

**Eduard Kejnovský (Zdeněk Kubát)
+ Roman Hobza**

EVOLUČNÍ GENOMIKA:

**OD VZNIKU ŽIVOTA
PO GENOM ČLOVĚKA**

Brno, jaro 2022

Evoluční genomika 2022:

- 14.2. – Vznik života**
- 21.2. – Svět RNA a první genomy**
- 28.2. – Historie genomiky**
- 7.3. – Evoluce genomů**
- 14.3. – Strategie a metody genomiky**
- 21.3. – Evoluce genů**
- 28.3. – Evoluce sexuality I.**
- 4.4. – Dynamika genomů**
- 11.4. Lidský genom a evoluce člověka**
- 18.4. – Velikonoce**
- 25.4. - Evoluce sexuality II.**
- 2.5. – Polyploidizace**
- 9.5. – Malé RNA**
- 16.5. – Diskuse a test**

OSNOVA

- 1. Kosmologická předehra**
- 2. Definice života**
- 3. Vznik života**
- 4. První genetické systémy a vznik genetického kódu**
- 5. Síť života**

KOSMOLOGICKÁ PŘEDEHRA

Mýty a náboženství

Albert Einstein – teorie relativity, první rovnice pro vesmír

Alexander Friedmann (1922) – rovnice nemají statické řešení, smršťování nebo rozpínání vesmíru

Edwin Hubble (1929) – rudý posun ve spektrech vzdálených galaxií, úměrný vzdálenosti, vesmír se rozpíná

George Gamow (1948) – původ těžších prvků, vyšší hustota na počátku, existence počátku, „big bang“ (**Fred Hoyle**)

Penzias a Wilson (1964) – reliktní záření, 2.7K, izotropní

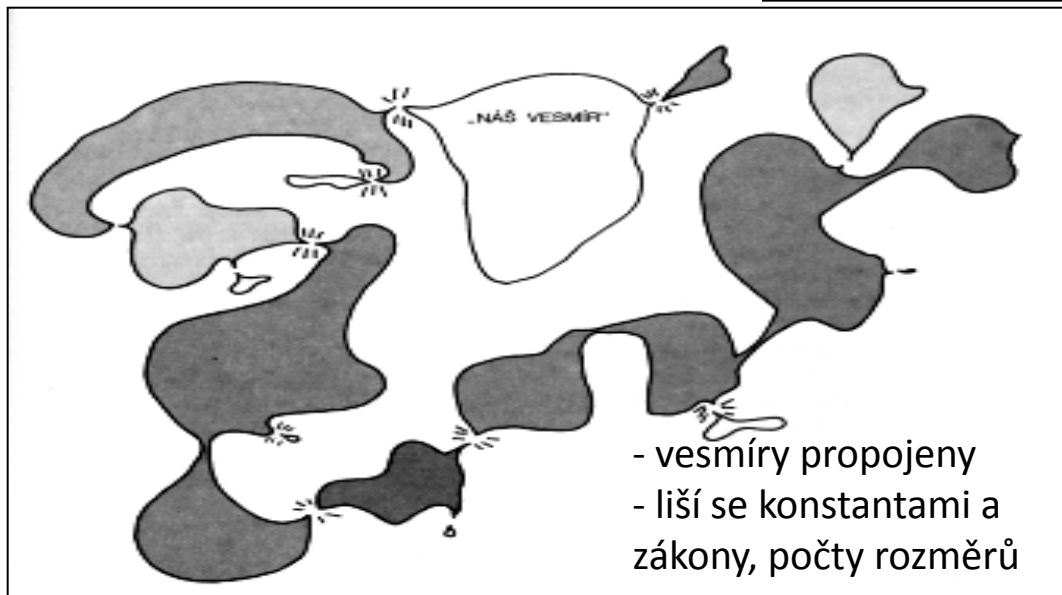
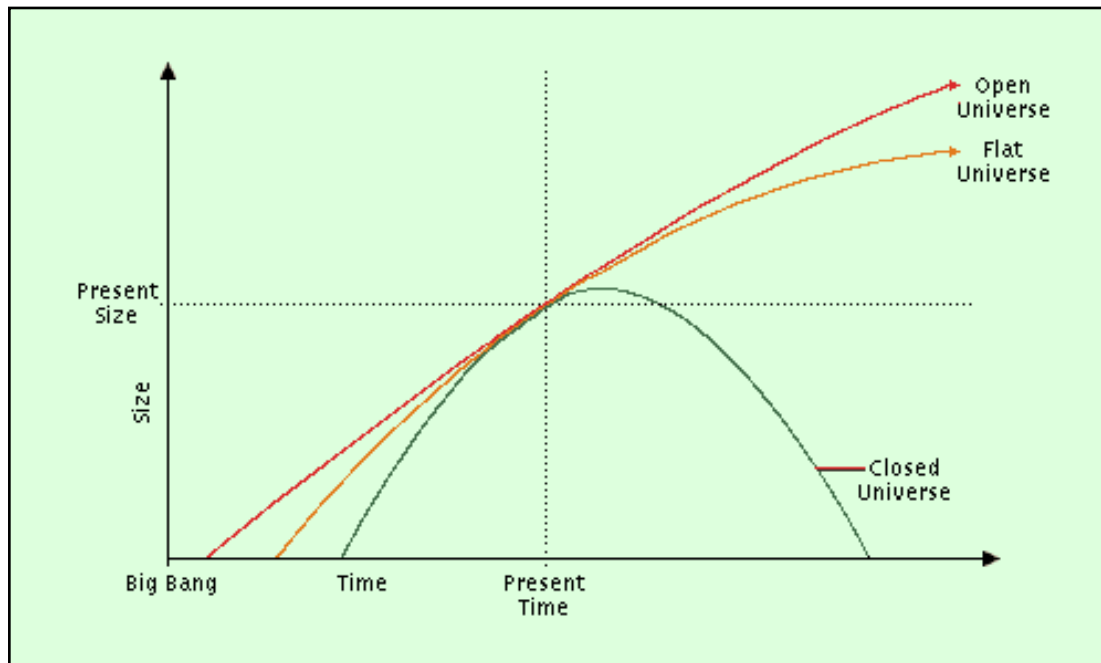
Velký třesk a rozpínání vesmíru

Velký třesk (Big bang):

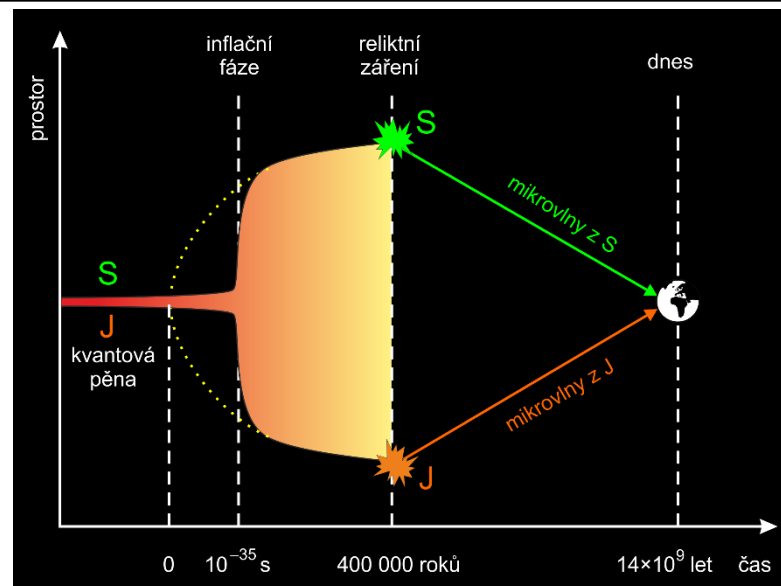
- singularita
- neplatí fyzikální zákony
- vznik prostoru, času a hmoty
- reliktní záření, inflace

Otázka vzniku času:

- Aristoteles
- křesťanství
- kosmologie
- teorie strun



- vesmíry propojeny
- liší se konstantami a zákony, počty rozměrů



Temná hmota, temná energie

Antropický princip



Fyzika totiž zjistila, že existence života na Zemi je téměř zázrakem. Stačilo by, aby fyzikální konstanty vesmíru byly jen nepatrně odlišné a hmota ani život, jak je známe, by nevznikly. Vlastnosti vesmíru jsou přesně a jemně vyladěné právě tak, že na Zemi mohl vzniknout život a nakonec člověk. Téměř se zdá, že vesmír vznikl proto, aby mohla inteligentní bytost vzniknout. V USA dal antropický princip podnět ke vzniku nového kreacionistického hnutí, "**Intelligent Design**".

Zrodil se tak tzv. [antropický princip](#), který zformuloval v r.1973 kosmolog Brandon Carter ve dvou verzích:

"**Slabá**" [verze](#) konstatuje skutečnost, že svět je právě takový, že na něm mohl vzniknout život. *"Povaha vesmíru a naše místo v něm jsou slučitelné s naší existencí jako pozorovatelů"*. Prostě tu jsme, protože tu můžeme být.

"**Silná**" [verze](#) říká, že do základů vesmíru byly vloženy takové specifické informace, **aby** v něm **zákonitě inteligentní život musel** vzniknout.

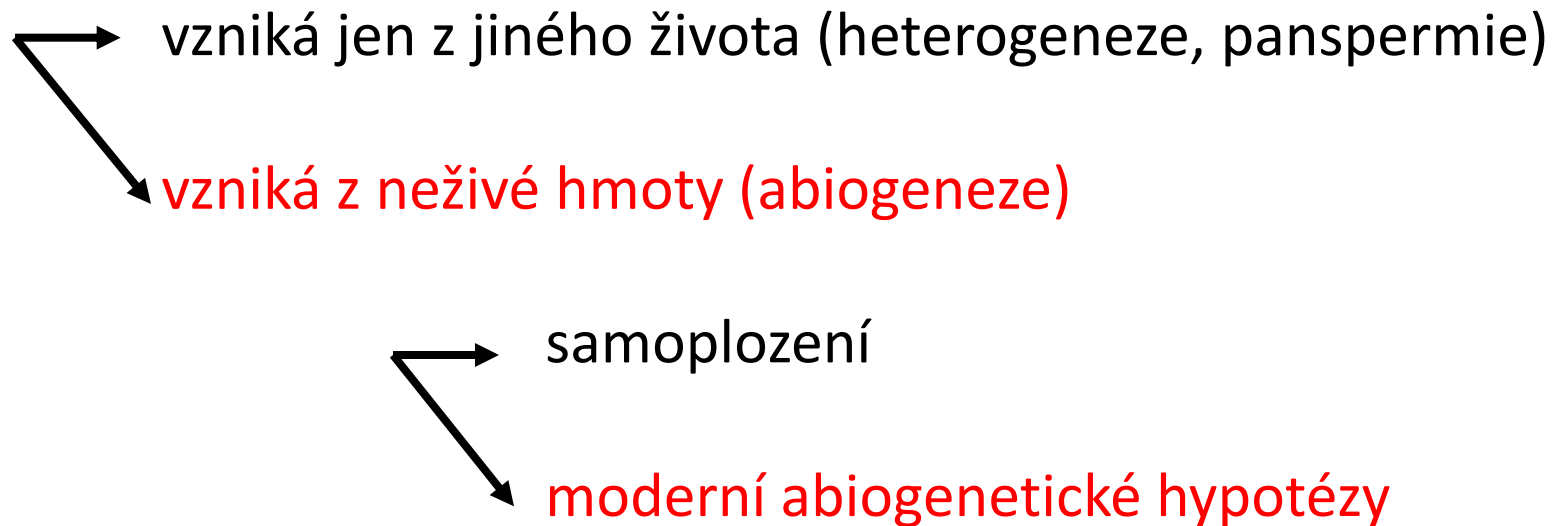
VZNIK ŽIVOTA

(Protobiologie)

Původ života

Stvoření (božský zásah)

Život je všudypřítomný



Definice života

Problematické téma

- Chemické složení a reakce se neliší od okolí
- Neostrá hranice mezi živým a neživým (viry,...)
- Fenomén/proces vs. živá entita
- Je univerzální definice možná a má praktický přínos?

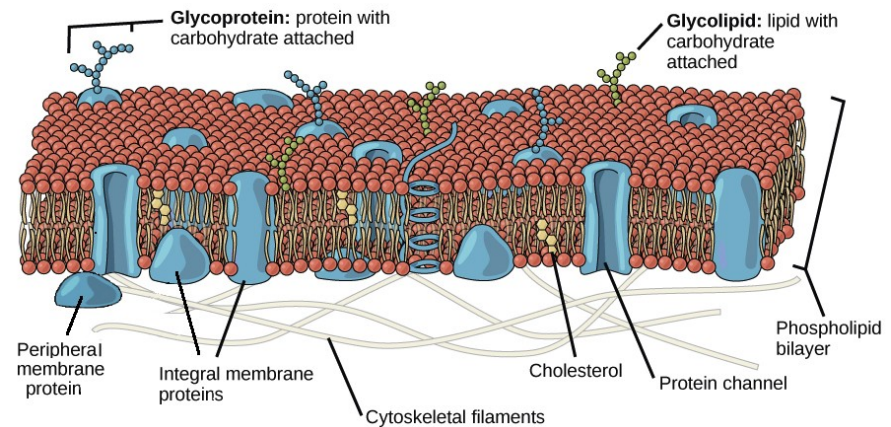
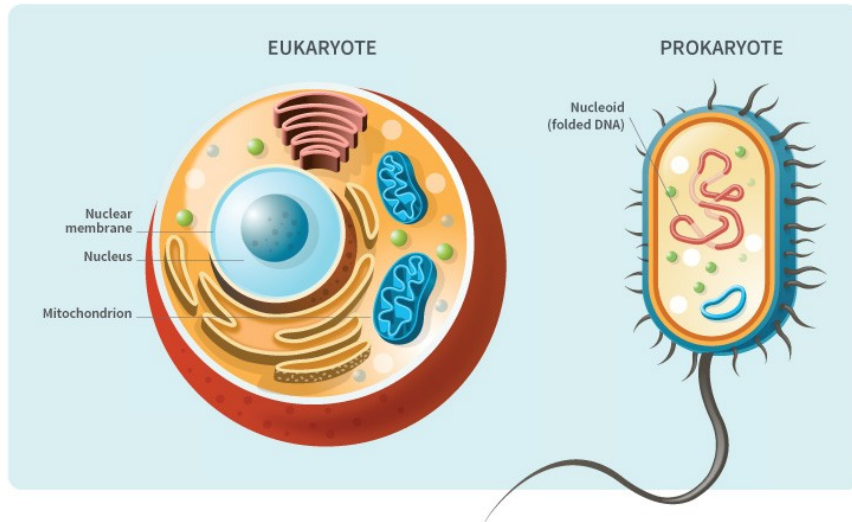
Typy definicí

- Nejmenší společný jmenovatel
- Sada vlastností
- Termodynamické
- Bioinformatické
- Evoluční
- Život jako globální entita
- Utilitaristické

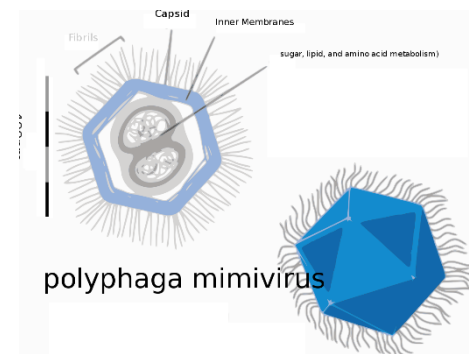
Definice života

Nejmenší společný jmenovatel

- Biogenní prvky (C, H, N, O, P, S,...)
- DNA, RNA, lipidy, sacharidy, proteiny,...
- Struktura - buňky, membrány



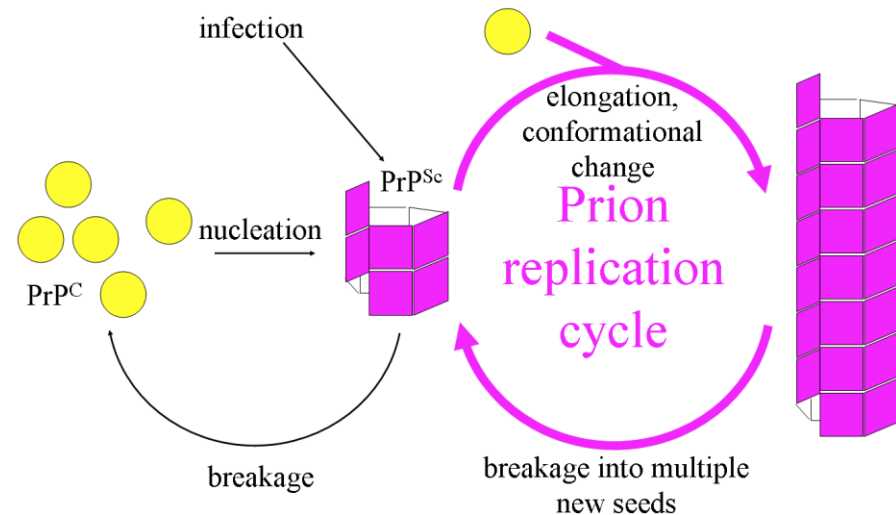
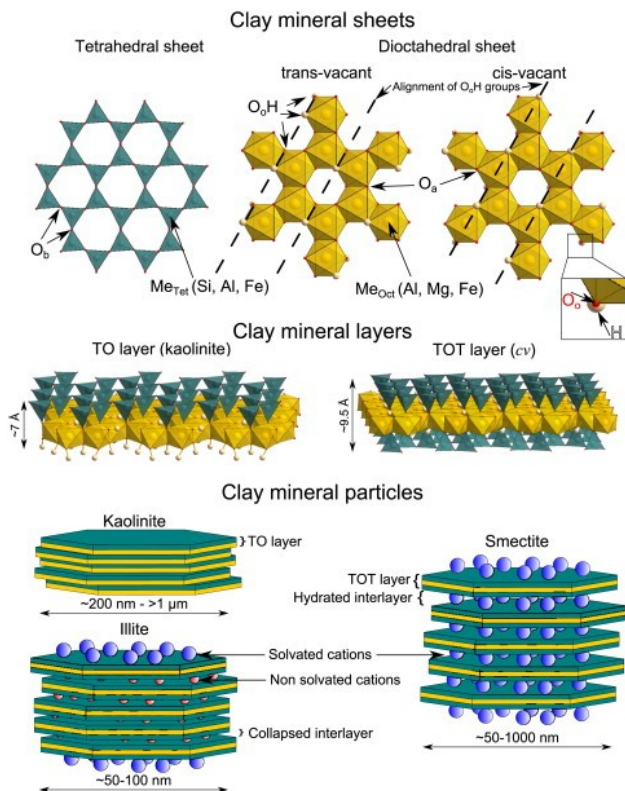
Složité (výčet) a úzké definice založené na aktuálně poznáných formách života, nejsou obecné a neřeší hraniční případy.



Definice života

Sada vlastností

- Organizace, homeostáze, metabolismus, růst, dráždivost, reprodukce, adaptace,...
- Obecnější definice, ale částečně je splňují i problematické jevy (krystaly, jíly, priony), nebo jsou splněny dočasně hraničními entitami (viry)

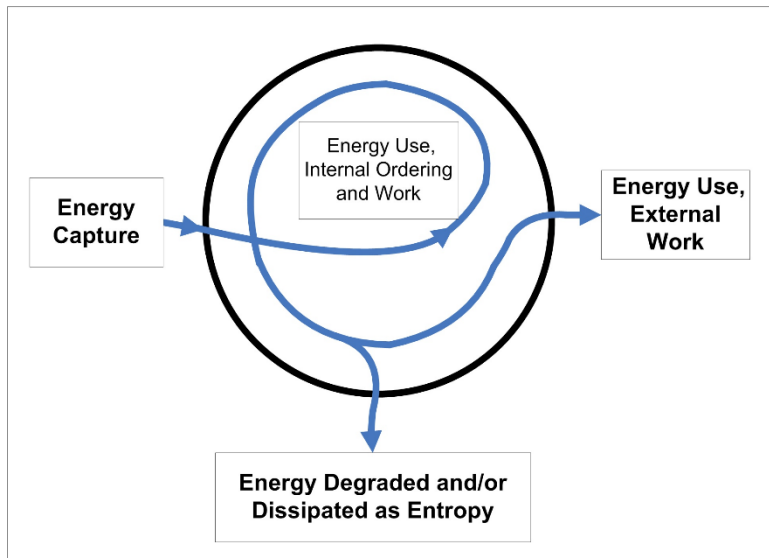
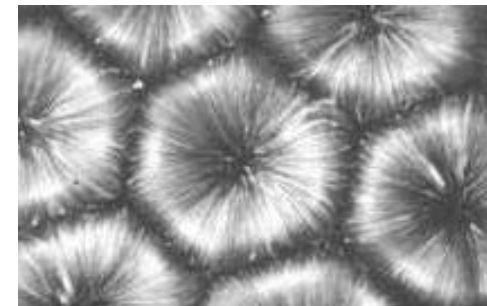
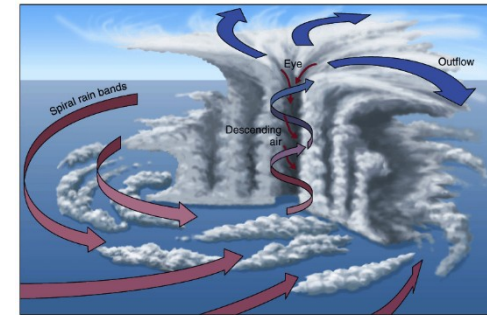
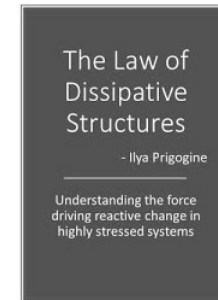
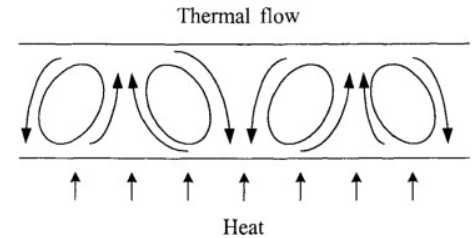


Vyžadují další upřesňování – komplexita, unikátnost, otevřenost, nepředvídatelnost, nerovnováha, vývoj, evoluce,...

