

Úvod do biologie

Na počátku...

Petr Pyszko

Ostravská univerzita

Je život výjimečný?

- Je život (jako vlastnost některých objektů ve vesmíru) výjimečný?

Je natolik komplexní a složitý a jeho vznik bude tak málo pravděpodobný, že je Země jediná výjimka ve vesmíru

Když dáte aspoň trochu vhodnému systému dostatek času, je matematickou nutností, aby se objevil život



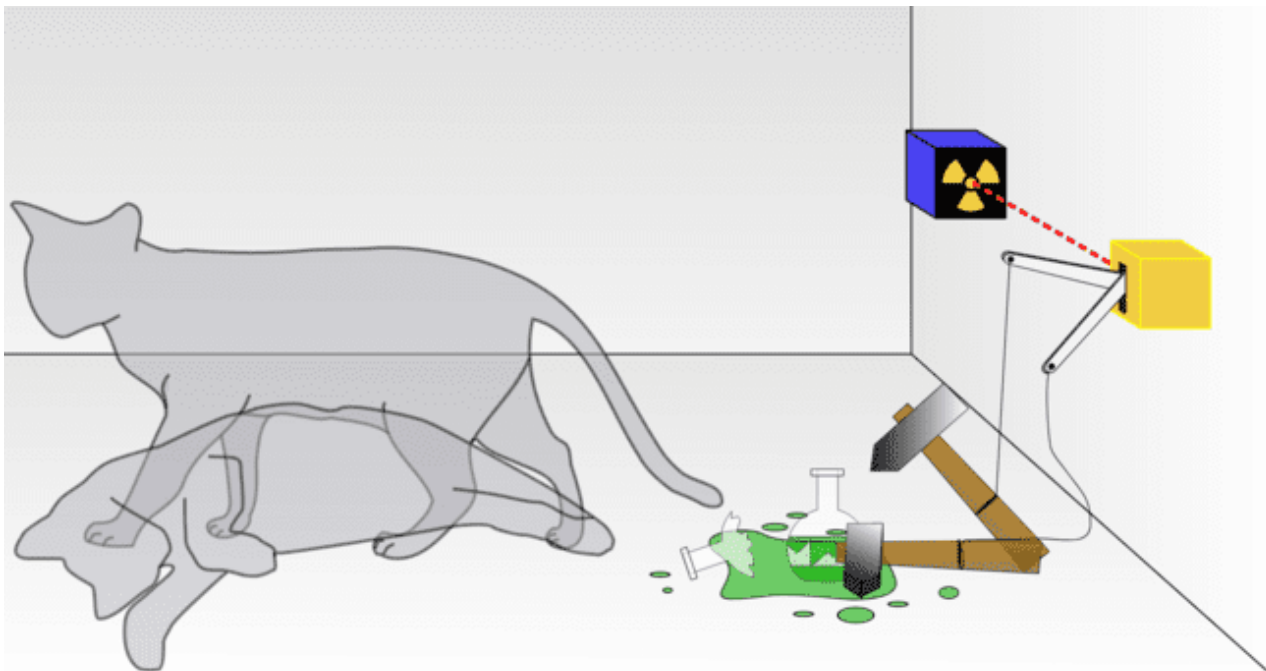
Obečné zákonitosti úvodem

- Druhý termodynamický zákon: Hodnota entropie se v závislosti na čase neustále zvyšuje.
- *Co je to život?* (Erwin Schrödinger, 1944): Život jako výjimka z pravidla? Ne, uspořádání místně narůstá, ve vesmíru se stále snižuje

