958) objevuje konjugaci u bakterií
- Sexualita života je převážně unikem před parazity, ale šancí pro komplexní život
- Jednou nastartovaný evoluční proces je nevratný a neopakovatelný
- Pokud by se evoluční proces spustil znovu jeho výsledky by byly velmi odlišné...



Evoluce jak ji známe

Kambrická exploze

- Kambrické explozi živočišných forem předcházelo prekambričké vymírání Ediakarské fauny
- Náhle objevení se rozmanitých forem nelze vysvětlit neschopností tvorby snadno fosilizujících částí
- Burgeské břídlíce uchovaly tvory, kteří evidentně experimentovali s tělními plány



anomalocaris



dickinsonia



halucigenia



pikaia

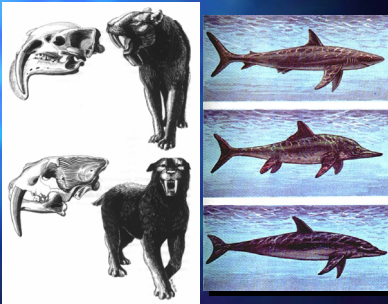


opabinia

Evoluce jak ji známe

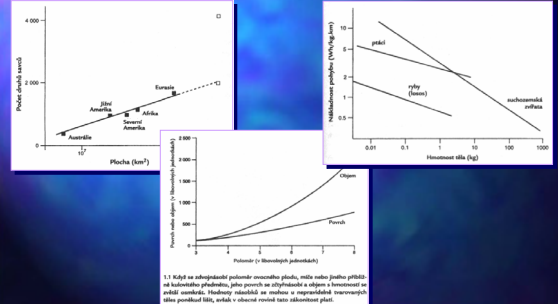
Morfologická konvergence

- Morfologie živočichů je silně ovlivněna fyzikálními a chemickými podmínkami prostředí
- Existuje „pouze“ jedno ideální řešení ke kterému organismy směřují
- Řešení problému je ovlivněno pouze evolučními možnostmi



Evoluce jak ji známe

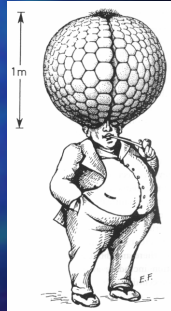
Fyzikální omezení organismů



Evoluce jak ji známe

Ne vše je si možné dovolit

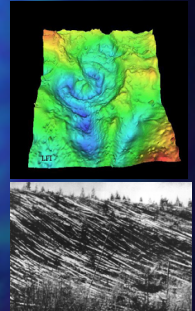
- Jisté cesty vývoje jsou s ohledem na fyzikální a chemické možnosti organismů předem zapovězeny!
- Některé směry vývoje představují příliš velký evoluční hendikep



Masivní vymírání

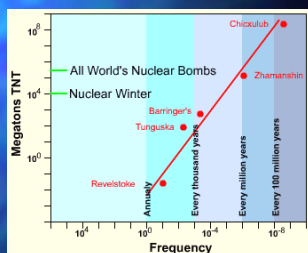
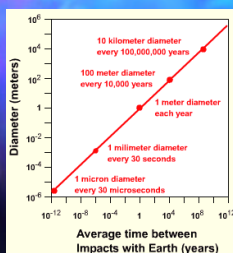
Dopady asteroidů

- Iridiová vrstva jasně odděluje hranici kvartér-terciér (K-T)
- Před 65 miliony lety dopadlo na Zemi těleso o velikosti 10 km do oblasti severozápadního Yucatanu (Mexický záliv)
- Došlo k nukleární zimě, vznikly velké cunami, teplota prudce oscilovala
- 50 % živočichů a rostlin vymřelo
- Tunguský meteorit (1908) měl velikost ~30 m, ale co kdyby...



Masivní vymírání

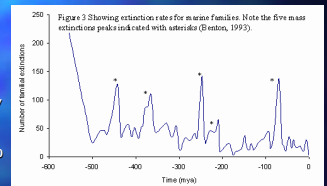
Dopady asteroidů



Masivní vymírání

Geologické a neznámé pochody

- Pozdní Trias (199–214 My) – masivní výlevy lávy, vznik Atlantického oceánu
- Perm–Trias (251 My) – prudký výkyv teploty?, změna mořské hladiny?, masivní výlev lávy?, dopad planety?, vyloučen, vymřelo 90 % druhů
- Pozdní Devon (364 My) – důvod neznámý
- Ordovik–Silur (439 My) – glaciace



Masivní vymírání

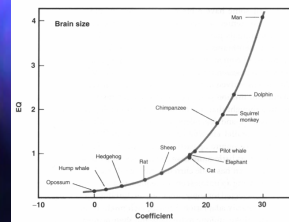
Opravdu neznámé důvody?

- Tři velká vymírání jsou spojena s masivním výlevem lávy
 - K-T – Dekanský trap (lávová pole v Indii)
 - Pozdní Trias – rozpad Pangey
 - Perm-Trias – Sibiřský trap
- Sopečná činnost uvolňuje CO_2 a SO_2 , tvoří kyselý dešť
- Pokles hladiny moří až o 200 m exponuje biologické usazeniny, ty se oxidují a vzniká CO_2 , což vede ke skleníkovému efektu (možná příčina vymírání Perm-Trias)
- Mimo K-T nejsou důkazy o ničivém dopadu planety, je možné, že K-T byl největší impakt za posledních 600 My
- Diskutují se i další vlivy – exploze supernov, vymizení magnetického pole (větší mutabilita)

Vznik inteligence

Jsme sami?

- Výživa mozku je velmi nákladná, tj. velké mozky jsou evoluční hendikep
- Schopnost hry, rituálu, včítání a dokonce i kultury mají i jiní živočichové



Vznik inteligence

Evoluce člověka