Definice života

Termodynamické

- E. Schrodinger; I. Prigogine
- Termodynamická nerovnováha, výměna energie s okolím -> samoorganizace (snižují svoji entropii (neuspořádanost) na úkor okolí
- „Samočinně se organizující, disipativní, nerovnovážný systém.“
- **Život jako disipativní struktura? Neživé disipativní struktury vždy vznikají nově.**



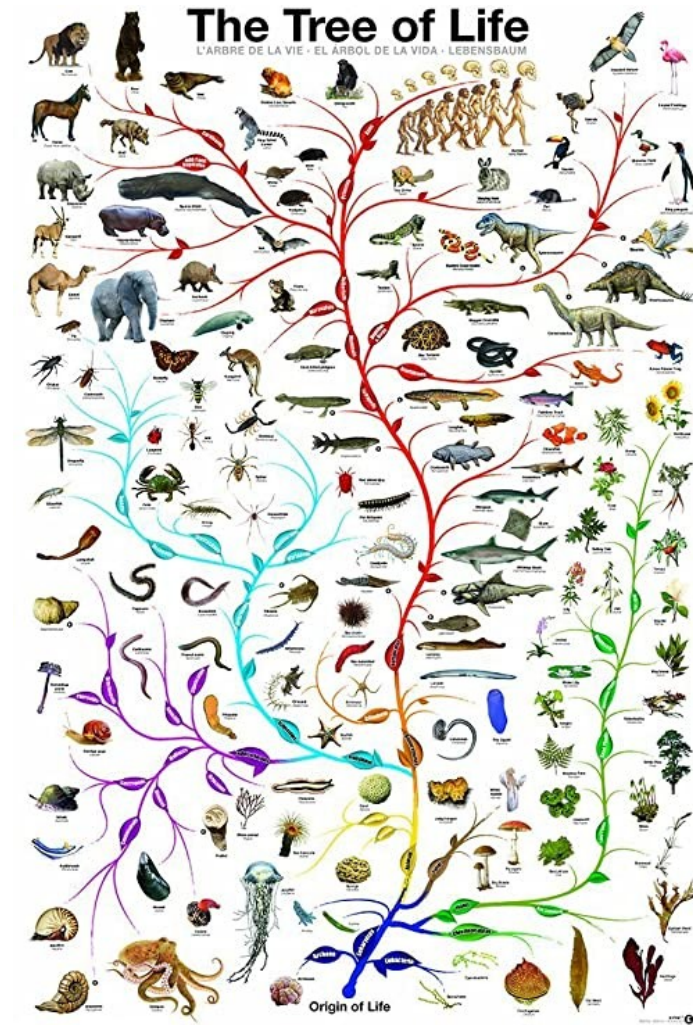
Definice života



Evoluční

- Darwinovská evoluce (přírozený výběr) s kontingentním charakterem (o výsledku rozhoduje historická náhoda = nelze předvídat úspěch)
- Postupné změny, účelovost vlastností
- „Autonomní systém schopný reprodukce a darwinovské evoluce.“

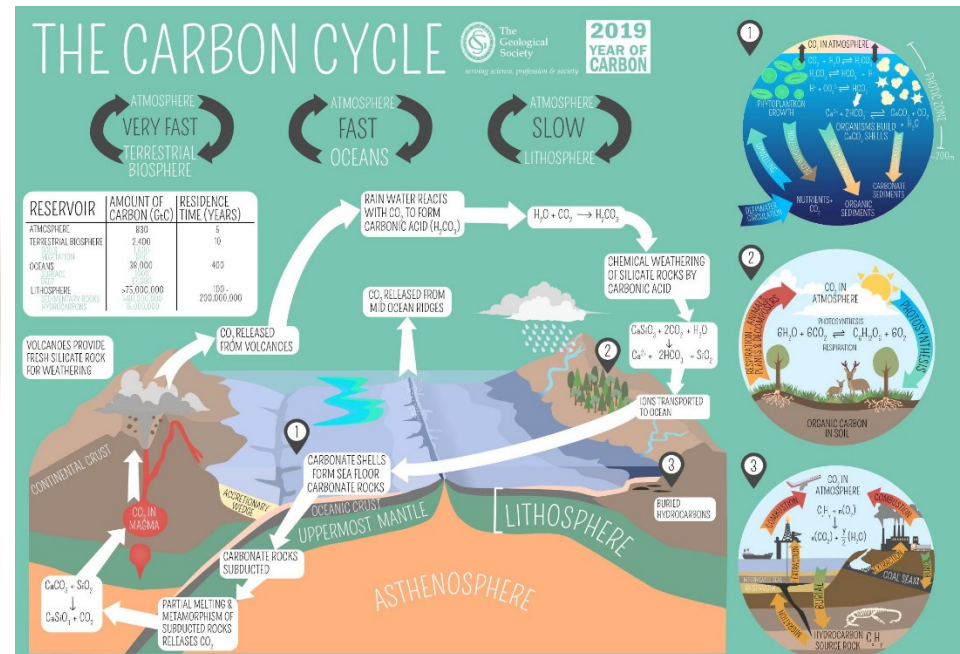
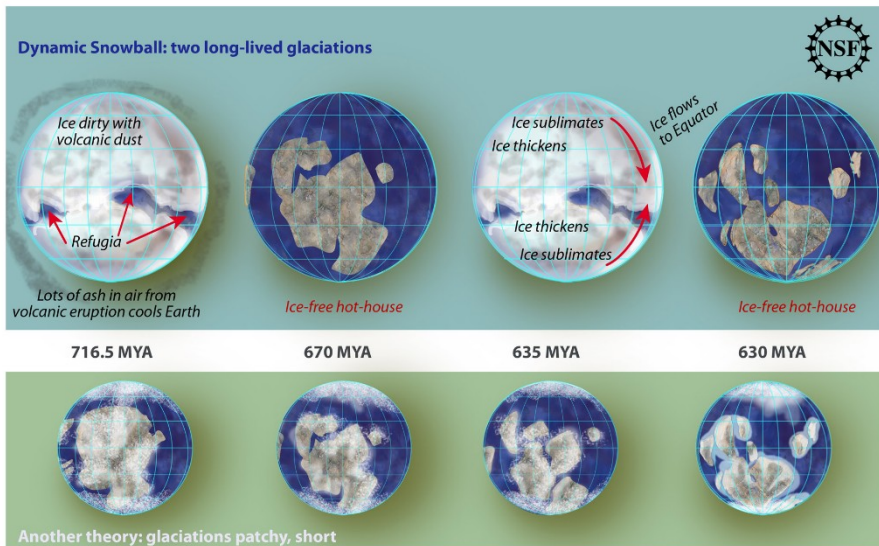
Velice jednoduchá, ale široká definice, která ve výsledku může zahrnovat i naše výtvořky (kultura) nebo elektronické pokračovatele.



Definice života

Život jako globální entita

- V. Vernadsky, J. Lovelock
- Život ovlivňuje dění na planetě a má vždy globální charakter (život na Marsu, měsících vnějších planet?)
- „Vysoce organizovaný systém hmoty a energie s komplexními cykly, které zajišťují nebo zvyšují uspořádanost systému pomocí výměny energie s okolím.“



Definice života

Utilitaristické definice

- Předchozí definice obvykle charakterizují život jako proces, ale co když se podíváme v jednom časovém řezu – pak není evoluce, adaptace ani rozmnožování.
- Utilitaristické definice mají za úkol být prakticky použitelné v nějakém vědním oboru nebo pro nějaký účel (například hledání života ve vesmíru – markery života).



Co je život?

Definice NASA:


- otevřený systém
- replikace
- samosestavování
- evoluce



Atributy života:

reprodukce, metabolismus, růst, adaptace, odpověď na podněty

Život = samoudržující se chemický systém schopný
Darwinovské evoluce (G. Joyce 1994)

Ed Trifonov: 
123 definicí života

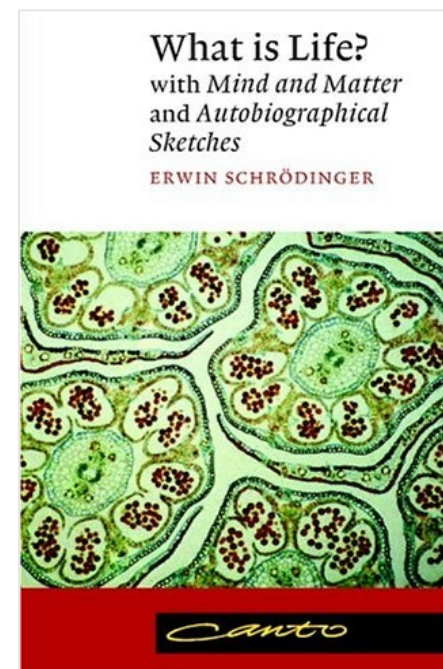


Jsou viry živé?

Život = reprodukce s variací (evoluce)

**Life is ten percent what
happens to you and
ninety percent how you
respond to it.**

Lou Holtz



Život na Zemi

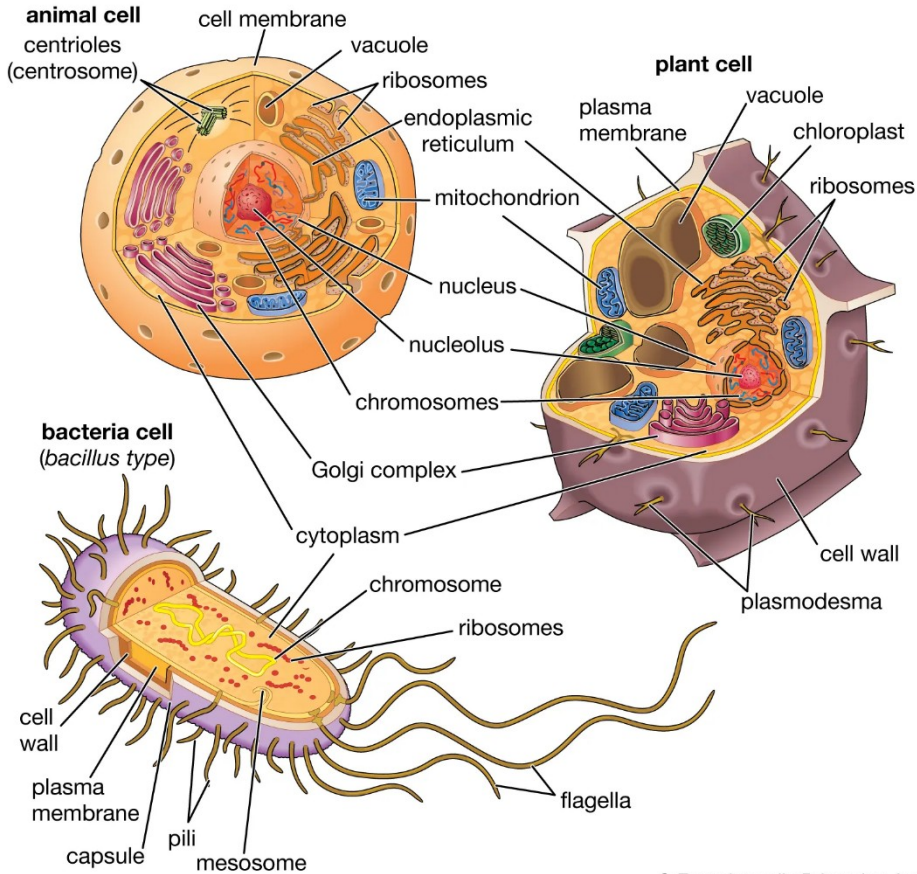
DNA, RNA, proteiny

Buňka – membrány, metabolismus

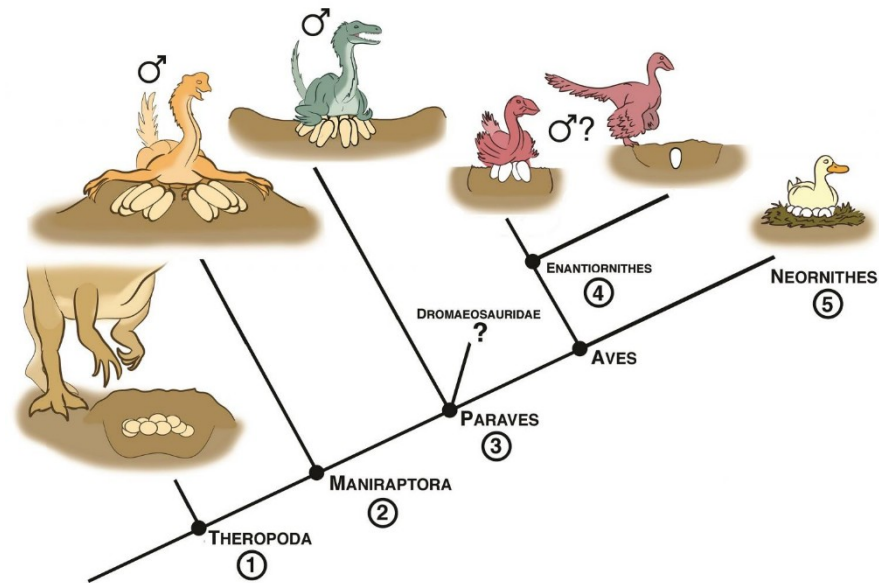
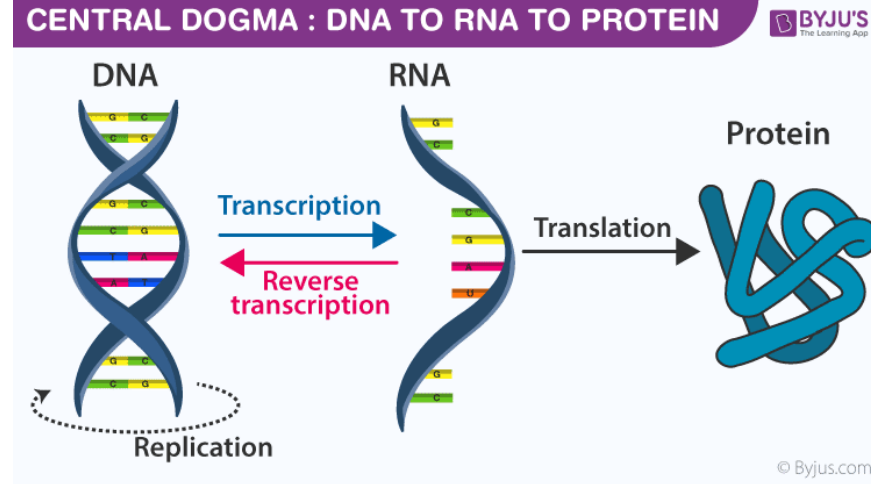
Reprodukce, evoluce

H₂O

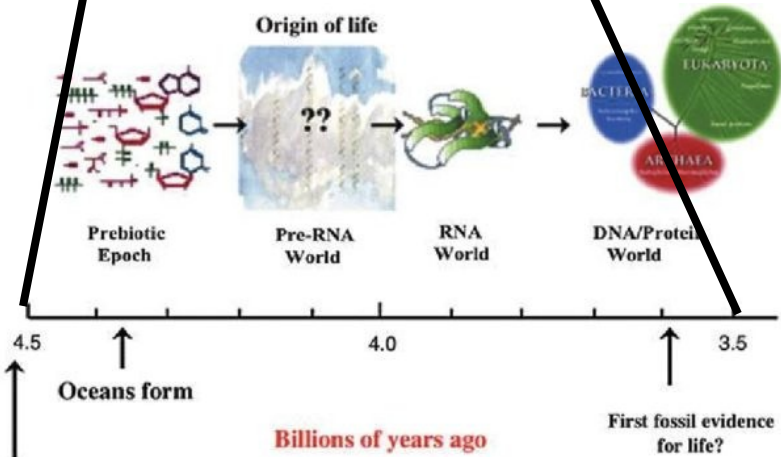
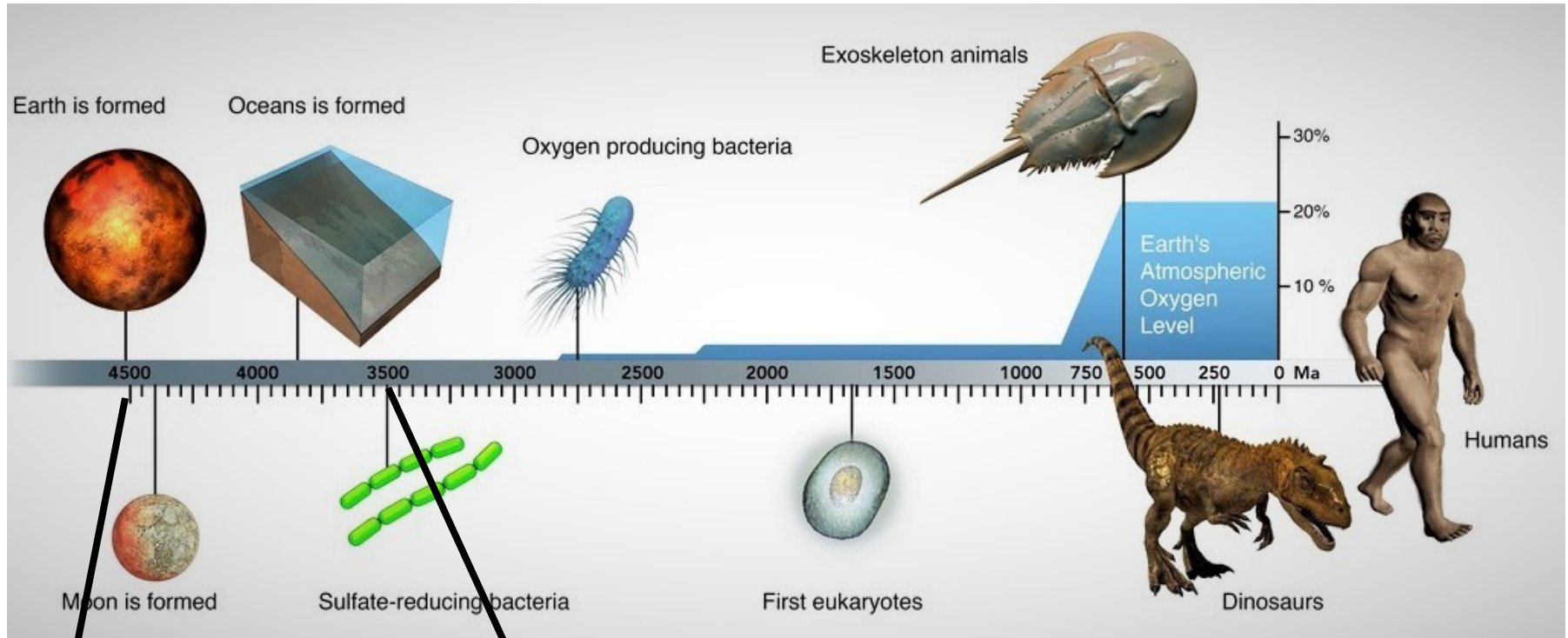
Some typical cells



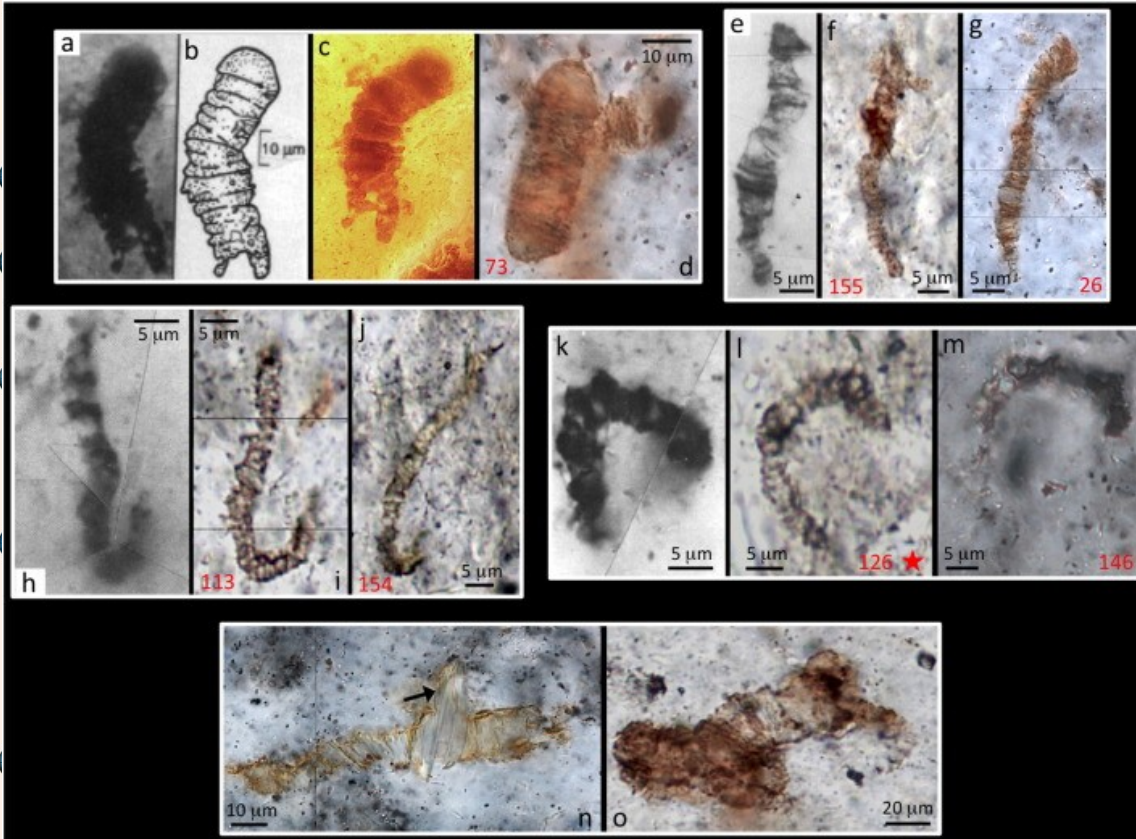
© Encyclopædia Britannica, Inc.