ERWIN SCHRÖDINGER
CO JE ŽIVOT?
DUCH A HMOTA
K MÉMU ŽIVOTU

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ,
NAKLADATELSTVÍ VUTUBM

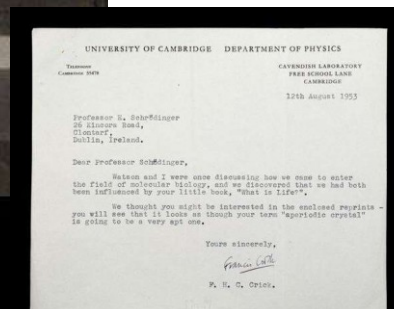
quantum

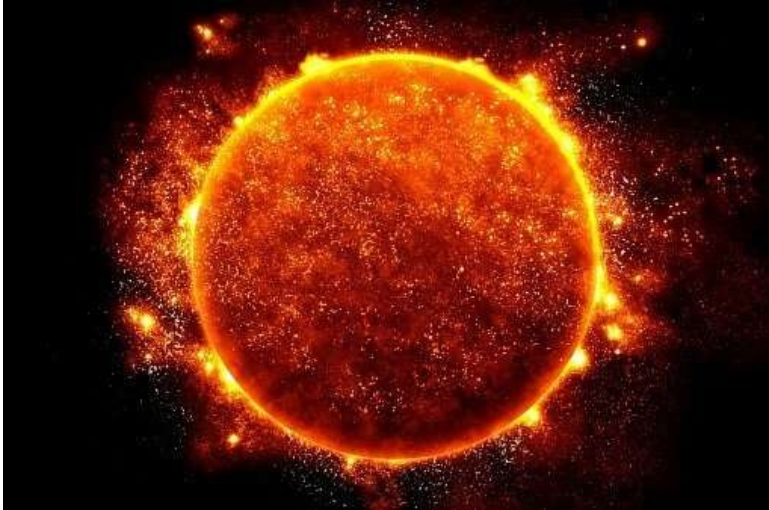


SCHRÖDINGER PLATES



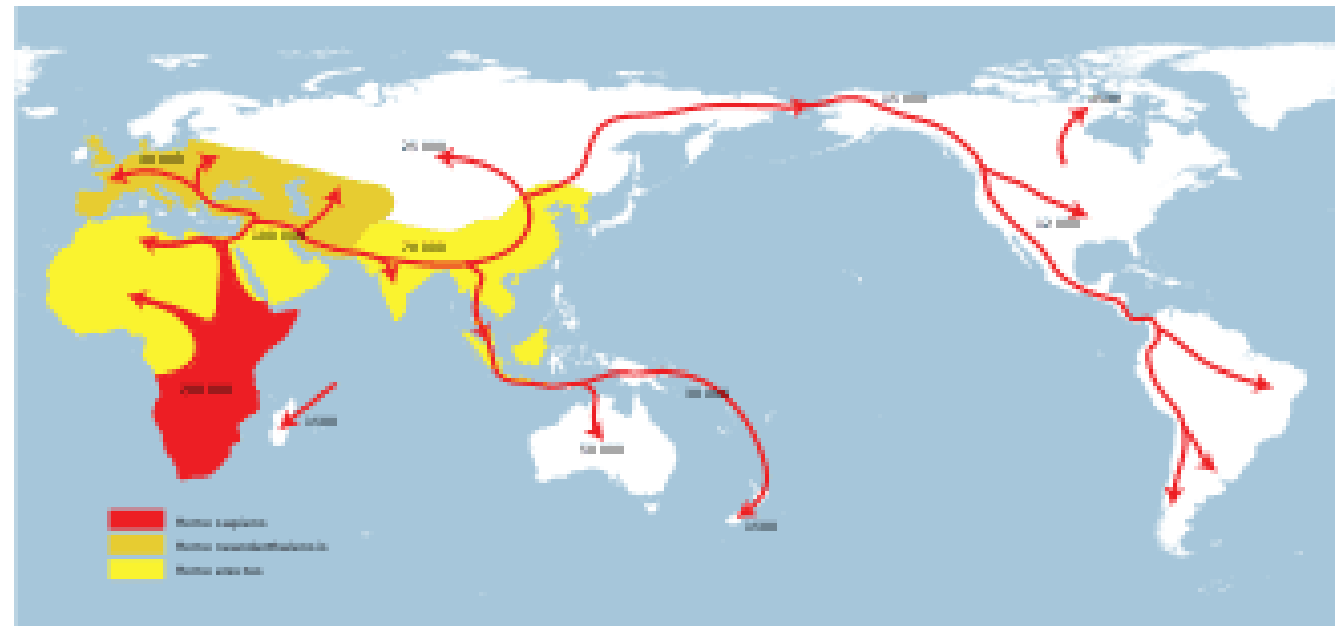
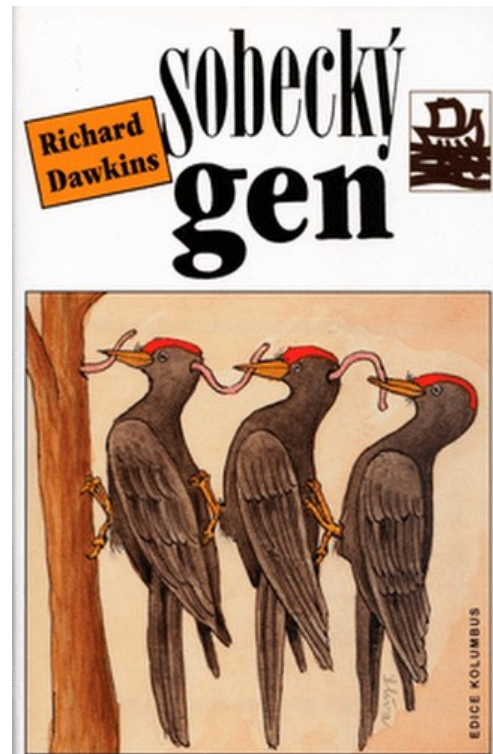
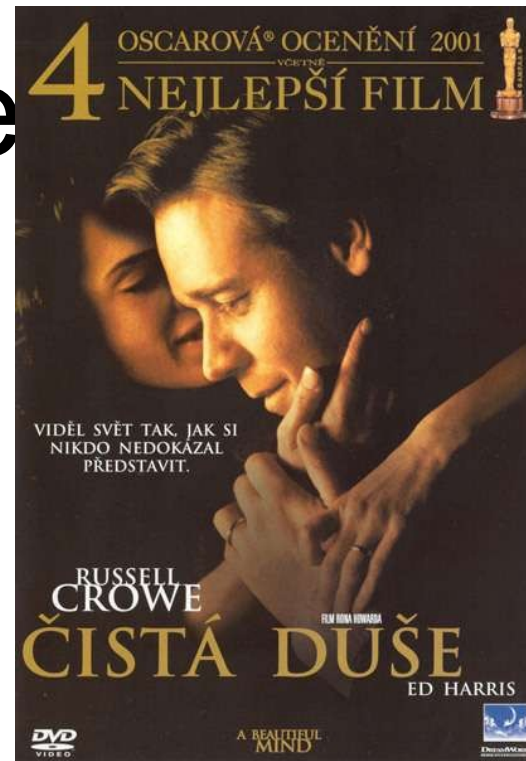
THEY'RE BOTH BROKEN AND NOT BROKEN
UNTIL YOU OPEN THE DOOR