Život na Zemi – Kdy?



První důkazy života



RESEARCH ARTICLE

Microfossils of the Early Archean Apex Chert: New Evidence of the Antiquity of Life

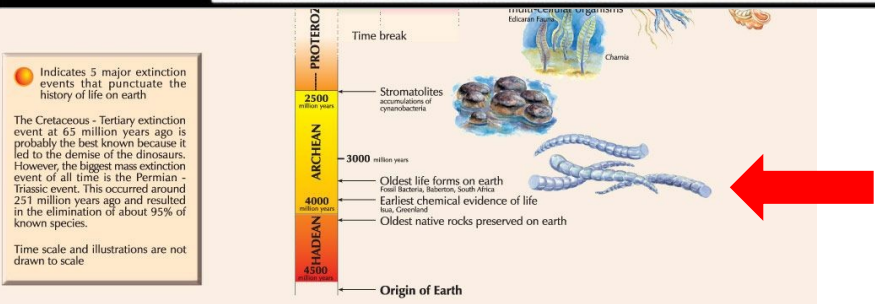
J. WILLIAM SCHIFF

SCIENCE • 30 Apr 1993 • Vol 260, Issue 5108 • pp. 640-646 • DOI:10.1126/science.260.5108.640

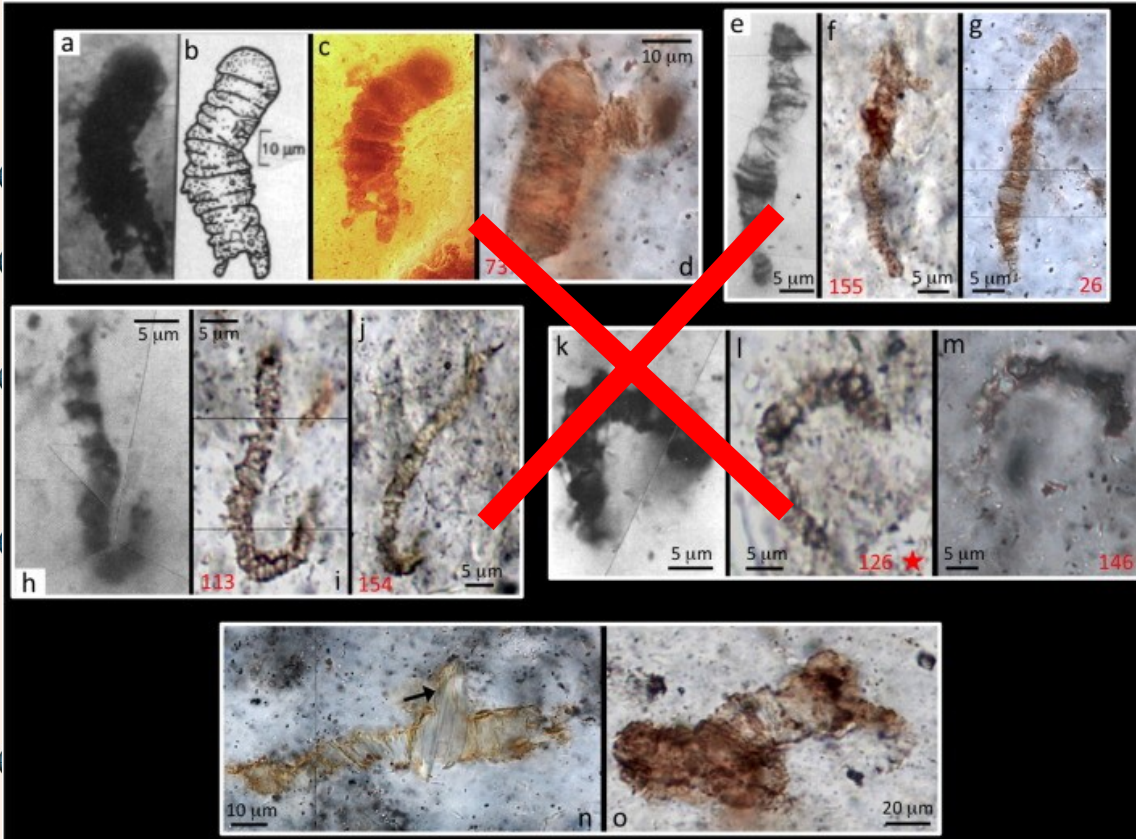
GET ACCESS

Abstract

Eleven taxa (including eight heretofore undescribed species) of cellularly preserved filamentous microbes, among the oldest fossils known, have been discovered in a bedded chert unit of the Early Archean Apex Basalt of northwestern Western Australia. This prokaryotic assemblage establishes that trichomic cyanobacterium-like microorganisms were extant and morphologically diverse at least as early as ~3465 million years ago and suggests that oxygen-producing photoautotrophy may have already evolved by this early stage in biotic history.



První důkazy života



RESEARCH ARTICLE

Microfossils of the Early Archean Apex Chert: New Evidence of the Antiquity of Life

J. WILLIAM SCHIFF

SCIENCE • 30 Apr 1993 • Vol 260, Issue 5108 • DOI: 10.1126/science.260.5108

Abstract

Eleven taxa (including eight heretofore undescribed lineages) of cellularly preserved filamentous microbes, among the oldest fossils known, have been discovered in a bedded chert unit of the Early Archean Apex Basalt of northern Western Australia. This prokaryotic assemblage establishes that trichotomous cyanobacterium-like microorganisms were abundant and morphologically diverse at least as early as ~3465 million years ago and suggests that oxygen-producing photosynthesis may have already evolved by this early stage in biotic history.

Gondwana Research
Volume 36, August 2016, Pages 296-313

ELSEVIER

3.46 Ga Apex chert 'microfossils' reinterpreted as mineral artefacts produced during phyllosilicate exfoliation

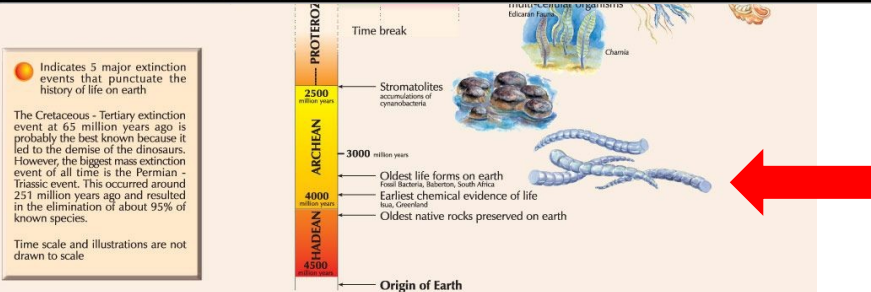
David Wacey^{a,b,c,d,e}, Martin Saunders^c, Charlie Kong^d, Alexander Brasier^e, Martin Brasier^{f,1}

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.gr.2015.07.010>

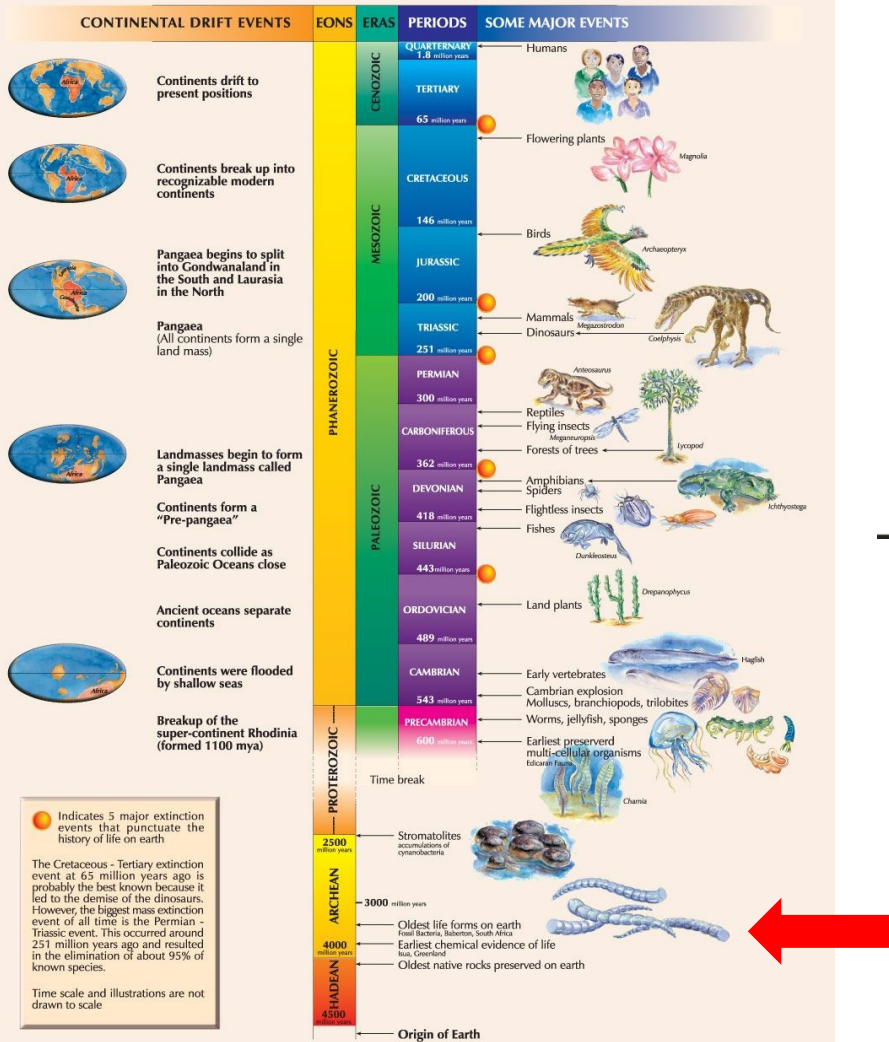
Get rights and content



Highlights

- New sub-micrometre analyses of the famous Apex chert 'microfossils' are presented.
- Candidate filamentous 'microfossils' comprise stacks of phyllosilicate grains.
- The distribution of carbon is inconsistent with fossilised prokaryote cells.
- Carbon also occurs throughout the quartz matrix and in late stage fractures.
- 'Microfossils' are thus reinterpreted as hydrothermally mediated mineral artefacts.

THE HISTORY OF LIFE ON EARTH



První důkazy života

LETTERS

PUBLISHED ONLINE: 21 AUGUST 2011 | DOI: 10.1038/NGEO1238

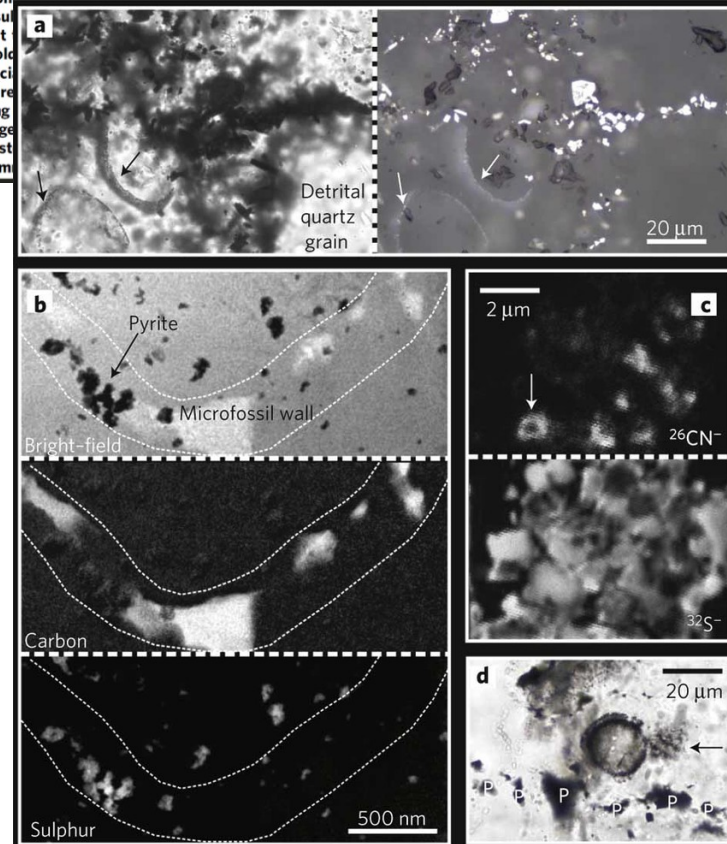
nature
geoscience

Microfossils of sulphur-metabolizing cells in 3.4-billion-year-old rocks of Western Australia

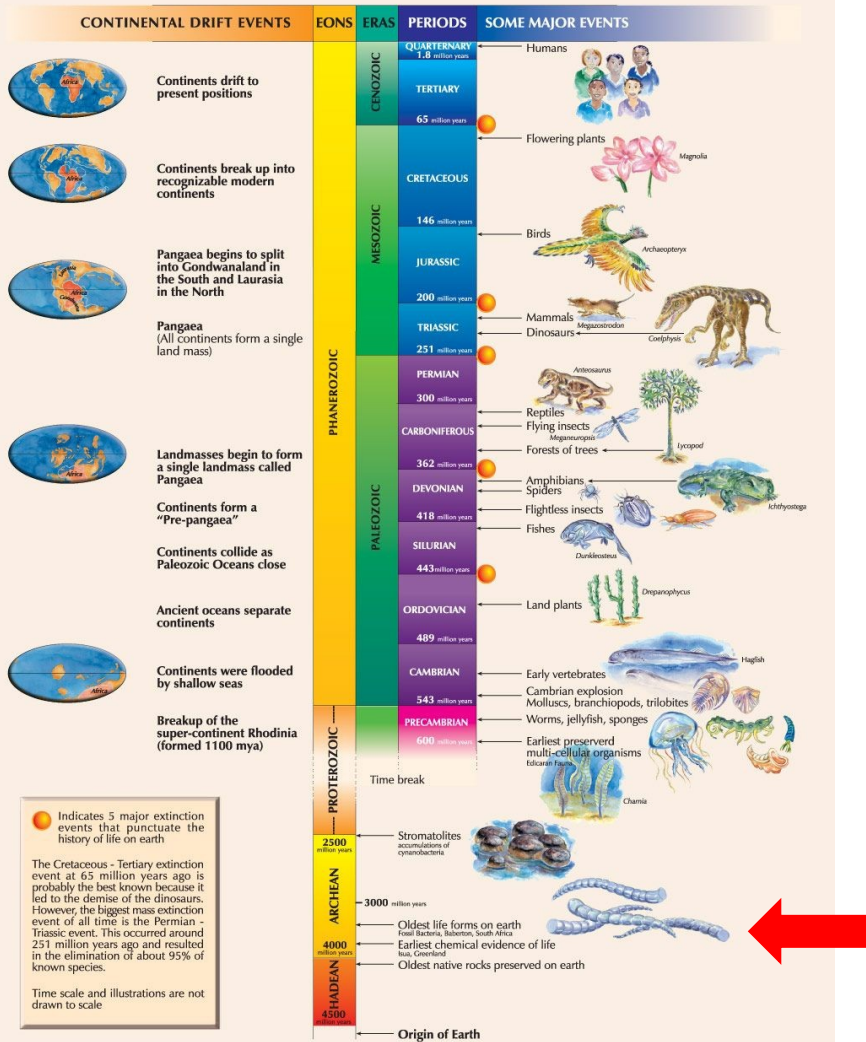
David Wacey^{1,2*}, Matt R. Kilburn^{1*}, Martin Saunders¹, John Cliff¹ and Martin D. Brasier³

Sulphur isotope data from early Archaean rocks suggest that microbes with metabolisms based on sulphur existed almost 3.5 billion years ago, leading to suggestions that the earliest microbial ecosystems were sulphur-based¹⁻⁵. However, morphological evidence for these sulphur-based microbes has been elusive. Here we report structures from the 3.4-billion-year-old Western Australia that are associated with biological affinity, including cell walls enriched in nitrogen organization into chains and clusters —46‰ Vienna PeeDee Belemnite

accompanying near the base by dripstone and meniscus fabrics (Supplementary Fig. S3) formed in the vadose zone, indicating partially gas-filled pore spaces (see ref. 16), probably in the photic zone. Associated density concentrations of rounded detrital pyrite



THE HISTORY OF LIFE ON EARTH



První důkazy života

LETTER

doi:10.1038/nature19355

Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures

Allen P. Nutman^{1,2}, Vickie C. Bennett³, Clark R. L. Friend⁴, Martin J. Van Kranendonk^{2,5,6} & Allan R. Chivas¹

Biological activity is a major factor in Earth's chemical cycles, including facilitating CO₂ sequestration and providing climate feedbacks. Thus a key question in Earth's evolution is when did life arise and impact hydrosphere-atmosphere-lithosphere chemical cycles? Until now, evidence for the oldest life on Earth focused on debated stable isotopic signatures of 3,800–3,700 million year (Myr)-old metamorphosed sedimentary rocks and minerals^{1,2} from the Isua supracrustal belt (ISB), southwest Greenland³. Here we report evidence for ancient life from a newly exposed outcrop of 3,700-Myr-old metacarbonate rocks in the ISB that contain 1–4-cm-high stromatolites—macroscopically layered structures produced by microbial communities. The ISB stromatolites grew in a shallow marine environment, as indicated by seawater-like

formation of the protolith, before superimposed metamorphism³. This is a particular problem in the search for signs of early life in carbonate rocks, owing to the propensity of carbonates to undergo ductile deformation and recrystallize as marble during metamorphism and orogeny. Consequently, the search for evidence of life in Eoarchaean rocks has focused on chemical signatures, such as the isotopic compositions of carbon (as graphite) and iron from metasedimentary rocks, but the origin of these signatures is not unique and their significance as evidence of ancient life remains debated^{2,13,14,15}. Most isotopic searches for the oldest evidence of life have targeted the ISB of southwest Greenland, because it contains by far the largest areal extent of diverse Eoarchaean metasedimentary rocks with rare, small areas of low deformation in which primary sedimentary structures are preserved¹⁶.

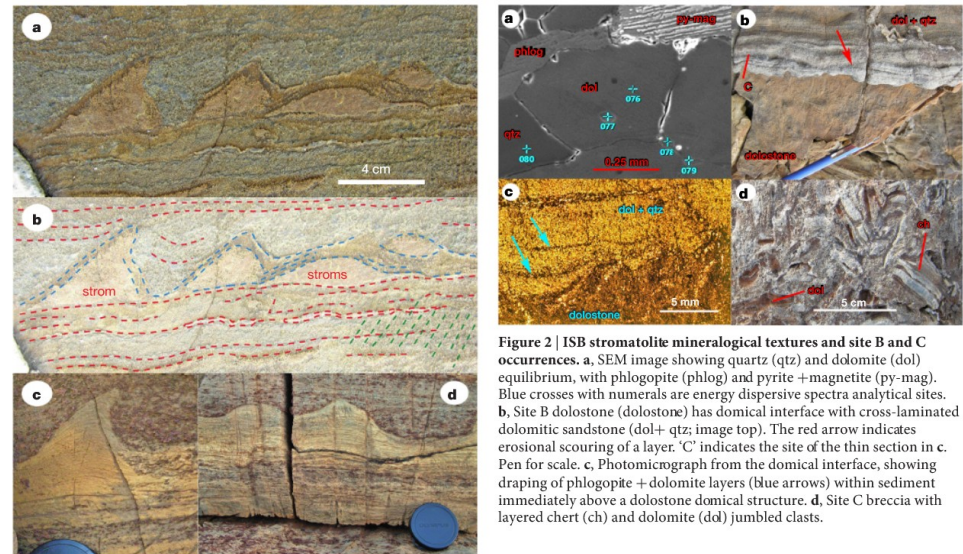
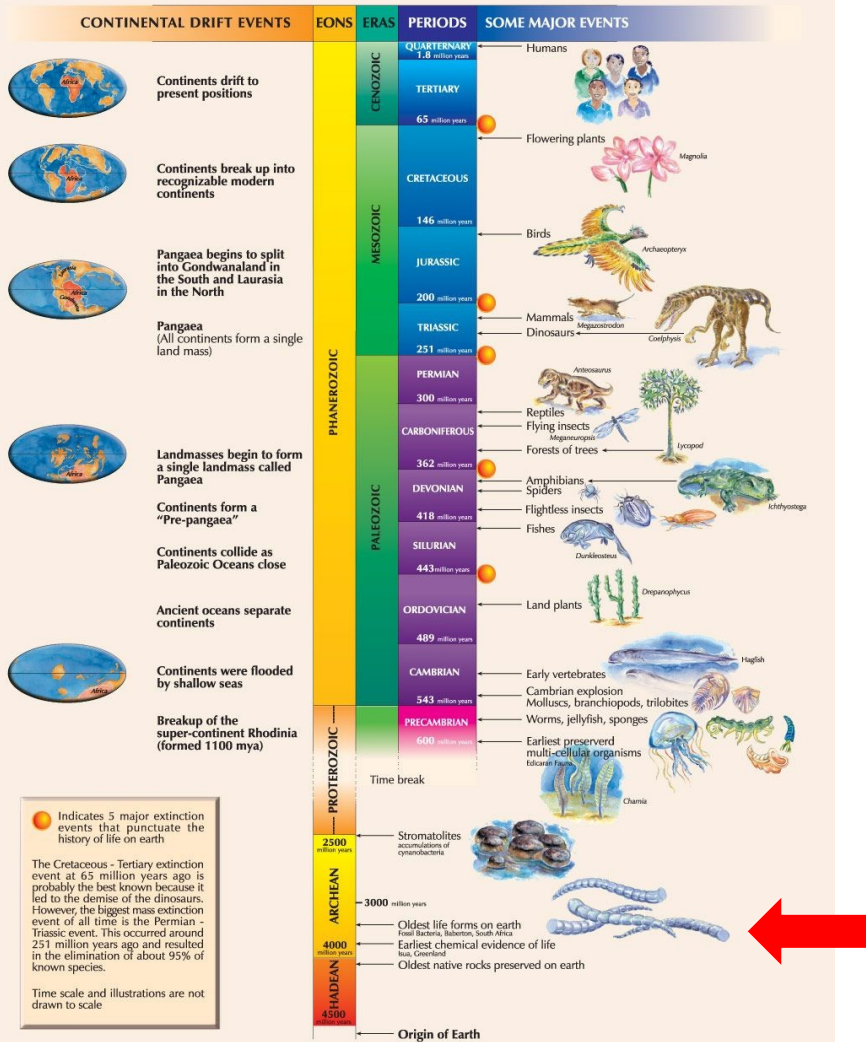


Figure 1 | ISB site A stromatolites and younger ones from Western Australia. a, Site A stromatolites. Image is inverted because layering is overturned in a fold. b, Interpretation of a, with isolated stromatolite

Figure 2 | ISB stromatolite mineralogical textures and site B and C occurrences. a, SEM image showing quartz (qtz) and dolomite (dol) equilibrium, with phlogopite (phlog) and pyrite + magnetite (py-mag). Blue crosses with numerals are energy dispersive spectra analytical sites. b, Site B dolomite (dolomite) has domical interface with cross-laminated dolomitic sandstone (dol+qtz; image top). The red arrow indicates erosional scouring of a layer. 'C' indicates the site of the thin section in c. Pen for scale. c, Photomicrograph from the domical interface, showing draping of phlogopite + dolomite layers (blue arrows) within sediment immediately above a dolomite domical structure. d, Site C breccia with layered chert (ch) and dolomite (dol) jumbled clasts.

At site 'B', lower amplitude (1 cm), more closely spaced, domical stromatolites are outlined at the top of a metadolomite unit where it is overlain by bedded, cross-laminated metasandstone (quartz + minor dolomite + magnetite + pyrite). See also Extended Data Fig. 1.

THE HISTORY OF LIFE ON EARTH



První důkazy života

LETTER

doi:10.1038/nature19355

Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures

Allen P. Nutman^{1,2}, Vickie C. Bennett³, Clark R. L. Friend⁴, Martin Van Kranendonk^{2,5,6} & Allan R. Chivas¹

Biological activity is a major factor in Earth's chemical cycles, including facilitating CO₂ sequestration and providing negative feedbacks. Thus a key question in Earth's evolution is when did life arise and impact hydrosphere-atmosphere-lithosphere geochemical cycles? Until now, evidence for the oldest life on earth has focused on debated stable isotopic signatures of 3,800–3,700 million year (Myr)-old metamorphosed sedimentary rocks and minerals^{1,2} from the Isua supracrustal belt (ISB), southwest Greenland³. Here we report evidence for ancient life from a newly exposed outcrop of 3,700-Myr-old metacarbonate rocks in the ISB that contain 1–4 cm-high stromatolites—macroscopically layered structures produced by microbial communities. The ISB stromatolites grew in a shallow marine environment, as indicated by seawater-like formation of the protolith, before superimposed metamorphism³. This is a particular problem in the search for signs of early life in carbonate rocks, owing to the propensity of carbonates to undergo ductile deformation and recrystallize as marble during metamorphism and orogeny. Consequently, the search for evidence of life in Eoarchaean rocks has focused on chemical signatures, such as the isotopic compositions of carbon (as graphite) and iron from metasedimentary rocks, but the origin of these signatures is not unique and their significance as evidence of ancient life remains debated^{2,13,14,15}. Most isotopic searches for the oldest evidence of life have targeted the ISB of southwest Greenland, because it contains by far the largest areal extent of diverse Eoarchaean metasedimentary rocks with rare, small areas of low deformation in which primary sedimentary structures are preserved¹⁶.

> Nature. 2018 Nov;563(7730):241-244. doi: 10.1038/s41586-018-0610-4. Epub 2018 Oct 17.

Reassessing evidence of life in 3,700-million-year-old rocks of Greenland

Abigail C Allwood¹, Minik T Rosing², David T Flannery³, Joel A Hurowitz⁴, Christopher M Heirweh³

Affiliations + expand
PMID: 30333621 DOI: 10.1038/s41586-018-0610-4

Erratum in

Author Correction: Reassessing evidence of life in 3,700-million-year-old rocks of Greenland.

Allwood AC, Rosing MT, Flannery DT, Hurowitz JA, Heirweh CM. Nature. 2019 Jan;565(7737):E1. doi: 10.1038/s41586-018-0759-x. PMID: 30498252

Abstract

The Palaeoarchaean supracrustal belts in Greenland contain Earth's oldest rocks and are a prime target in the search for the earliest evidence of life on Earth. However, metamorphism has largely obliterated original rock textures and compositions, posing a challenge to the preservation of biological signatures. A recent study of 3,700-million-year-old rocks of the Isua supracrustal belt in Greenland described a rare zone in which low deformation and a closed metamorphic system allowed preservation of primary sedimentary features, including putative conical and domical stromatolites¹ (laminated accretionary structures formed by microbially mediated sedimentation). The morphology, layering, mineralogy, chemistry and geological context of the structures were attributed to the

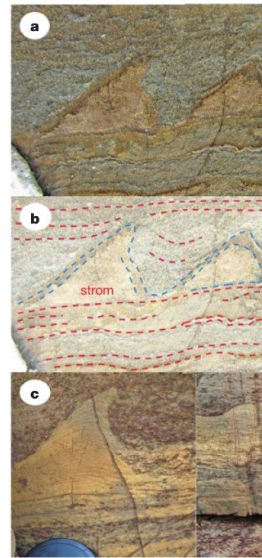
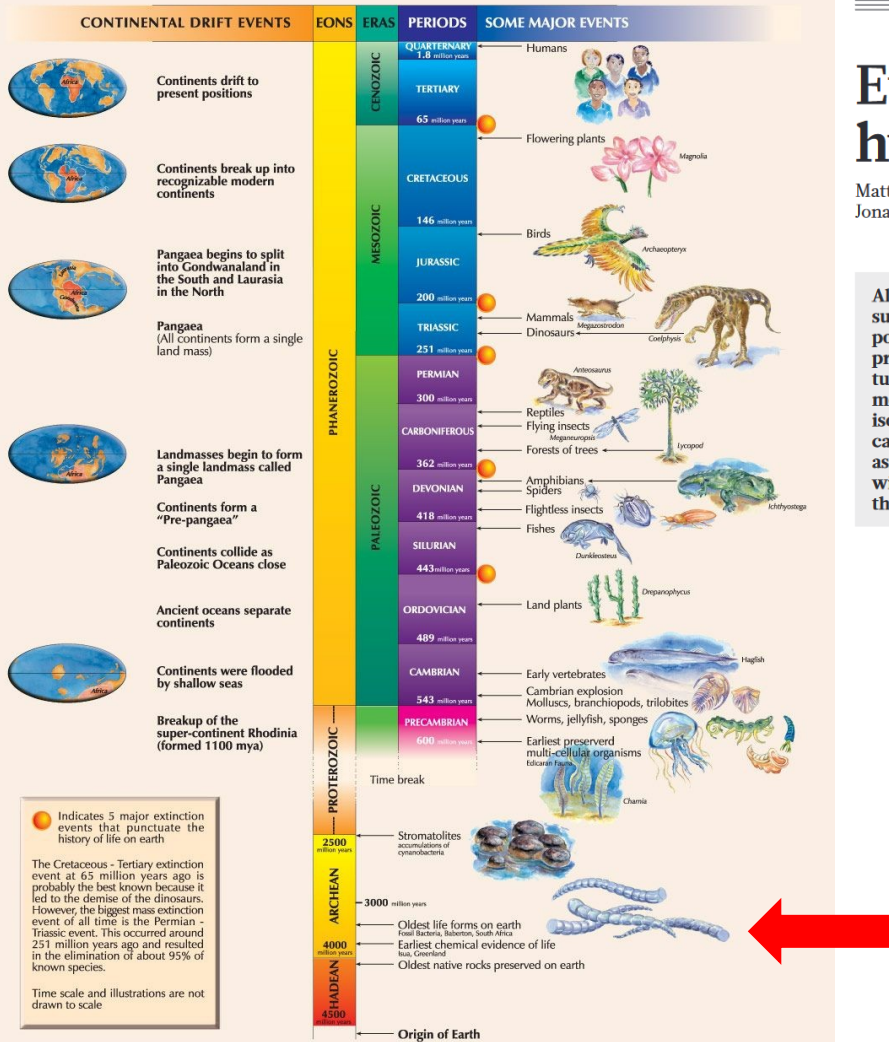


Figure 1 | ISB site A stromatolites and yo Australia. a, Site A stromatolites. Image is overturned in a fold. b, Interpretation of a,

THE HISTORY OF LIFE ON EARTH



První důkazy života

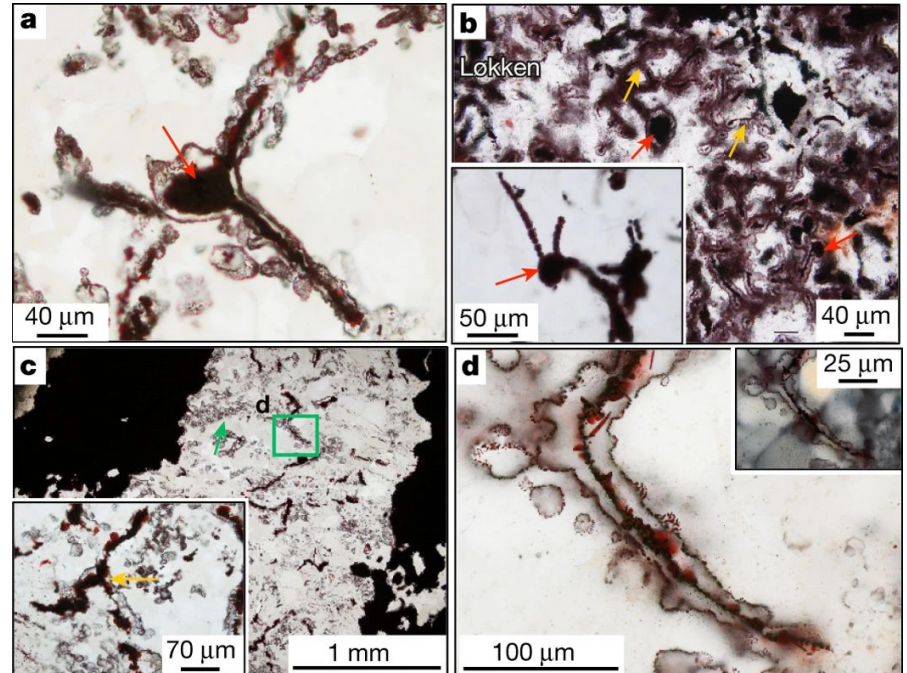
ARTICLE

doi:10.1038/nature21377

Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates

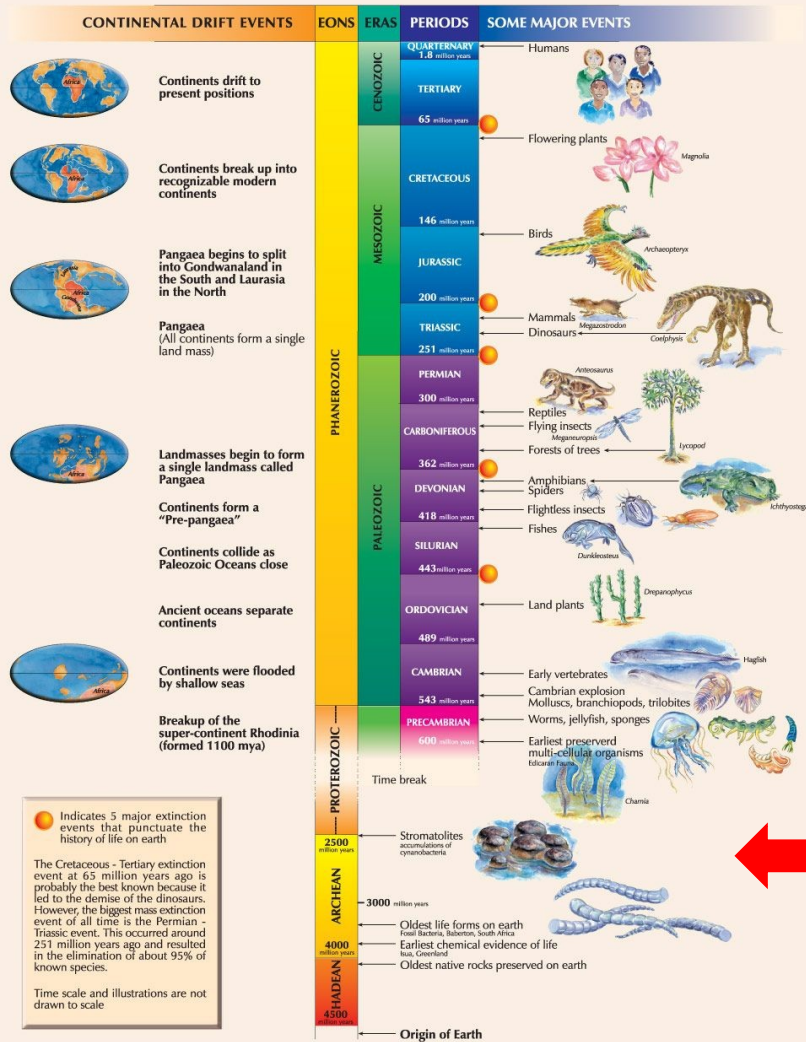
Matthew S. Dodd^{1,2}, Dominic Papineau^{1,2}, Tor Grenne³, John F. Slack⁴, Martin Rittner², Franco Pirajno⁵, Jonathan O'Neil⁶ & Crispin T. S. Little⁷

Although it is not known when or where life on Earth began, some of the earliest habitable environments may have been submarine-hydrothermal vents. Here we describe putative fossilized microorganisms that are at least 3,770 million and possibly 4,280 million years old in ferruginous sedimentary rocks, interpreted as seafloor-hydrothermal vent-related precipitates, from the Nuvvuagittuq belt in Quebec, Canada. These structures occur as micrometre-scale haematite tubes and filaments with morphologies and mineral assemblages similar to those of filamentous microorganisms from modern hydrothermal vent precipitates and analogous microfossils in younger rocks. The Nuvvuagittuq rocks contain isotopically light carbon in carbonate and carbonaceous material, which occurs as graphitic inclusions in diagenetic carbonate rosettes, apatite blades intergrown among carbonate rosettes and magnetite-haematite granules, and is associated with carbonate in direct contact with the putative microfossils. Collectively, these observations are consistent with an oxidized biomass and provide evidence for biological activity in submarine-hydrothermal environments more than 3,770 million years ago.



První důkazy života

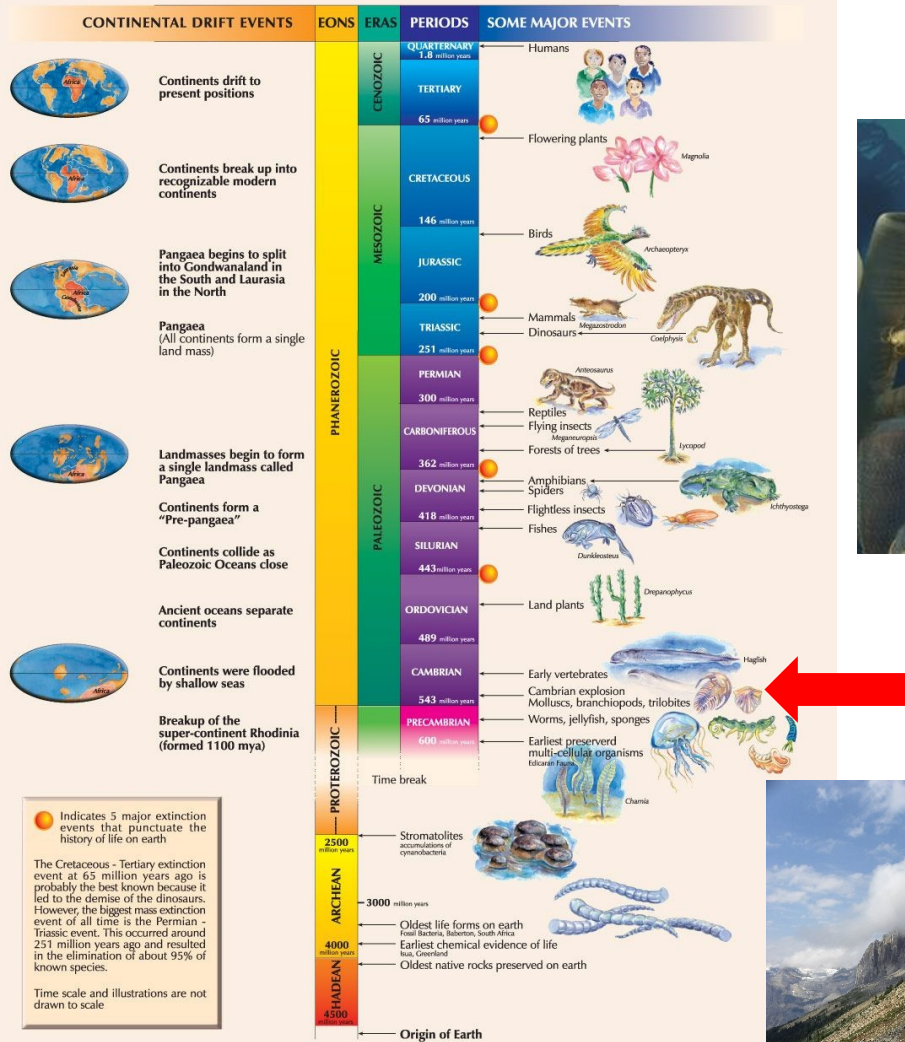
THE HISTORY OF LIFE ON EARTH



3-2,5 mld. let
Stromatolity
Fotosyntetické sinice
Makroskopické fosilie



THE HISTORY OF LIFE ON EARTH



Indicates 5 major extinction events that punctuate the history of life on earth

The Cretaceous - Tertiary extinction event at 65 million years ago is probably the best known because it led to the demise of the dinosaurs. However, the biggest mass extinction event of all time is the Permian - Triassic event. This occurred around 251 million years ago and resulted in the elimination of about 95% of known species.

Time scale and illustrations are not drawn to scale

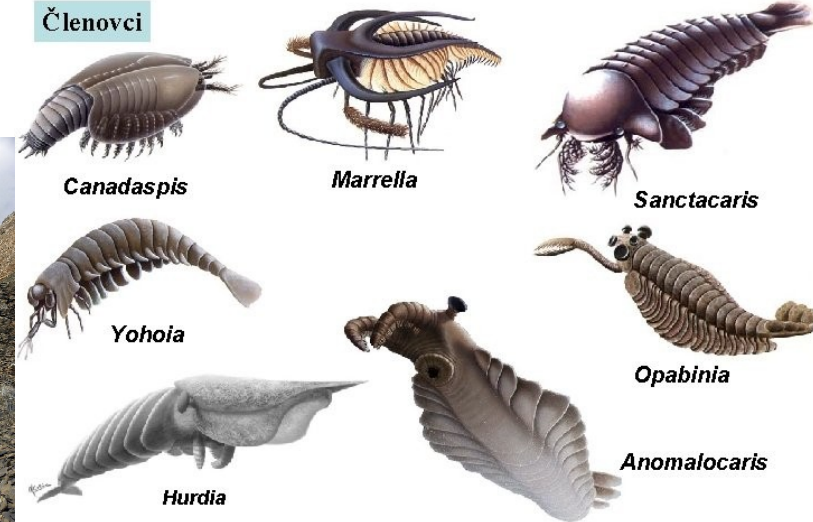
Kambrická exploze

Před 542 mil. Let
Nahradily Ediacarskou faunu
Všechny tělní plány



Živočichové burgesských břídlíc (rekonstr.)