Obečné zákonitosti úvode

- **Sobecký gen** (Richard Dawkins, 1976)
- Neodarwinismus, gen hlavní jednotkou přirozeného výběru, **soupeří s ostatními o zastoupení v dalších generacích**, organismy jsou pouhými vehikly
- Schizofrenie (Huxley a Mayr)
- BRCA mutace
- Prase, kráva = vítězové!!



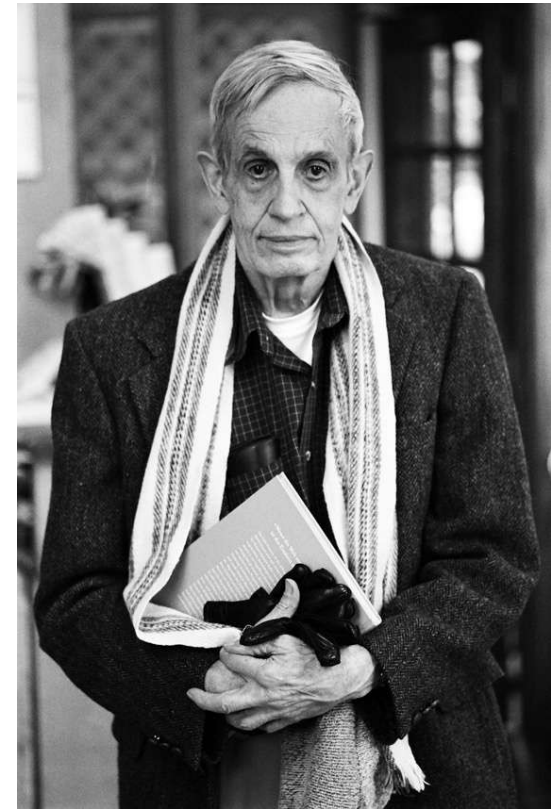
Obecné zákonitosti úvodem

- **Teorie her:** *Theory of Games and Economic Behavior* (John von Neumann, Oskar Morgenstern, 1944)
- Hry s nulovými součty (šachy, go,...)
- **Hry s nenulovými součty**
- Koordinační hry (Nashova rovnováha)