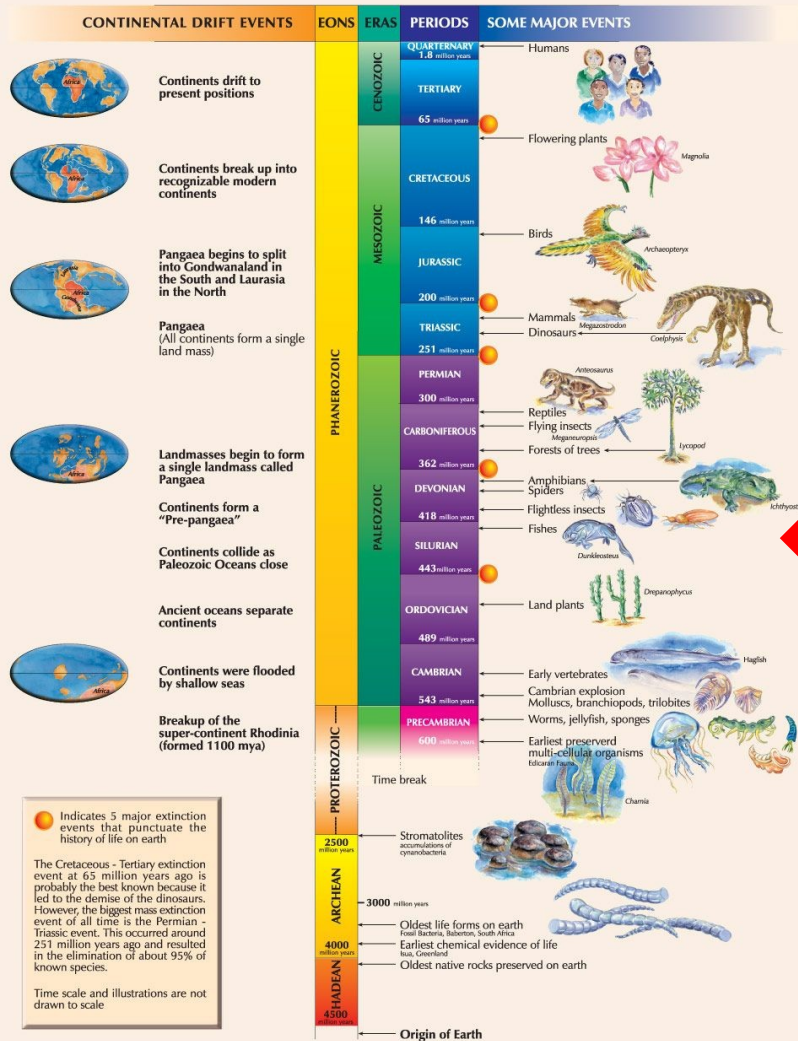
Členovci



Silur-Devon

První obratlovci a přechod na souš

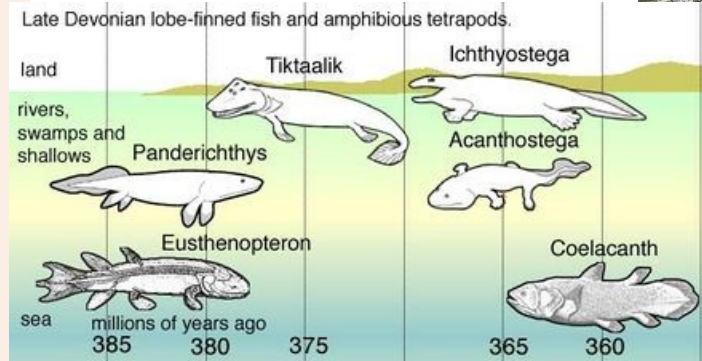
THE HISTORY OF LIFE ON EARTH



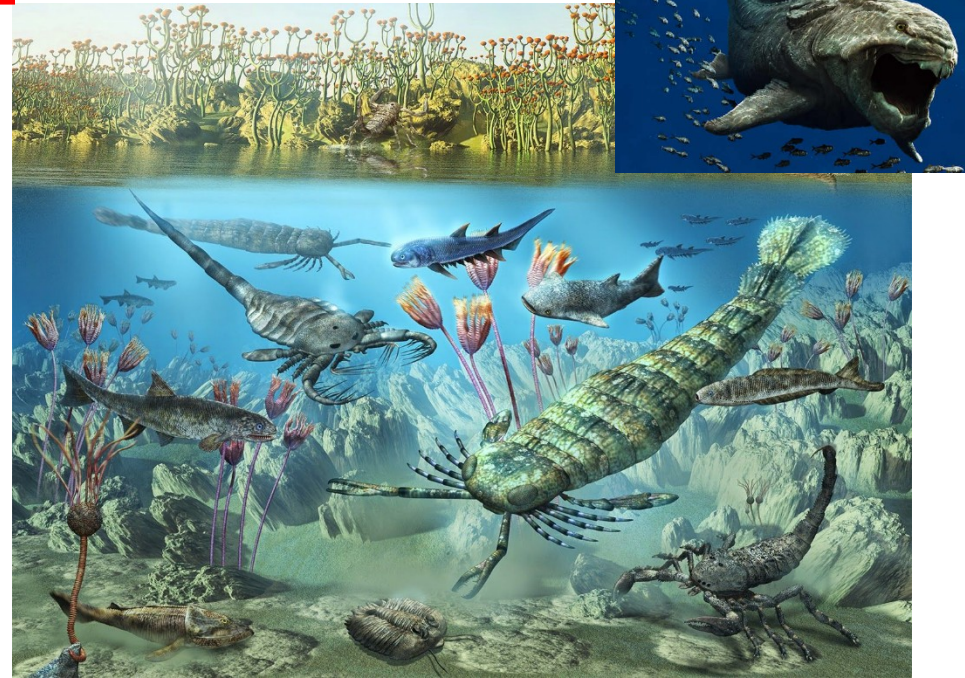
Indicates 5 major extinction events that punctuate the history of life on earth

The Cretaceous - Tertiary extinction event at 65 million years ago is probably the best known because it led to the demise of the dinosaurs. However, the biggest mass extinction event of all time is the Permian - Triassic event. This occurred around 251 million years ago and resulted in the elimination of about 95% of known species.

Time scale and illustrations are not drawn to scale



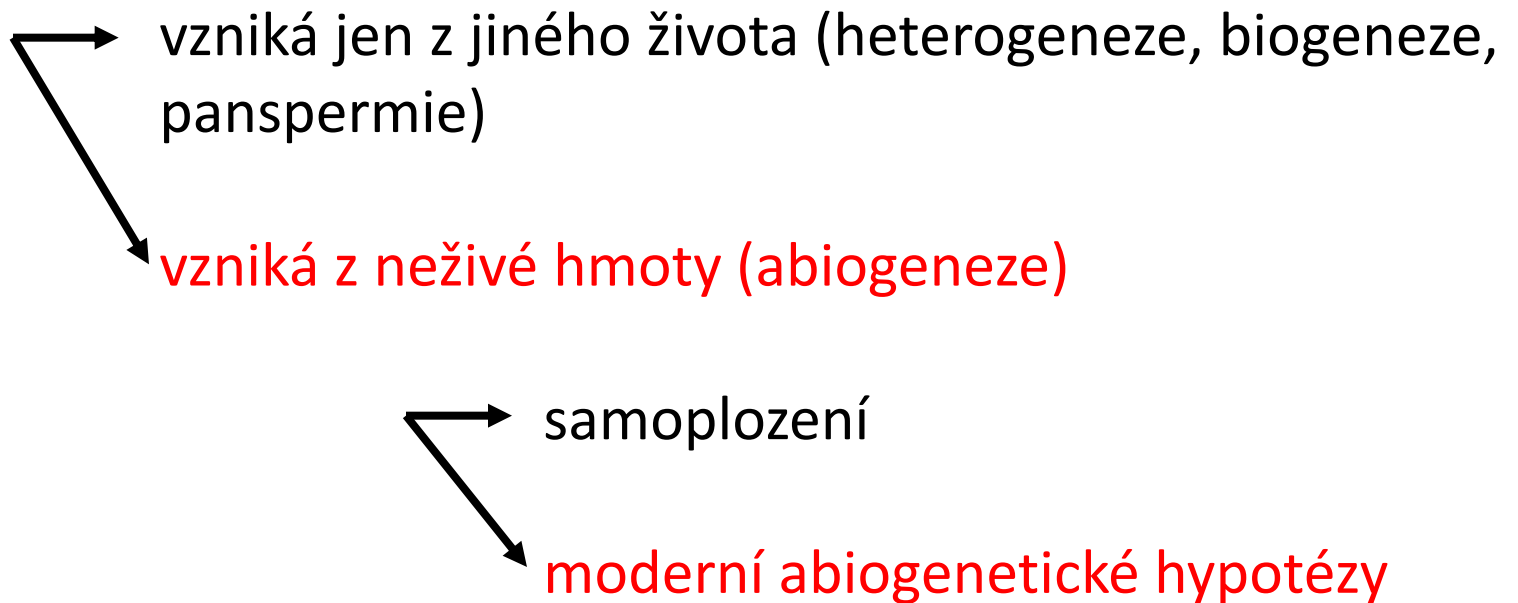
Dvojdyšné ryby -> Krytolebci



Původ života

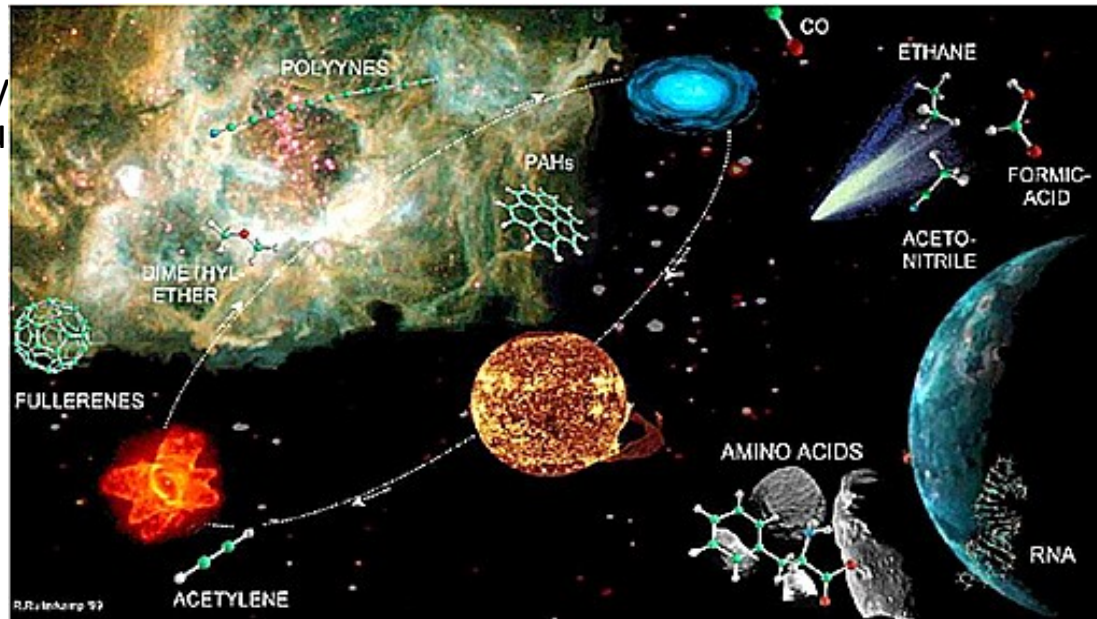
Stvoření (božský zásah)

Život je všudypřítomný



Panspermie: Přišel život z vesmíru?

- Anaxagoras (5. stol. př.n.l.): zárodky života rozptýleny po celém vesmíru
- Lord Kelvin, Arrhenius (1908): panspermie
- Sir Fred Hoyle, Crick: řízená panspermie



Vesmír je bohatý na organické látky

Komety:

- mohou přenášet organické látky, Hyakutake – methan

Meteority:

- denně na Zemi dopadá až 150 tun organického materiálu, dříve více
- prebiotické reakce v mělkých lagunách
- objev aromatických polycyklických uhlovodíků (PAH) v okolí mrtvých hvězd
- glycin v mezihvězdném prachu

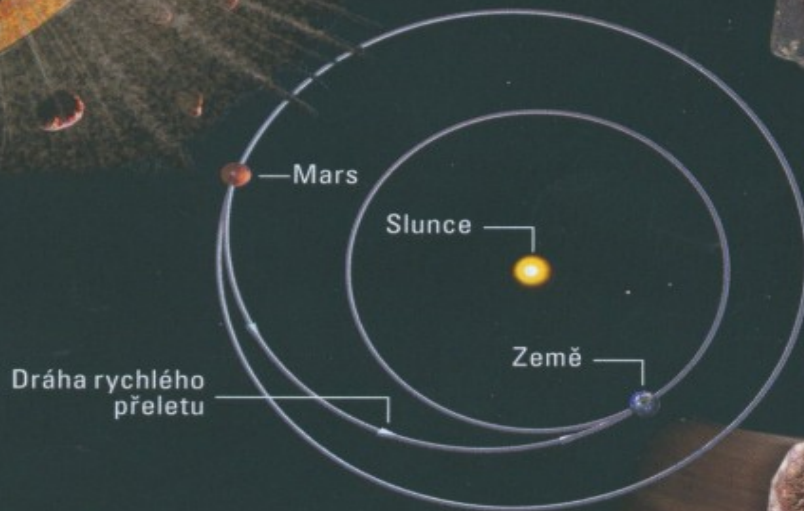
Chondrity – nejstarší kamenné meteority, obsahují chondruly s organickými látkami,

Murchison – 64 druhů AK, jen 8 „pozemských“ AK

MEZIPLANETÁRNÍ EXPRES

Vždy jednou za několik milionů let do Marsu narazí asteroid nebo kometa s energií, která postačuje k vymrštění hornin, jež mohou uniknout z dosahu přitažlivosti červené planety a nakonec se dostat na Zemi. Pokud se před miliardami let vyvinul na Marsu život, lze si představit, že horniny s biologickými materiály podnikly vesmírnou pouť dostatečně rychle a přenesly život na Zemi.

Dokonce i velmi prudké nárazy mohou vymrstit horniny a prachové částice z povrchové vrstvy Marsu bez toho, aby je zahřály na teplotu neslučitelnou s životem.



Většina hornin spojených se Zemí strávila ve vesmíru dlouhou dobu. Nejznámější marsovský meteorit, ALH84001 (nahoře), putoval vesmírem 15 milionů let. Ale z každých deseti miliónů předmětů/objektů se jeden dostane na Zemi za méně než jeden rok, a je tak jen velmi krátce vystaven meziplanetárnímu záření.

Meziplanetární expres

Při vstupu do atmosféry Země by se zahřál povrch meteoritu, ale ne jeho vnitřek. Jakékoli mikroby v nitru horniny by přežily. Prachové částice by se vyhnuly přílišnému zahřátí tím, že jejich rychlost by se snižovala postupně.

Bakterie – vesmírní kolonizátoři?

***Streptococcus mitis*:**

- náhodně zavlčen na Měsíc (Surveyor3) a po 31 měsících zpět (Apollo12) a byl životaschopný

***Deinococcus radiodurans*:**

– 15 000 Gy/ 37% životaschopnost
člověk 10 Gy, *E. coli* 60 Gy

bakteriální spóry:

– odolnost, konformace A-DNA
- izolace bakterií z trávicího traktu hmyzu zalitého v jantaru (25-40 mil. roků)
- solné vrstvy (New Mexico) – bakterie 300 mil let



Extremofilové

Acidophile: An organism with an optimum pH level at or below pH 3.

Aerobe: requires O₂ to survive.

Alkaliphile: An organism with optimal growth at pH levels of 9 or above.

Anaerobic: does not need O₂ to survive.

Endolith: An organism that lives inside rocks.

Halophile: An organism requiring at least 0.2M of NaCl for growth.

Hypolith: An organism that lives inside rocks in cold deserts.

Mesophile: An organism that thrives in temperatures between 15-60 °C.

Metalotolerant: capable of tolerating high levels of heavy metals, such as copper, cadmium, arsenic, and zinc.

Microaerophilic: requires levels of O₂ that are lower than atmospheric levels.

Oligotroph: An organism capable of growth in nutritionally limited environments.

Piezophile: An organism that lives optimally at high hydrostatic pressure. See also Barophile

Psychrophile: An organism that can thrive at temperatures of 15 °C or lower.

Radioresistant: resistant to high levels of ionizing radiation.

Thermophile: An organism that can thrive at temperatures between 60-80 °C.

Xerotolerant: requires water to survive

Život na Zemi – Jak?

Klasická a moderní abiogeneze

Aristoteles - život má původ v neživé hmotě

Francesco Redi (1668) – zabránil mouchám klást vajíčka a z masa larvy nevznikaly, „omne vivum ex ovo“

Antoni van Leeuwenhoek (1683) objevil bakterie

Lazzaro Spallanzani (1768) – bakterie pocházejí také ze vzduchu a mohou být zničeny varem

Louis Pasteur (1862)– mikroorganismy přítomny v organických materiálech, sterilizace

Woehler (1828) – syntéza močoviny, kvantifikace energie při reakcích, není prostor pro vitální sílu, redukcionismus

Moderní abiogeneze:

- vznik života na Zemi sérií postupných kroků
- stavební kameny (AK, báze) → polymery → buňka
- různé hypotézy (svět RNA, Miller, panspermie)

Oponenti – falzifikovatelnost, malá pravděpodobnost

Rozdíl mezi klasickou a moderní abiogenezí:

– frekvence vzniku života

- složitost vznikajících organismů



Vitalistická filozofie – dělila přírodu na živou a neživou, vyloučila abiogenezi

Redukcionismus – odmítá rozdíl mezi anorganickou a organickou hmotou, složité věci lze vysvětlit jednoduššími, řada fyzika-chemie-biologie-sociologie, Dawkins

Moderní teorie abiotického vzniku života

Chemická evoluce = vznik základních stavebních kamenů biologických systémů (nukleotidy, aminokyseliny,..)

Biologická evoluce = vznik a zorganizování systémů podléhajících přirozenému výběru

Co bylo dříve?

Nejdříve **metabolismus** x Nejdříve **replikace** x **Koevoluce** obou x zcela odlišný průběh

Nejprve metabolismus

A) Prebiotická polévka (primordial soup)

zastáncem již Darwin



Moderní teorie chemické evoluce a podmínky na Zemi v době vzniku života



A.I. Oparin (1924) – složité molekulární struktury vznikly z jednodušších

Haldane (1928) – život vzešel z primordiální polévky, úloha UV záření

H. Urey – atmosféry ostatních planet jsou redukující (H_2 , NH_4 , CH_4 , H_2O)

Základem těchto teorií je předpoklad, že na rané Zemi bylo mnoho různých zdrojů energie, které mohly být využity k syntéze chemických složek života: geotermální energie, UV, blesky, teplo a rázové vlny po dopadu meteoritů,...

Poloha Země (4.5 mld)

Sopečná činnost a atmosféra

Po zchlazení moře (před 4 mld)

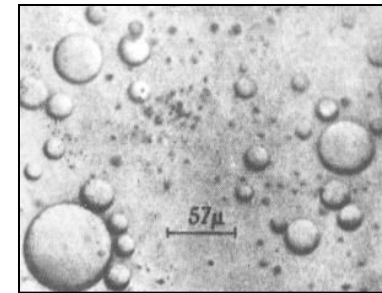
Život před 3.8 mld



Nejprve proteiny

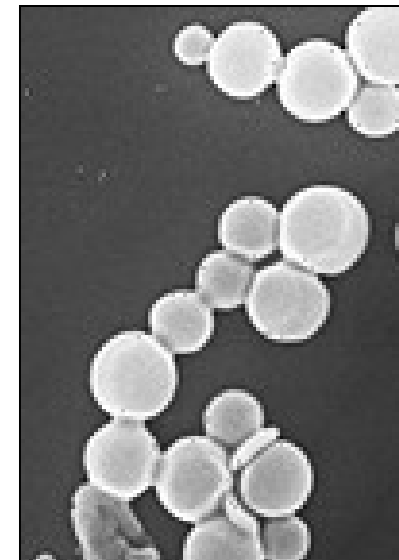
1. Oparinovy koacerváty

- aminokyseliny vznikají snadněji než báze NK
- primitivní modely buňky
- hromadění produktů, reakce, růst, dělení
- vznikají v koloidních roztocích
- problém ředění

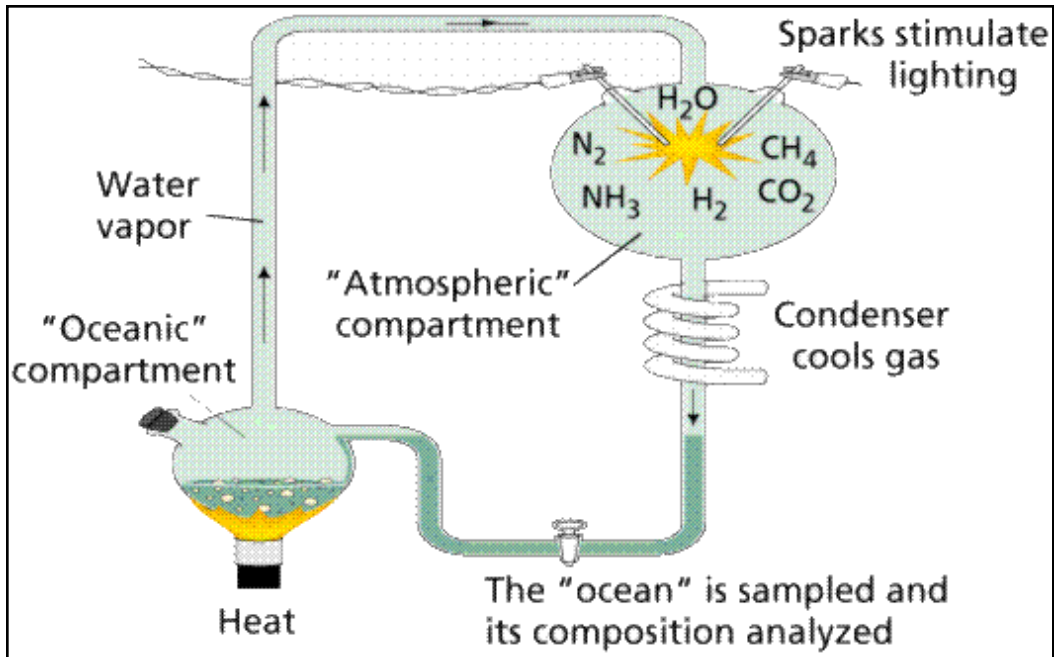


2. Foxovy mikrosféry

- otázka původu enzymatických molekul
- vznikají z protenoidů = polymery vzniklé kondenzací aminokyselin
- pořadí AK v těchto polymerech je náhodné
- některé mohou vykazovat katalytickou funkci



Urey-Millerův experiment



Kde? V oceánech.

Modifikace:

1. Pyrosyntéza
2. UV záření
3. tlakově vlny
4. kosmické záření
5. radioaktivita
6. sluneční vítr

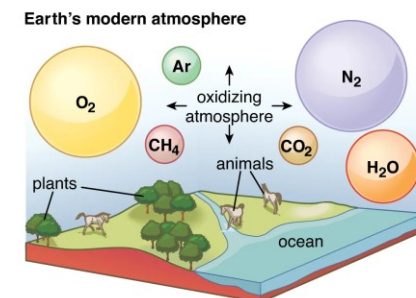
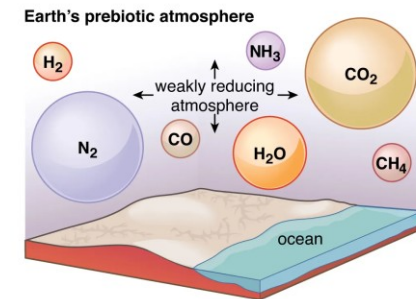
vodní pára (H₂O)
amoniak (NH₃)
metan (CH₄)
vodík (H₂)
dusík (N₂)
oxid uhličitý (CO₂)

➔ **Výsledek:**
20 AK, 5 bází, hlavní cukry

Námítky a současný pohled

1. atmosféra nebyla silně nýbrž slabě redukující (CO, CO₂, N₂, HCN, stopy formaldehydu, NH₃, CH₄, H₂), 2. kyslík z fotolýzy vody a hornin, 3. problém – kyslík byl jedem

➔ Výsledek: mnoho stejných látek, ale jen asi 10 000 x nižší koncentrace



Urey-Millerův experiment

Vznik života z prebiotické polévky?

Zásadní negativa hypotézy – nevznikají polymery

- nukleosidy ani nukleové kyseliny
- proteiny
- lipidy

(= v prebiotické polévce vznikají jen stavební jednotky biopolymerů ale ne samotné biopolymery, nevznikají lipidové váčky)

Rozšiřující hypotézy staví na roli „povrchů“ katalyzujících tvorbu polymerů (jíly, pyrit, led,...) a cyklických změnách fyzikálních podmínek

1) Jak zvýšit koncentraci

- Dočasná jezírka – cyklické změny díky vypařování, vymrzání, kondenzaci a srážkám

2) Přispění meziplanetárního materiálu (kometry, meteority)

- Vodní led s příměsemi jednoduchých i složitých organických látek

Urey-Millerův experiment

Vznik života z prebiotické polévky?

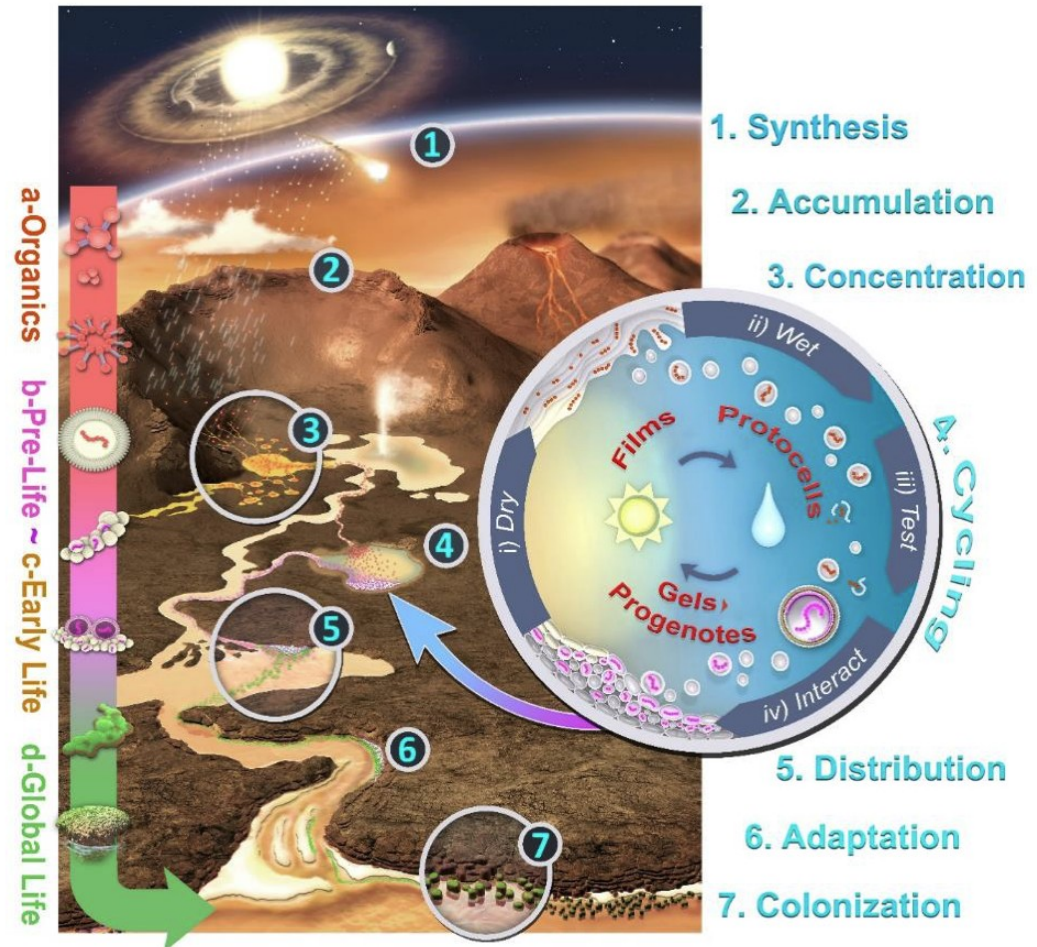
1) Jak zvýšit koncentraci

- Dočasná jezírka – cyklické změny díky vypařování, vymrzání, kondenzaci a srážkám

2) Přispění meziplanetárního materiálu (kometry, meteority)

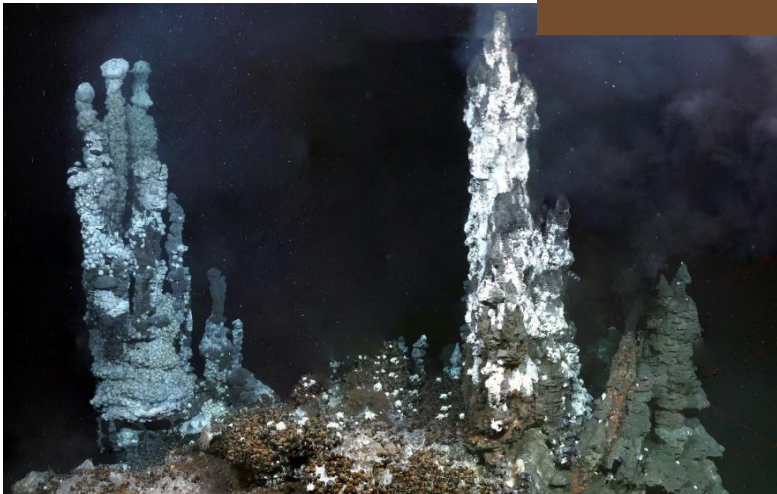
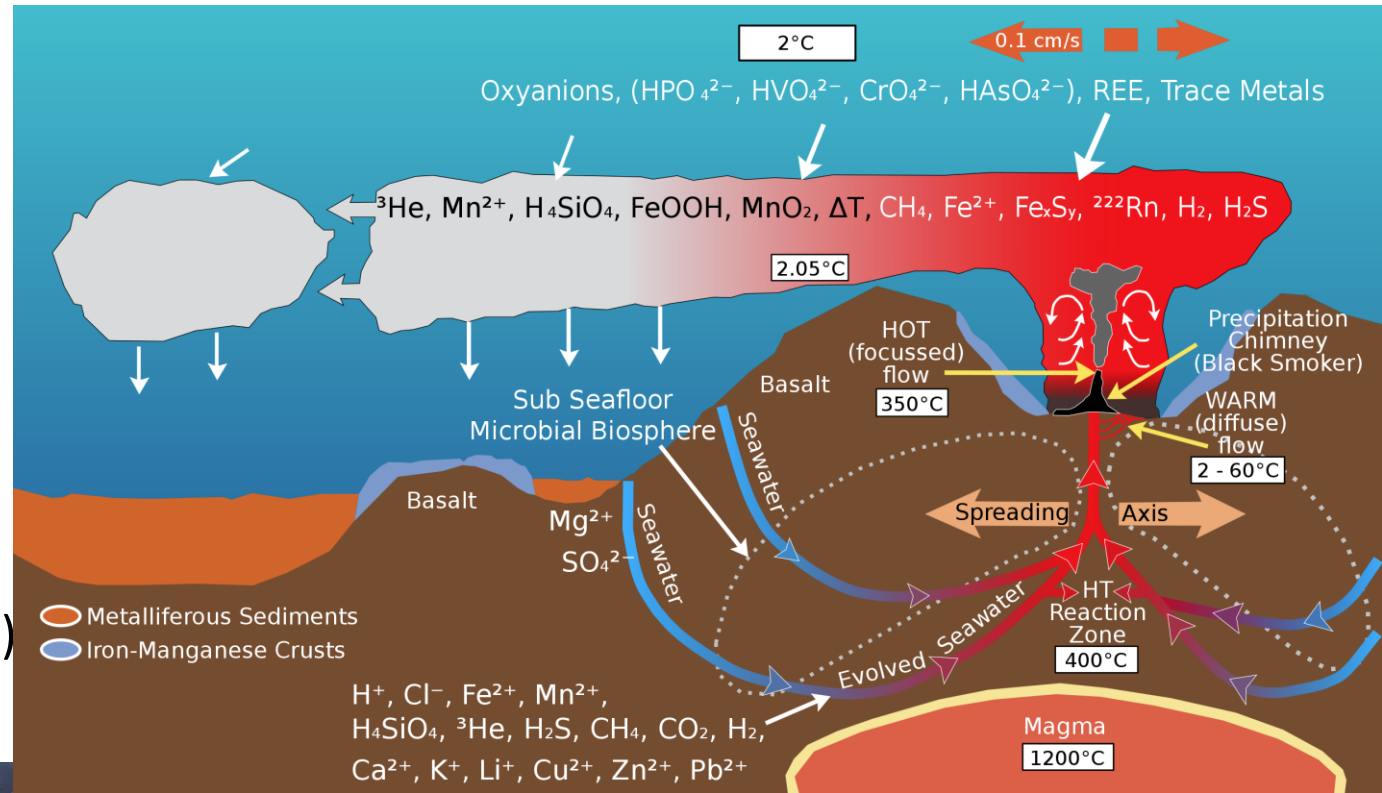
- Vodní led s příměsí jednoduchých i složitých organických látek

A Hot Spring Origin of Life



B) Vznik života v podmorských sopkách

- podmorské komíny - 2000m
- vyvěrá přehřátá voda bohatá na minerály, krystalizuje a sedimentuje, katalýza
- zvláštní ekosystém (extremofilové, fotosyntetické bakterie)



Teorie „hluboké horké biosféry“

Thomas Gold: Život se vyvinul hluboko pod povrchem Země a na povrch se dostal druhotně. Bakterie několik kilometrů pod povrchem. Život na jiných planetách nebo měsících?

Teorie světa sulfidů kovů

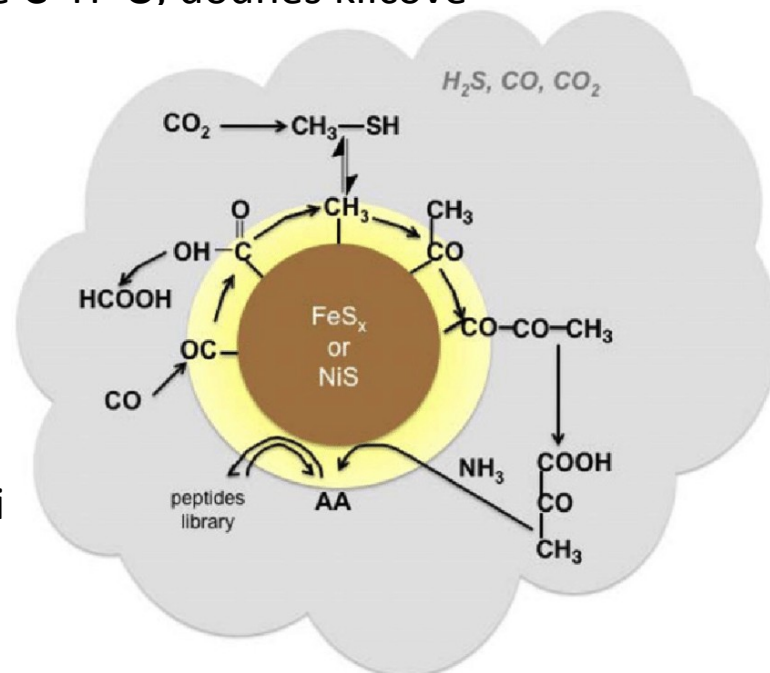
Fe-S svět (G. Wächtershäuser, 1988)

jednoduchý
metabolismus
předcházel genetice

- za přítomnosti **sulfidů kovů** vznikají složitější uhlíkaté sloučeniny
- Jay Brandes, 1997: smíchal CO, H₂S, NH₃, NiS, FeS **při 100°C** a získal **AK a peptidy**
- podmínky podobné blízkosti podmořských sopek (100-300 C, vysoký tlak)
- reakce vytvářející energii využitelnou pro další reakce cyklů
- vzrůstá složitost **cyklů**
- reakce neprobíhaly ve volném oceánu ale **na povrchu minerálů** (pyrit)
- důležitá role **kyseliny octové** – jednoduchá kombinace C+H+O, dodnes klíčové postavení v metabolismu



- Život vznikl u hlubokomořských železitosirných vývěřů. První metabolizmy byly hypertermofilní a chemoautotrofní (sulfidy železa donory elektronů). Fixace uhlíku redukcí CO₂ na povrchu FeS nebo NiS povrchů jako katalyzátorů v citrátovém cyklu. Polymerace peptidů za vysokých teplot za přítomnosti (Fe a Ni)S. Prvními buňkami byly lipidové váčky formující se na povrchu minerálů.



Serpentinizační hypotéza

variace G. Wächtershäusera (Martin a Russel, 1994)

- mírné odlišnosti v teplotě vyvěrající vody (až 300 °C) a chemickém složení (H₂S, H₂, HCN, CH₄, formaldehyd) + mírně oxidující mořská voda (CO₂, Fe³⁺)

Díky proudění vody vznikají tzv. mackinawitové membrány – anorganická pěna, která může uzavírat primitivní metabolismus jako protobuňka a později být obalena lipidovými membránami.

Nevýhody Hypotéz vzniku života v horkých hlubinných vývěrech:

- Mnohem nižší variabilita a koncentrace sloučenin v laboratorních experimentech

Podpůrné argumenty:

- Načasování vzniku života krátce po skončení Masivního pozdního bombardování, kdy se znovu zformovaly oceány a Zemský plášť byl velice aktivní
- Anorganická (Fe, Mg,...) jádra dnešních enzymů dědictvím tohoto světa?
- LUCA byl s největší pravděpodobností termofilní.
- Genetický kód nejspíš vznikl za vysokého tlaku (AK využívané dnešními barofilními organismy mají větší variabilitu v kódování).

Nejprve replikace

Genová hypotéza vzniku života

Na počátku nebyl metabolismus ale nukleová kyselina schopná replikace a přirozeného výběru

Na počátku byly pouze nukleové kyseliny – genová hypotéza

Co bylo dříve

– DNA nebo proteiny?



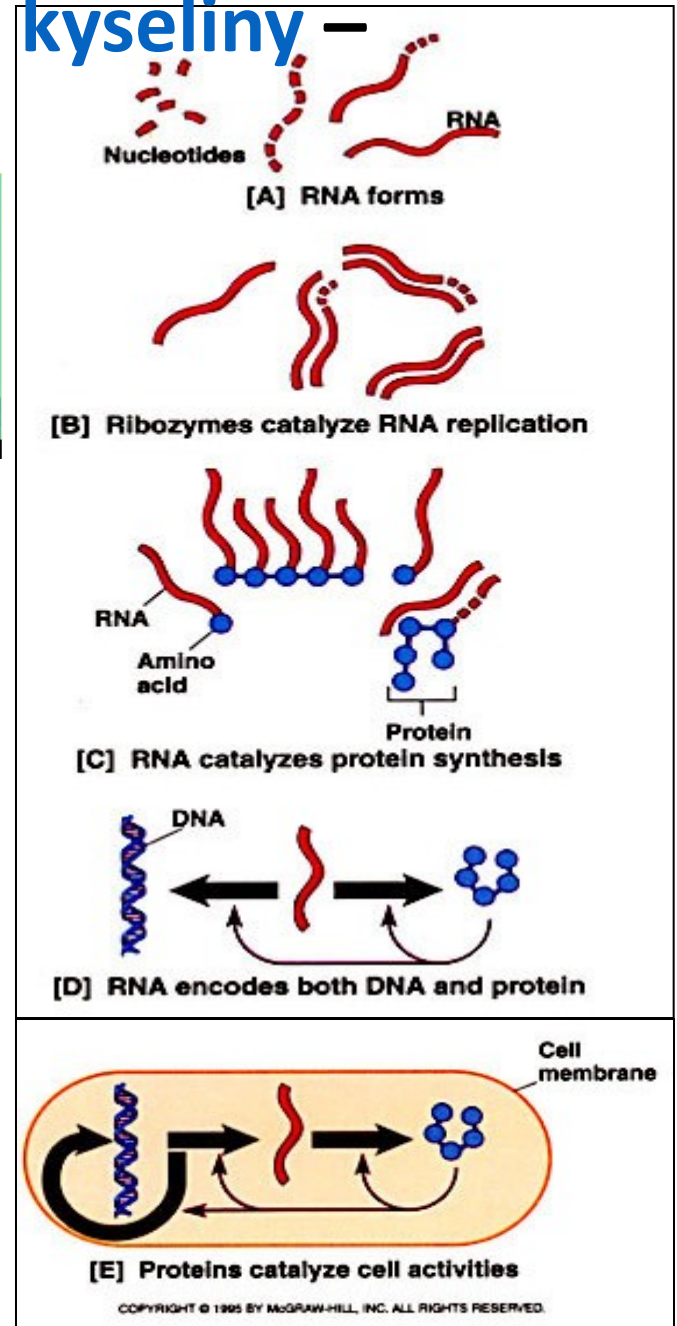
- RNA je genetický materiál i katalyzátor postuloval Crick 1968
- katalyticky aktivní RNA – **RIBOZYM** (Cech 1982)
- RNA svět (W. Gilbert 1986)
- vznik genetického kódu a proteosyntézy

jednoduché polymery – replikátory, **RNA**



evoluce

složitá biochemie: **DNA** – RNA - **protein**

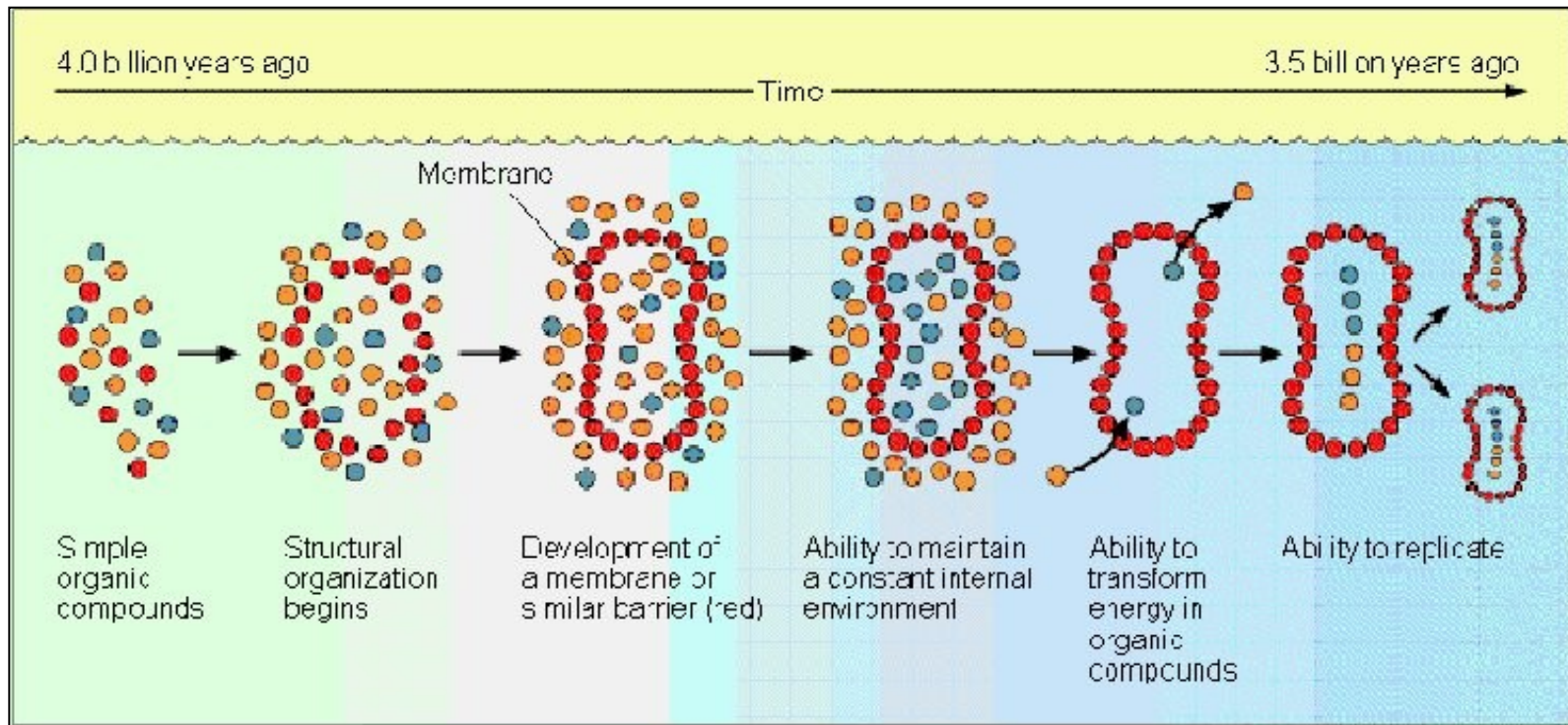
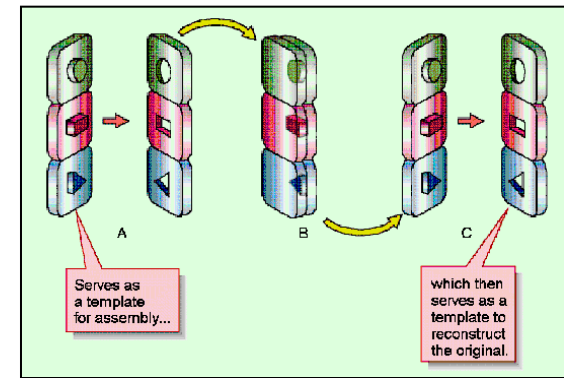