	Jízda po levé straně	Jízda po pravé straně
Jízda po levé straně	100, 100	0, 0
Jízda po pravé straně	0, 0	100, 100

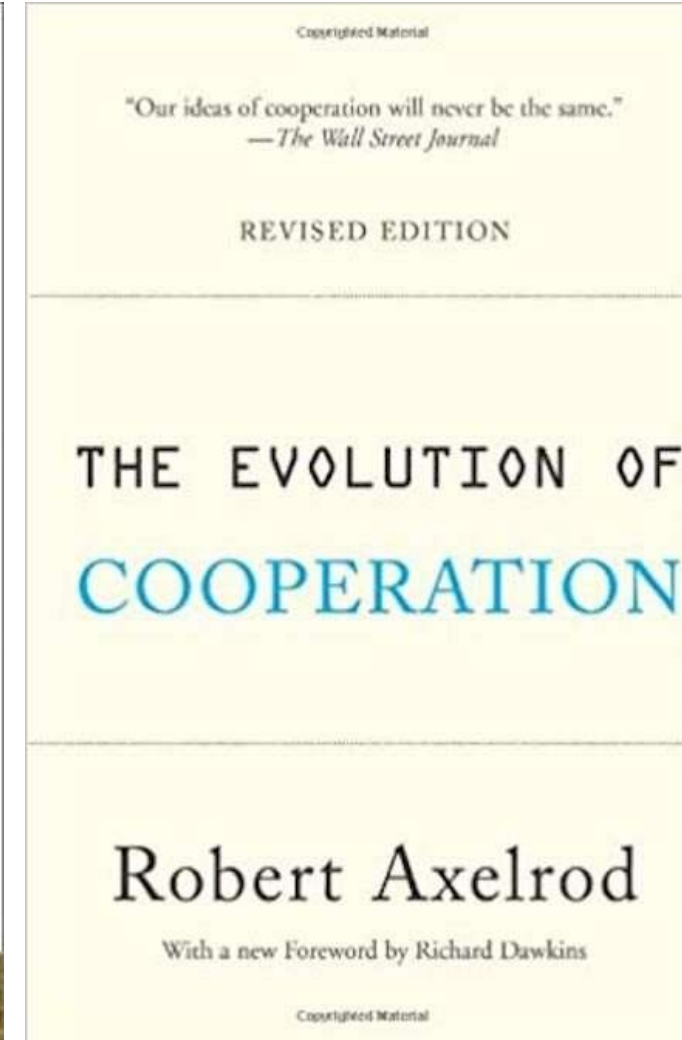
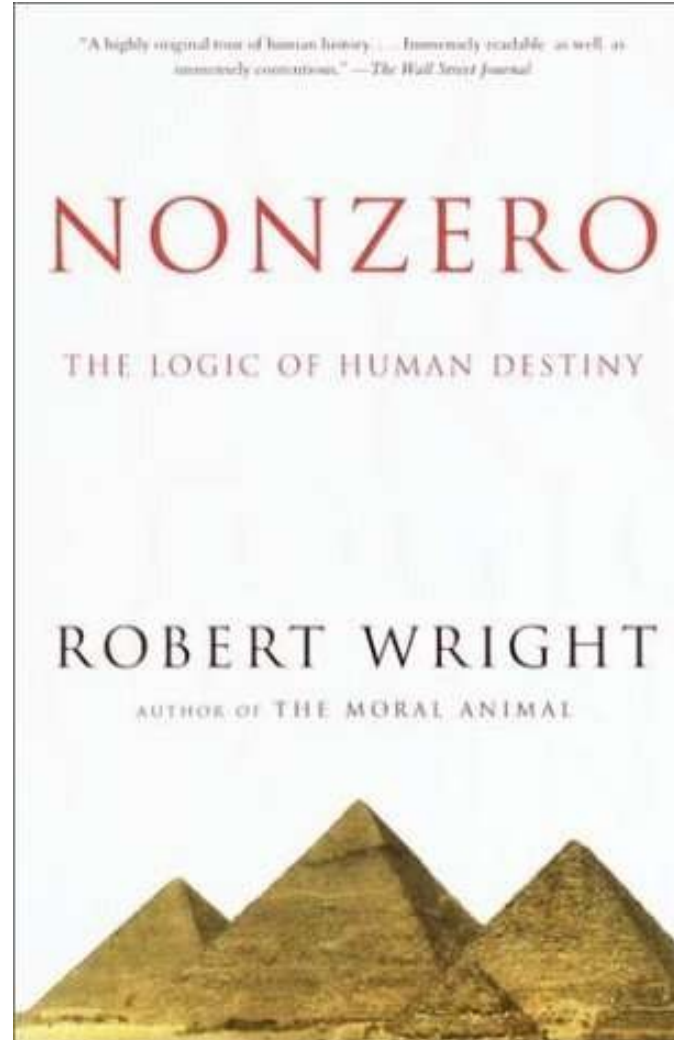
- Věžňovo dilema (Nashova rovnováha \neq Paretoovo optimum)