Koevoluce

**PRVNÍ GENETICKÉ SYSTÉMY
A VZNIK GENETICKÉHO KÓDU**

První genetické systémy

1. Proteiny – koacerváty a mikrosféry
2. Nukleové kyseliny – genová teorie a ribozymy
3. Proteiny i nukleové kyseliny – genetický kód
4. Jiný princip – PNA, polycyklické aromatické uhlovodíky, jíly



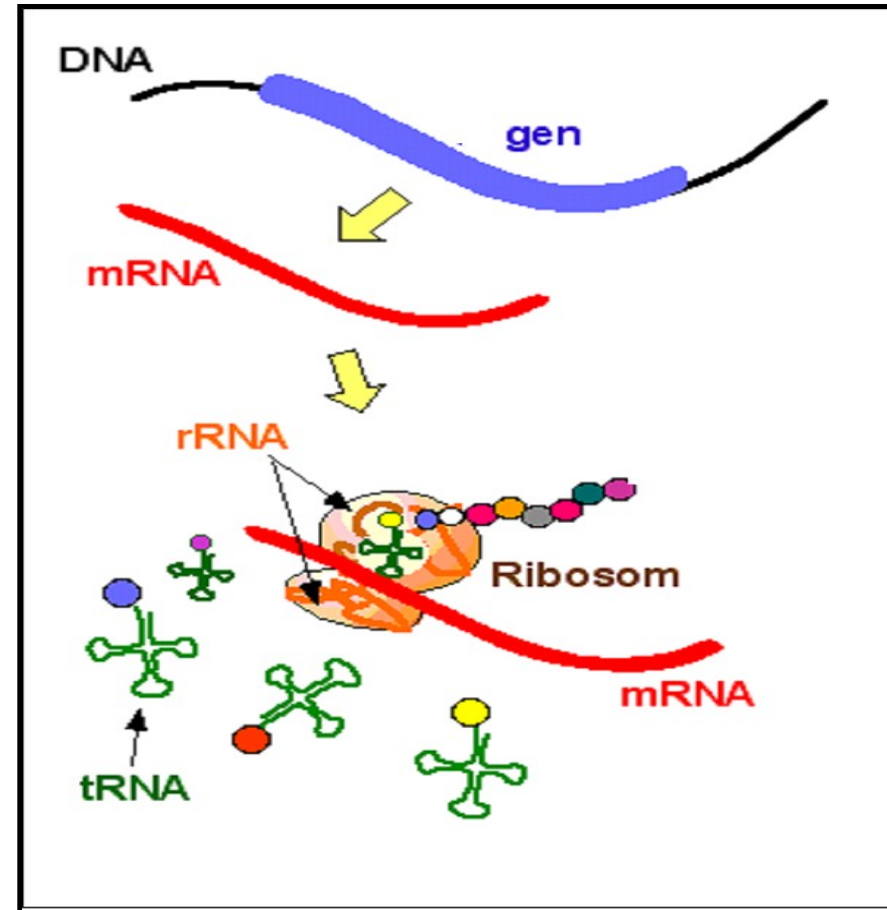
VZNIK GENETICKÉHO KÓDU

Na počátku byly proteiny i nukleové kyseliny (koevoluce)

vs.

Spojení již existujících genetických a metabolických systémů

1. Unikátní vysoce nepravděpodobná událost („frozen accident“)
2. Postupný vývoj
3. Produkt rozumné bytosti – nesplňuje kritérium vědecké hypotézy (ověřitelnosti)



Důkazy postupné evoluce genetického kódu

- Minimalizace **chyb** (Hurst a Freeland, 90.léta, počítačové modelování)
- Přímé **interakce** AK s kodony
- AK kódované podobnými kodony jsou syntetizované stejnými **biochemickými** dráhami

GC model

Nejstarší triplety **GXC**
 Gly, Ala, Val, Asp
 glycinové hodiny
 mutační expanze

**Stejné AK v prebiotické syntéze,
 v prakódu i v meteoritech**

	U	C	A	G
U	UUU Phe UUC Phe UUA Leu UUG Leu	UCU Ser UCC Ser UCA Ser UCG Ser	UAU Tyr UAC Tyr UAA TER UAG TER	UGU Cys UGC Cys UGA TER UGG Trp
C	CUU Leu CUC Leu CUA Leu CUG Leu	CCU Pro CCC Pro CCA Pro CCG Pro	CAU His CAC His CAA Gln CAG Gln	CGU Arg CGC Arg CGA Arg CGG Arg
A	AUU Ile AUC Ile AUA Ile AUG Met	ACU Thr ACC Thr ACA Thr ACG Thr	AAU Asn AAC Asn AAA Lys AAG Lys	AGU Ser AGC Ser AGA Arg AGG Arg
G	GUU Val GUC Val GUA Val GUG Val	GCU Ala GCC Ala GCA Ala GCG Ala	GAU Asp GAC Asp GAA Glu GAG Glu	GGU Gly GGC Gly GGA Gly GGG Gly

	Acidic		Amide		Hydroxyl containing
	Alkyl		Aromatic		Sulfur containing
	Alkyl		Basic		STOP

**Odchyly od
 standardního kódu**

Důkazy postupné evoluce genetického kódu

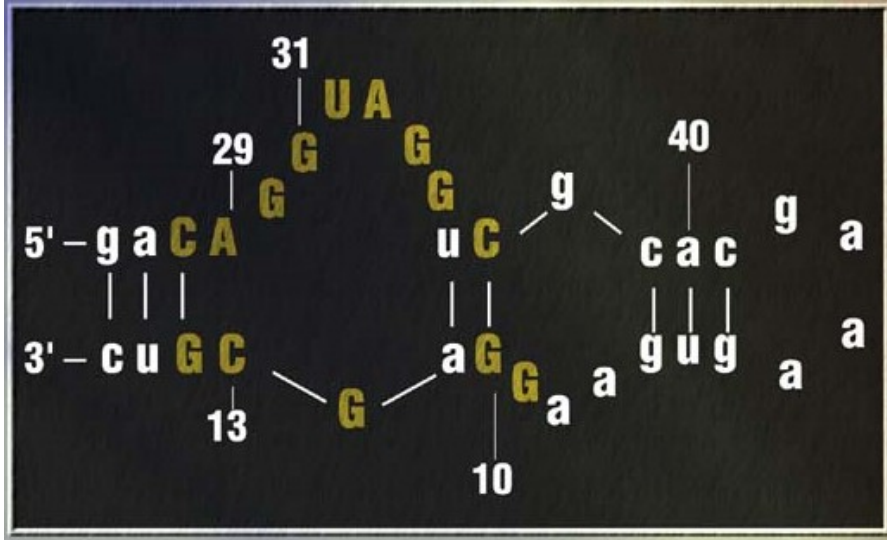
- AK vznikající ze stejného prekurzoru začínají stejným písmenem v tripletu (pyruvát = T)
- Prostřední písmeno tripletu odpovídá hydrofobicitě (nejhydrofobnější T...G...C...A nejhydrofilnější)
- Poslední písmeno kódu může být degenerované (8 AK je čtyřnásobně degenerovaných = poslední nese informaci)
- Degenerace posledního písmene může být důkazem, že prvotní kód byl dvojpísmenný -> nejstarší AK měly výhodu v obsazování kódu = nejvyšší počet tripletů

	U	C	A	G
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys
	UUA Leu	UCA Ser	UAA TER	UGA TER
	UUG Leu	UCG Ser	UAG TER	UGG Trp
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly

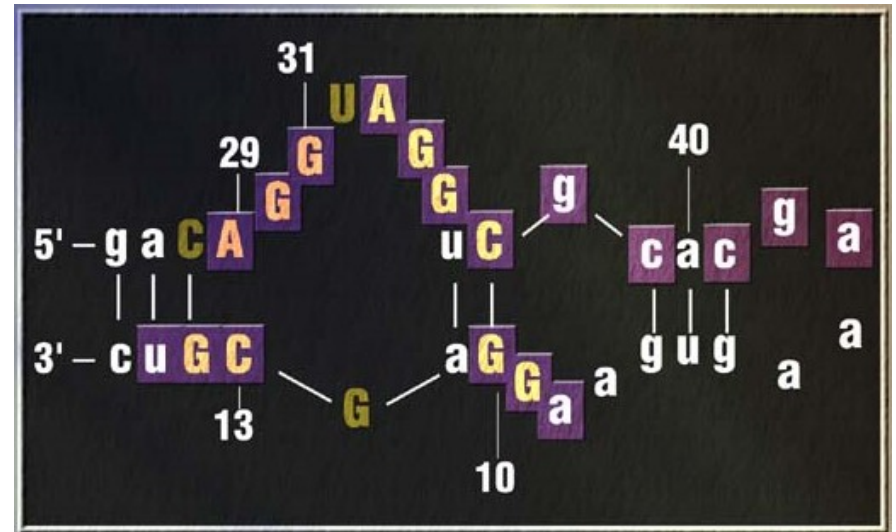
 Acidic	 Basic	 Hydroxyl containing
 Alkyl	 Aromatic	 Sulfur containing
 Alkyl	 Basic	 STOP

Aptamery a genetický kód

- SELEX experimenty
- aptamerové RNA silně se **váží** na arginin obsahují argininové **kodony** (Schostak)
- na počátku **přímé interakce** AK a RNA (kodonů)
- složitý translační aparát (tRNA) až pozdějším výdobytkem



Báze **váží** arginin (zeleně)

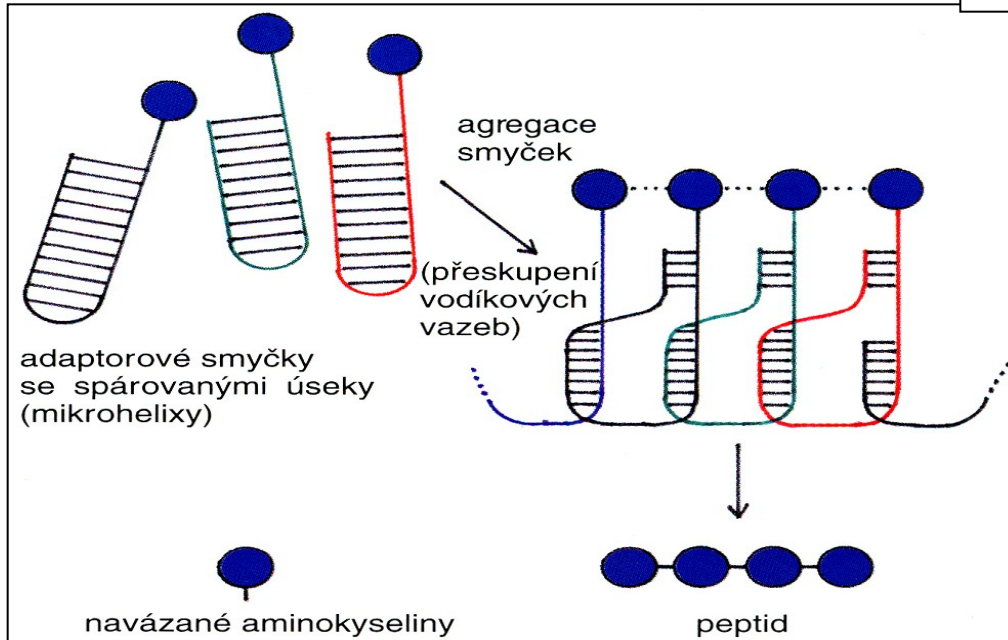
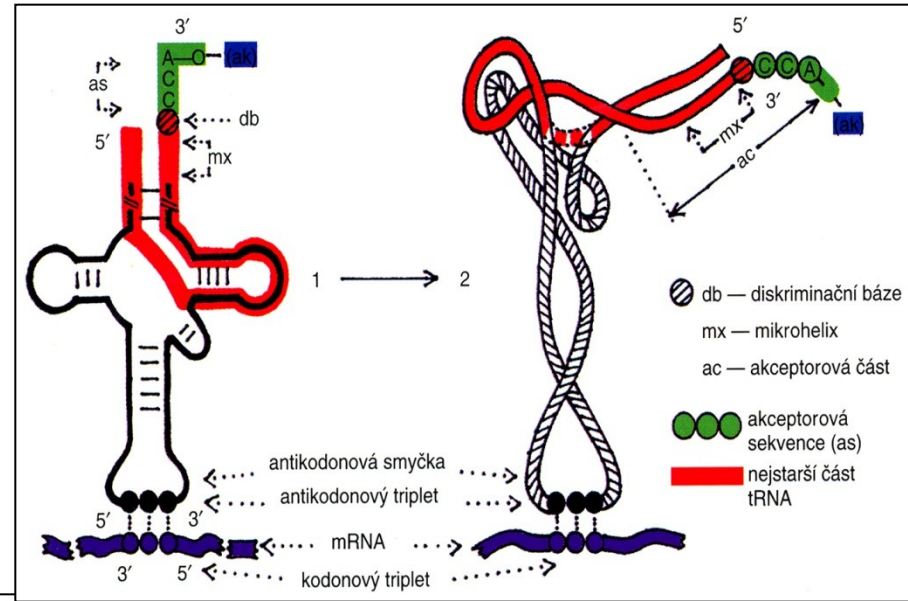


Argininové **kodony** (AGG)

tRNA: nejstarší biomakromolekula

Možný vznik tRNA

- replikace RNA genomů s náhodným počátkem, fosilie – fág Q β
- výhodný počátek na 3' konci, mikrohelix
- vazba AK stabilizuje replikázový komplex,
- po replikaci odštěpení vlásenek \rightarrow předchůdce tRNA
- dle homologie se řadí vedle sebe \rightarrow kondenzace AK



Nekódovaná syntéza peptidů

Adaptorové smyčky

Diferenciace RNA na genotyp (komplementární vlákna) a fenotyp (adaporty)

Změna terciální a kvartérní struktury adaptorů mohla vytvořit podmínky pro vznik peptidové vazby

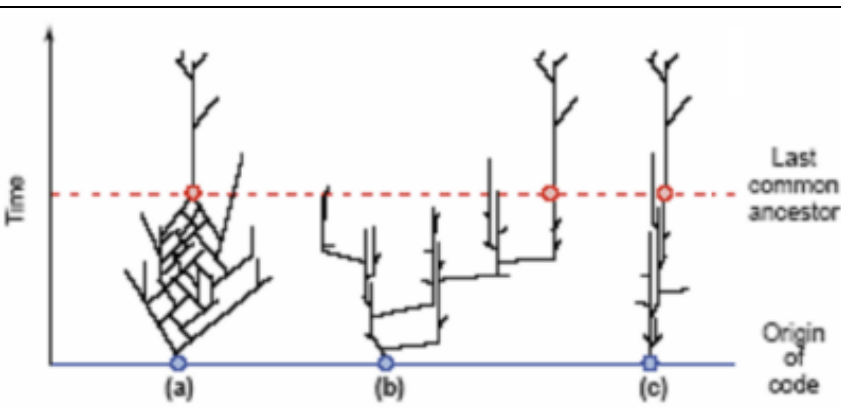
Odchyly od univerzálního genetického kódu

AK → jiná AK

AK → nonsense

Stop → AK

mt kvasinek, obratlovců, ostnokožců aj.



(a) Nuclear variants

	U	C	A	G	
U	UUU Phe UUC Phe	UCU Ser UCC Ser	UAU Tyr UAC Tyr	UGU Cys UGC Cys	Diplomonada Acetabularia Some ciliates -Other ciliates
	UUA Leu UUG Leu	UCA Ser UCG Ser	UAA TER UAG TER	UGA TER UGG Trp	
C	CUU Leu CUC Leu	CCU Pro CCC Pro	CAU His CAC His	CGU Arg CGC Arg	Ser Cardelia -Saccharomyces
	CUA Leu CUG Leu	CCA Pro CCG Pro	CAA Gln CAG Gln	CGA Arg CGG Arg	
A	AUU Ile AUC Ile	ACU Thr ACC Thr	AAU Asn AAC Asn	AGU Ser AGC Ser	Nonsense Microcococcus
	AUA Ile AUG Met	ACA Thr ACG Thr	AAA Lys AAG Lys	AGA Arg AGG Arg	
G	GUU Val GUC Val	GCU Ala GCC Ala	GAU Asp GAC Asp	GGU Gly GGC Gly	
	GUA Val GUG Val	GCA Ala GCG Ala	GAA Glu GAG Glu	GGA Gly GGG Gly	

(b) Mitochondrial variants

	U	C	A	G	
U	UUU Phe UUC Phe	UCU Ser UCC Ser	UAU Tyr UAC Tyr	UGU Cys UGC Cys	Various Some chlorophytes (UAG = Leu) Some chlorophytes (UAG = Ala) Platyhelminths (UAA = Tyr)
	UUA Leu UUG Leu	UCA Ser UCG Ser	UAA TER UAG TER	UGA TER UGG Trp	
C	CUU Leu CUC Leu	CCU Pro CCC Pro	CAU His CAC His	CGU Arg CGC Arg	Thr Yeast
	CUA Leu CUG Leu	CCA Pro CCG Pro	CAA Gln CAG Gln	CGA Arg CGG Arg	
A	AUU Ile AUC Ile	ACU Thr ACC Thr	AAU Asn AAC Asn	AGU Ser AGC Ser	Met Yeast Tardigrada -Echinodermata
	AUA Ile AUG Met	ACA Thr ACG Thr	AAA Lys AAG Lys	AGA Arg AGG Arg	
G	GUU Val GUC Val	GCU Ala GCC Ala	GAU Asp GAC Asp	GGU Gly GGC Gly	
	GUA Val GUG Val	GCA Ala GCG Ala	GAA Glu GAG Glu	GGA Gly GGG Gly	Asn Platyhelminths Echinodermata

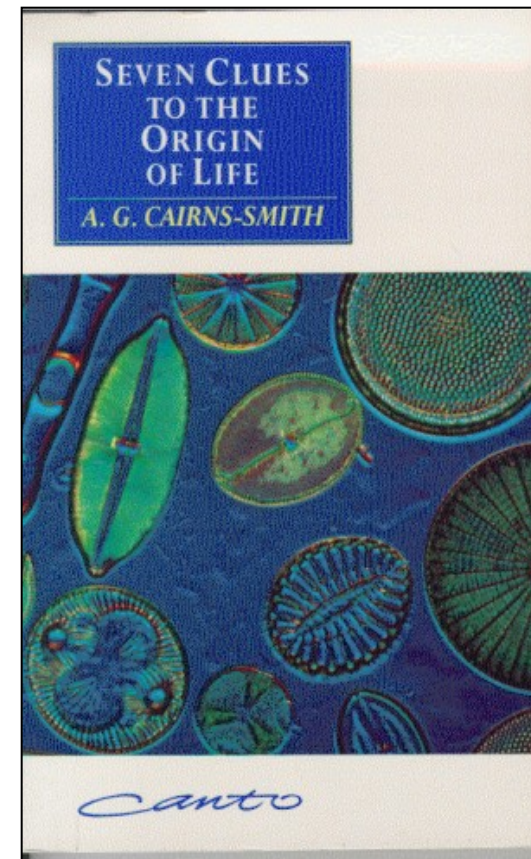
Jiný organizační princip: Teorie jílů

Alexander Graham Cairns-Smith (1985):

„Seven Clues to the Origins of Life“

- anorganické křemičitanové látky tvořící krystaly
- replikace
- mutace
- šíření do okolí, sedimentace
- obdoba přírodního výběru

Problém **přechodu** („takeover“) od jílů k nukleovým kyselinám, teorie není široce akceptována



Život na bázi křemíku?

Důvody pro křemík:

- vyšší stabilita, možnost života při vyšších teplotách
- ve vesmíru velmi rozšířen
- v periodické tabulce leží pod uhlíkem, podobná chemie
- váže čtyři vodíky (SiH_4 , silan), tvoří polymery (silikony), kde se střídají Si-O (podobně jako C-O tvoří polyacetyly)

Nevýhody:

- je větší a proto hůře tvoří dvojně a trojně vazby
- dlouhé řetězce méně stabilní
- silany jsou velmi reaktivní s vodou

Další prvky a rozpouštědla

Fosfor:

- může tvořit dlouhé polymery
- velmi reaktivní, stabilnější v kombinaci s dusíkem
- P-N vazbu tvoří různé sloučeniny i cyklické

Síra místo kyslíku – některé bakterie

Rozpouštědla:

Čpavek:

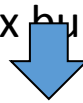
- rozpouští většinu organických látek i některé kovy
- normální tlak: kapalný při -79 až -33°C
- při 60 atm: kapalný při -77 až +98°C
- podmínky pod povrchem měsíce Titanu

SÍŤ ŽIVOTA

Problém definice života

Život = reprodukce s variací

Porovnání 123 definic života - nejčastěji zmiňována **reprodukce a evoluce**,
jen 4x buňka !!! (Trifonov 2011, JBSD)



Viry, viroidy, plasmidy, transposony, +/-satelitní DNA

– splňují definici ale **nejsou** ve stromu života!!!



Acytota – nová říše života?