	Bob mlčí.	Bob mluví.
Adam mlčí.	Oba odsoudí pouze na 2 roky.	Adam dostane 10 let, Bob bude volný.
Adam mluví.	Adam bude volný, Bob dostane 10 let.	Oba odsoudí na 6 let.



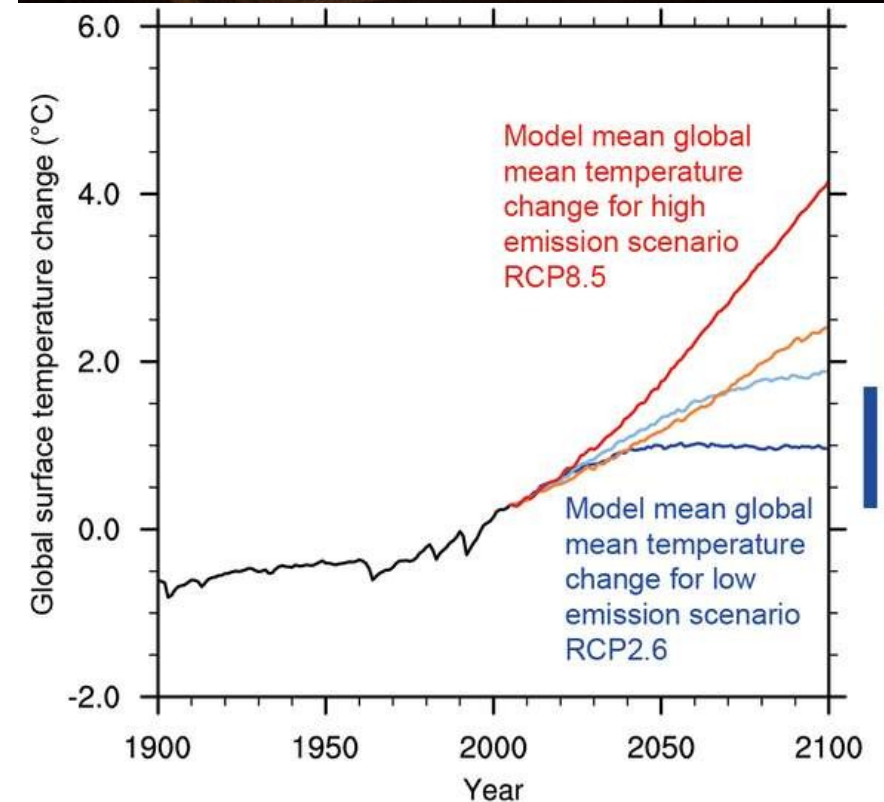
Obecné zákonitosti úvodem

- **Opakované věžňovo dilema** (Nashova rovnováha = Pareto optimum)
- **Různé strategie:** always defect, always cooperate, grim trigger, tit-for-tat (Axelrod), win-stay/lose-shift, generous tit-for-tat
- V průběhu evoluce narůstá nenulovost vztahů = složitost – vznik složitých a inteligentních tvorů není náhoda, ale zákon.



Obecné zákonitosti úvodem

- Exponenciální růst
- Sissa ben Dahir (šachy)
- 4 miliardy let života
- Prokaryoti – eukaryoti (2 mld let)
- Eukaryoti – mnohobuněčnost (700 mil)
- Predace a sex jako pohony evoluce
- *Homo sapiens* (800 tis), „velký skok vpřed“ (100 tis), moderní společnosti (12 tis), 1. miliarda (1804), **pak**...
- Klimatické změny, pandemie, technologický pokrok,...



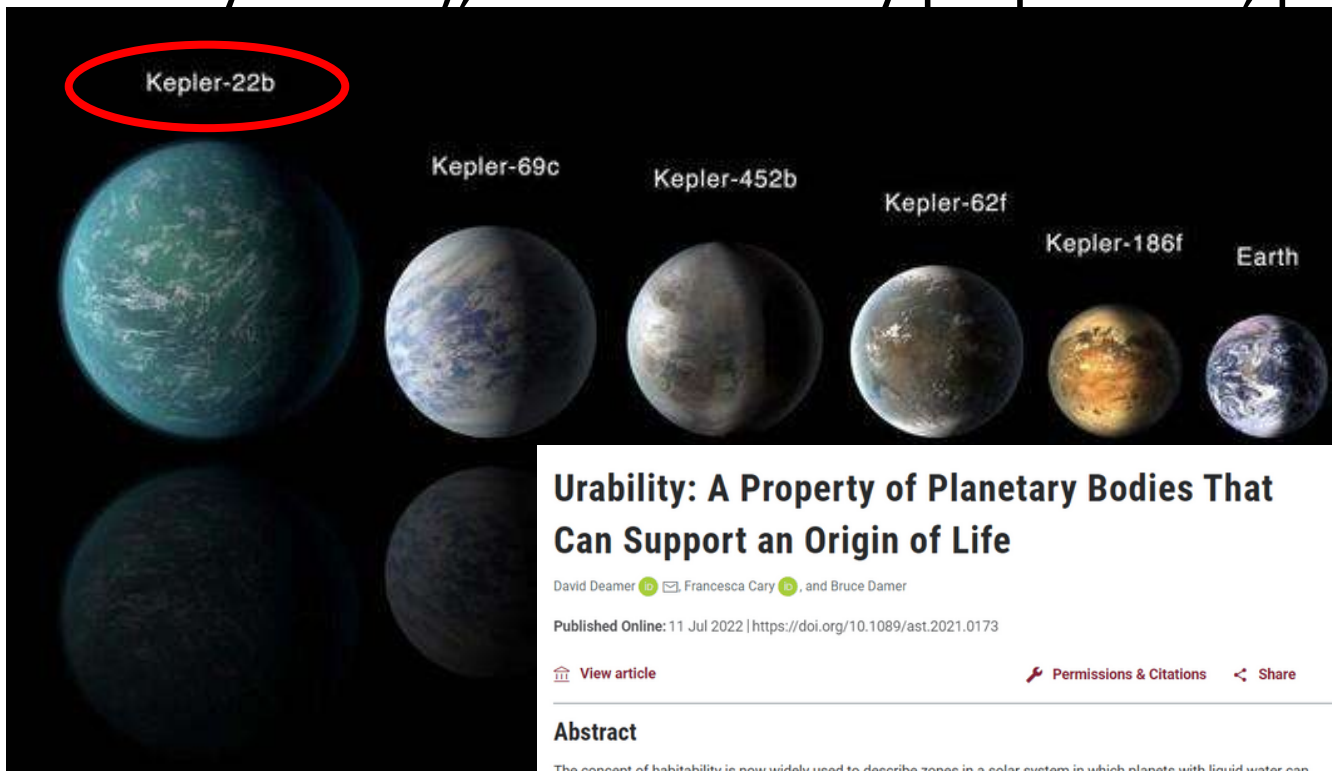
Proč je život na Zemi tak výjimečný?

Proč ho nepozorujeme nikde kolem (pokud si odmyslíme, jak málo známe vůbec i třeba oceány na Zemi)?