WIKIPEDIĚ
Otevřená encyklopedie

Hlavní strana
Nejlepší články
Náhodný článek
Poslední změny
Komunitní portál
Pod lípou
Nápověda
Potřebuji pomoc
Podpořte Wikipedii

Tisk/export
Vytvořit knihu
Stáhnout jako PDF
Verze k tisku

Na jiných projektech
Wikimedia Commons
Wikidruhy

Nástroje
Odkazuje sem
Související změny
Načíst soubor
Speciální stránky
Trvalý odkaz
Informace o stránce
Položka Wikidat

Článek Diskuse

Číst Editovat Editovat zdroj Zobrazit historii Hledat na Wikipedii

Nebuněčné organismy

Nebuněčné, respektive **subcelulární organismy** (*Acytota*^{[1][2]} syn. *Aphanobionta*^[3]) jsou různorodou skupinou struktur nacházejících se na pomezí *živých* a neživých systémů. Řadí se k nim *viry*, *viroidy* a *virusoidy*, případně i *priony*, pokud je lze považovat za organismy.

Praorganismy

Praorganismy (*Eobionta*), někdy označované jako *prabuňky* jsou předpokládané primitivní živé soustavy, které vznikly z *koacervátů* během chemické *evoluce*. Obsahovaly zřejmě stavební bílkovinnou složku a látku s dědičnou informací. Měly jednoduchou *látkovou výměnu* a jednoduché *rozмноžování a vývoj*. Jaké však byly jejich konkrétní vlastnosti, zatím není známo. Na Zemi žily pravděpodobně před 4 mld. let.

Viry

Podrobnější informace naleznete v článku Virus.

Viry jsou nebuněčné organismy mající schopnost rozmnožování pouze v *hostitelských* buňkách. Jedná se o *parazity* rostl jen dědičnou hmotu (*DNA* či *RNA*) obklopenou *bílkovinným* obalem (*kapsida*), někdy ještě zabalenou v *membráně*.

- DNA viry - nezhoubné, bradavice, opary, neštovice a infekční mononukleóza
- RNA viry - rýma, nachlazení, hepatitida B, chřipka, kočičí leukemie a AIDS

Reference

- ↑ TRIFONOV, Edward N.; KEJNOVSKÝ, Eduard. *Acytota – associated kingdom of neglected life*. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. DOI:10.1080/07391102.2015.1086959. PMID 26305806. (anglicky)
- ↑ KEJNOVSKÝ, Eduard; TRIFONOV, Edward N.. *Acytota*. *Vesmír* [online]. , březen 2016, roč. 95(146), čís. 3, s. 137. Dostupné z archivu po získání odkazu.
- ↑ BioLib: *Viry a viroidy*

Tento článek je příliš stručný nebo postrádá důležité informace. Pomozte Wikipedii tím, že jej vhodně rozšíříte. Nevkládejte však bez oprávnění cizí texty.

Nejste přihlášen(a) Diskuse Přispěvky vytvoření účtu Přihlášení

Typ viru - tzv. bakteriofág

Acytota

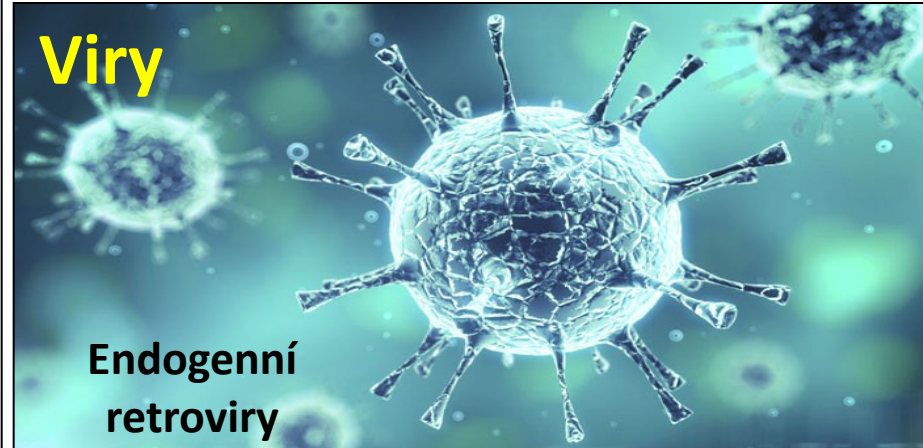
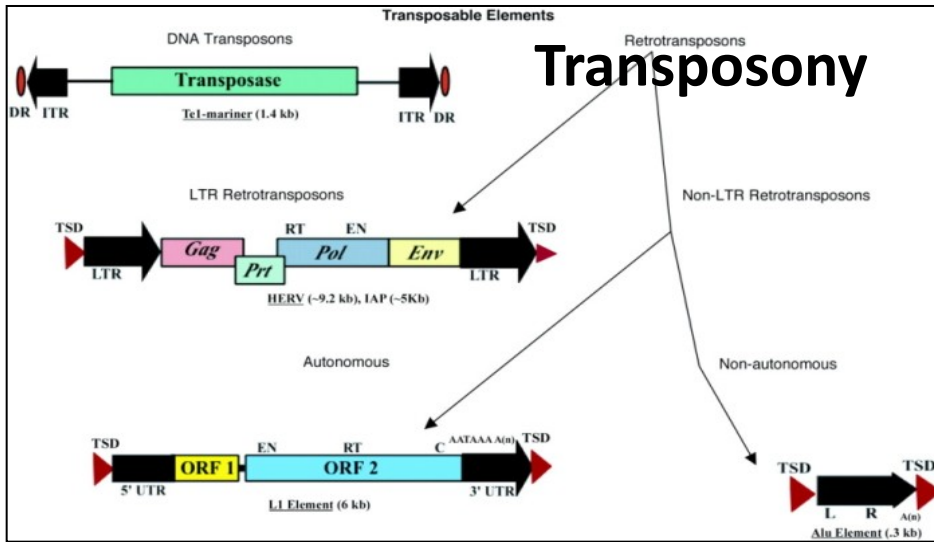
Vesmír 2016/3

DALŠÍ ŘÍŠE ŽIVOTA?

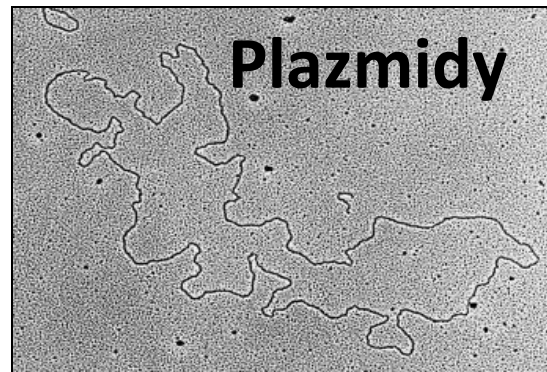
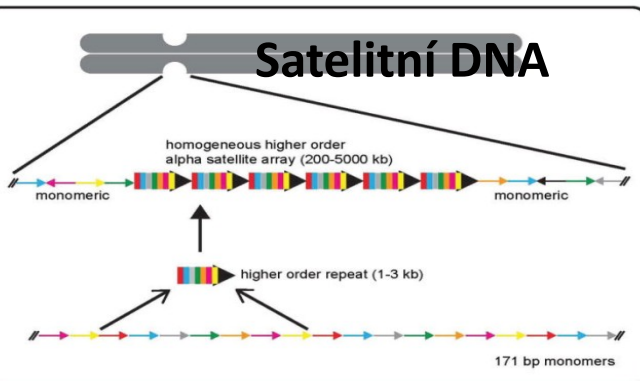
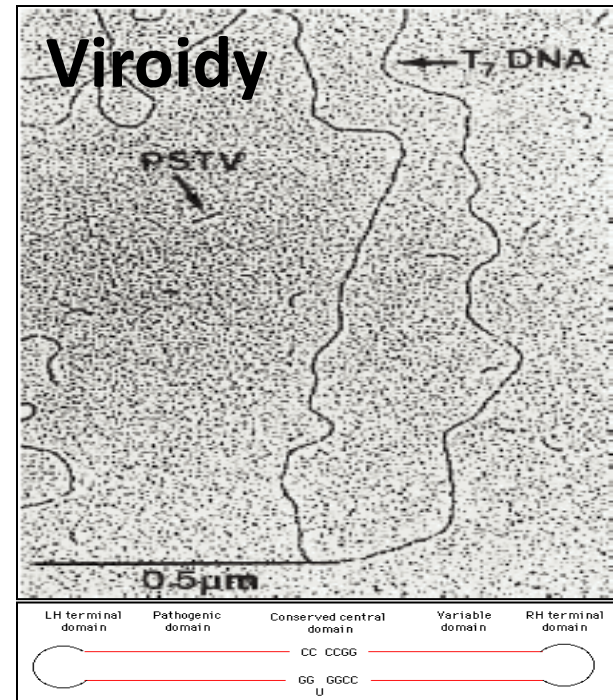
Jsou viry živé? A co plasmidy, transpozony, viroidy či jiné „kousky“ nukleových kyselin? Jsme vůbec schopni vést hranici mezi živým a neživým?

text **EDUARD KEJNOVSKÝ A EDWARD TRIFONOV**

Jedna síť buňky: Nejen transposony, ale i viry, plasmidy...



Blízcí příbuzní (transposony+viry+satelity):
 LTR retrotransposony + retroviry
 helitrony + Geminiviry
 transposony obsahující satelity



Acytota a strom života

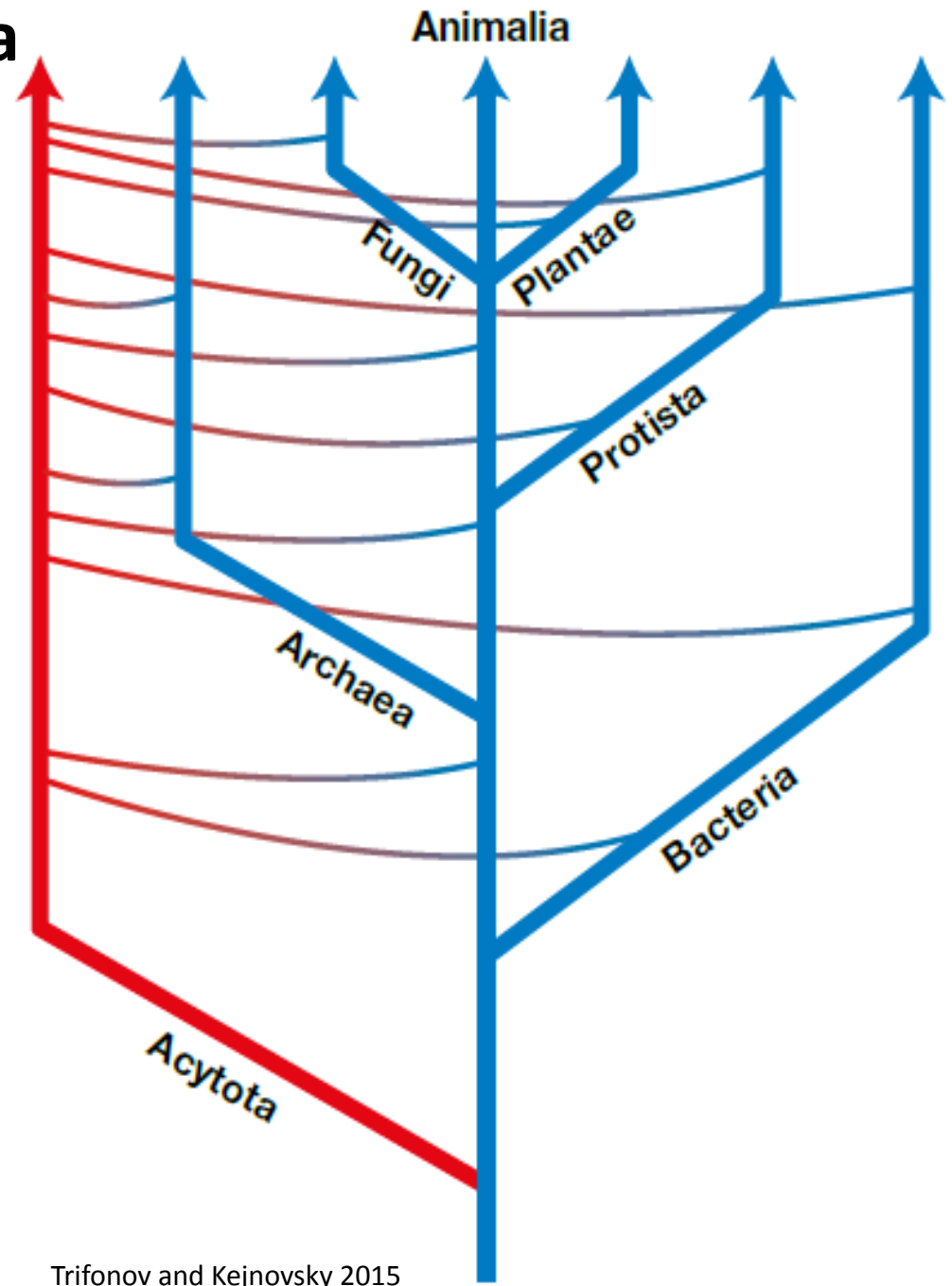
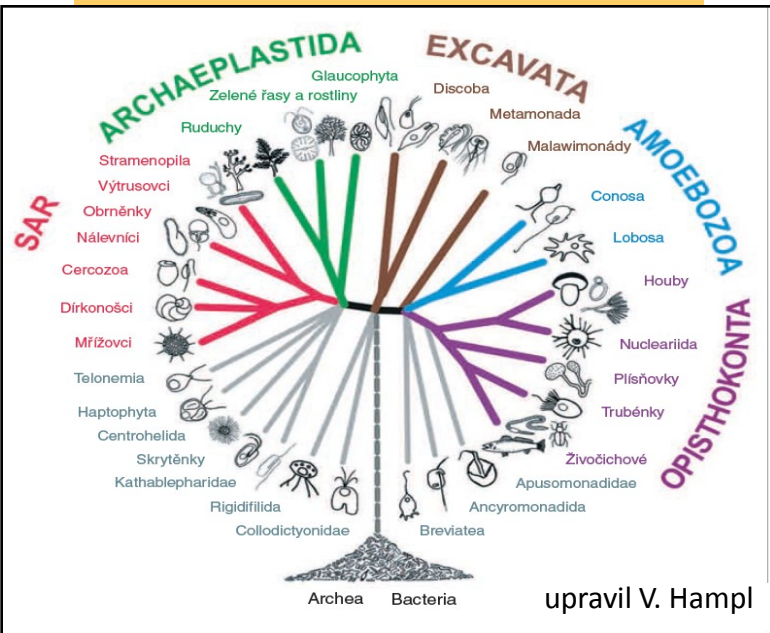
Strom života: 6 říší/3 domény, původ Acytota ve světě RNA, polyfyletické x monofyletické (Cavalier-Smith 2004)

Horizontální přenos – Acytota prorůstají všemi říšemi

Dynamika – migrace NK

Parazitismus? Ne více než ostatní

Nová klasifikace (Adl et al 2012):



Trifonov and Kejnovsky 2015

Obří viry – megaviry, mimiviry

Velikost **genomu** srovnatelná s bakteriemi - *Pandoravirus salinus* (genom **2.5Mbp**)

Velikost **kapsidy** srovnatelná s bakteriemi - *Pithovirus sibericum* (velký **1.5µm**)

- kódují ribozómy a kapsidu, jen částečná závislost na hostiteli
- metabolické geny (~2500 genů pro proteiny), 10% repetitivní DNA

*Co bylo dříve – buňka
nebo mimivirus?*

Paraziti megavirů:

Virofágy: např. *Sputnik* - 18kb/21 genů, přenáší geny mezi megaviry (jako fág)

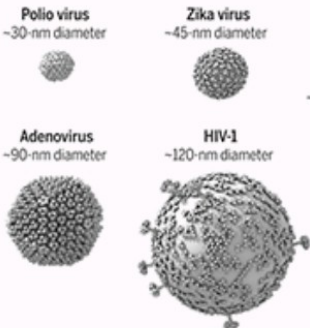
Transpovirony: ~7kb, několik genů, lin. ds. DNA, abundantní

*Eugene Koonin: „Giant viruses crossed the **imaginary boundry** between viruses and cellular organisms.“*

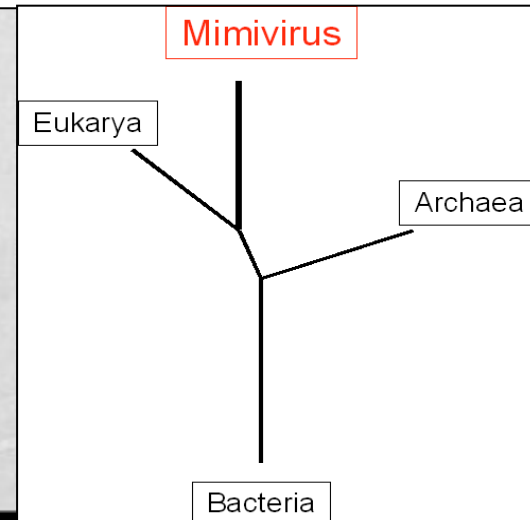
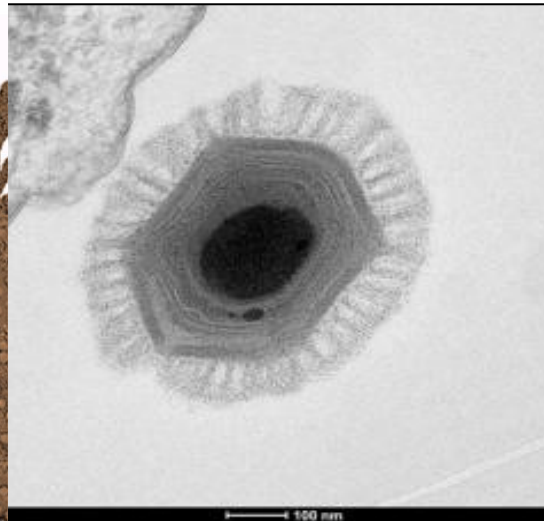
*J.-M. Claverie: „The fact that it can **get sick** makes it more alive.“*

Giant debate

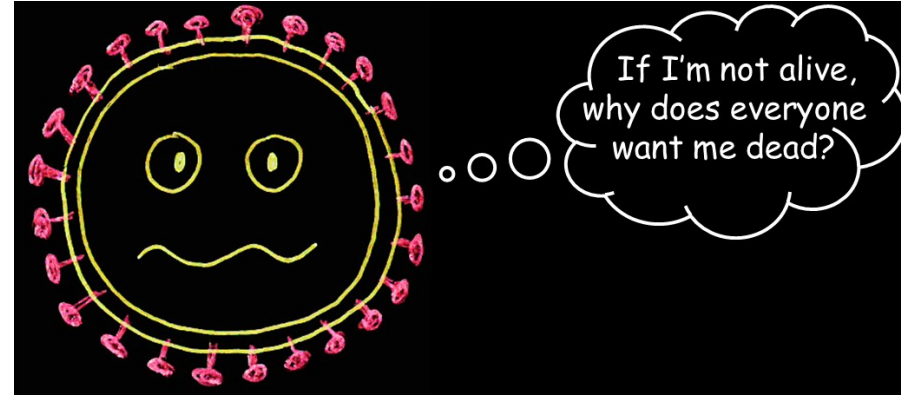
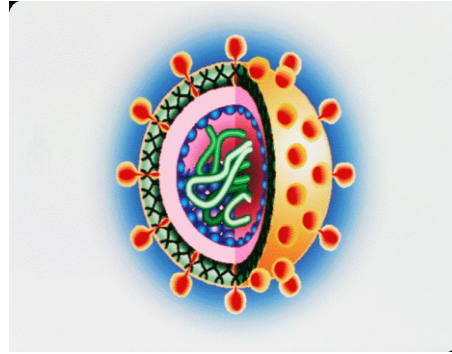
Larger than some bacteria, Mimivirus and related giant viruses dwarf other viruses and harbor complex genomes that have raised questions about their place on the tree of life.



Mimivirus
~400-nm diameter



Jsou viry živé?



Protichůdné pohledy na **původ virů**:

(a) **primitivní**: - na hranici života podobně jako časně replikátory
- střídají fáze RNA a DNA – reminiscence RNA → DNA přechodu

(b) **odvození**: - redukce: Mimiviry vznikly z buňky (?)
- progrese: z retrotransposonů → retroviry (?)

Vlastnosti:

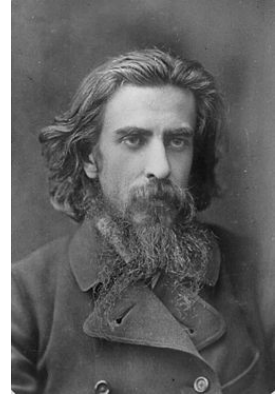
- lze je krystalizovat, inertní mimo buňku -> jen chemikálie
- primitivní živý organizmus
- nejsou schopné autonomního života, ale **kdo je toho schopen?!!!**

I při studiu virů se opět dostáváme k otázce definice živého organismu,
k definici života !!!

Sít' života slovy filozofů (na závěr)

Vladimir Solovjov (1853-1900):

„Všechn život v přírodě se vyznačuje bojem, zlobou, bolestí a končí smrtí a rozpadem, všude vládne egoismus, nesoulad a nepřátelství, každý bojuje s každým, jeden tvor požívá druhého a živé bytosti postrádají smyslu. Každý projev egoismu způsobuje další a další oddělování jednotlivých bytostí a jejich rozpad.“



„Sobectví a rozpor vidíme, jen pokud živé bytosti vnímáme navzájem odděleně. Pokud ale stvoření nahlédneme jako celek, pak i přes všechny rozpor a temný chaos, vtištěný do základů života, spatříme sjednocení a pochopíme, že vesmír, kosmos, je harmonický. Prapočátkem všeho bytí je absolutní celistvost, dokonalost a klid...“

Teilhard de Chardin (1881-1955):

„Na svět se lze dívat i tak, že v něm uvidíme jen souhrn různorodých či nepřátelských prvků. Všude kolem, zdá se, vládne nevyhléditelné rozdělení a vrozené nepřátelství. Všude je zlé promíseno s tím, co má cenu. ... ale já cítím pod touto povrchní roztříštěností živou a hlubokou jednotu.“