Proč vznikl na Zemi (podle všech dostupných poznatků) jen jednou?

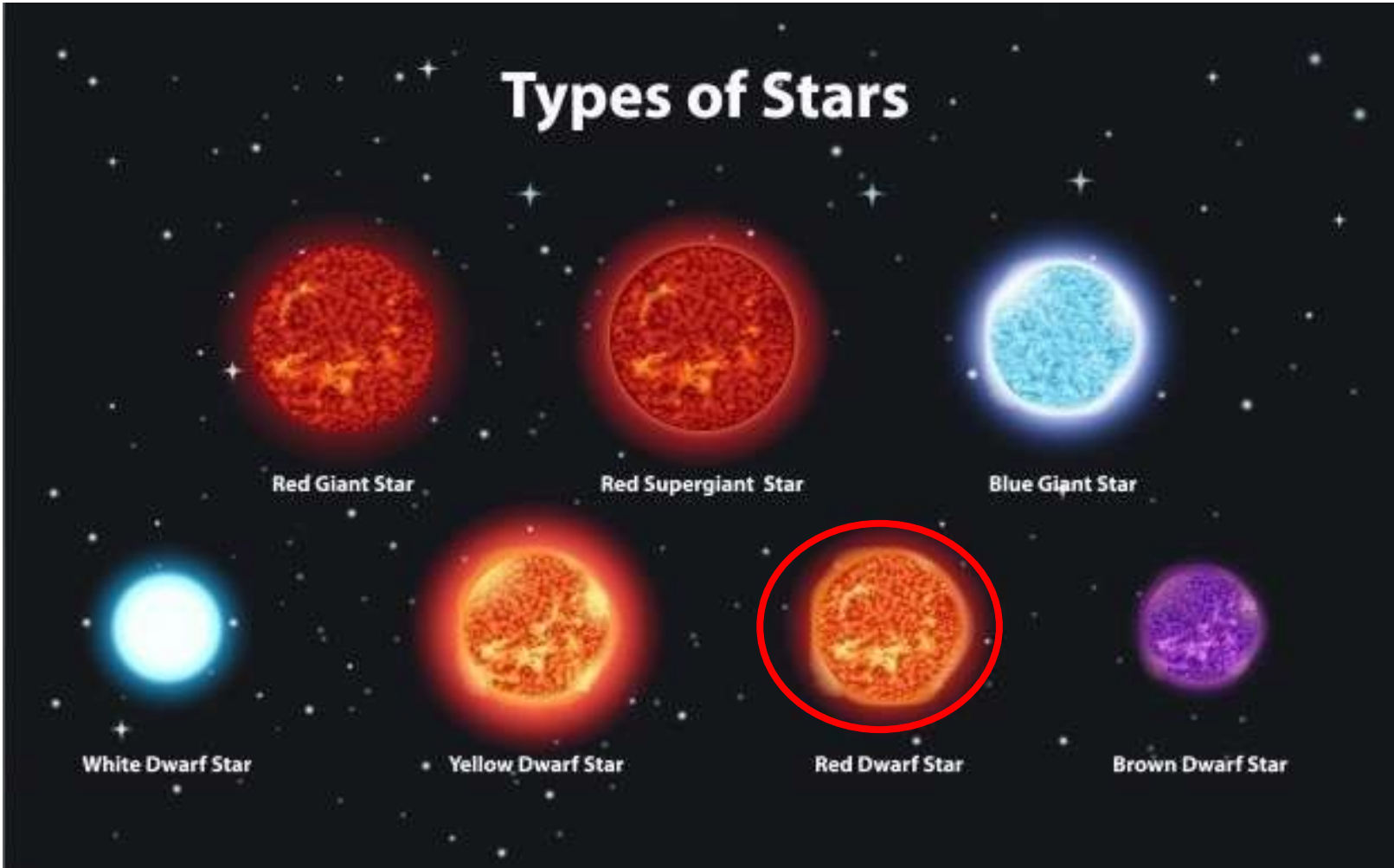
Co odlišuje živé systémy od neživých?

- **Vznik života – přísnější podmínky než setrvání života**
- **Nároky na životodárnou planetu:** vhodná vzdálenost od hvězdy, na kruhové oběžné dráze, vhodná hmotnost (Superzemě), s magnetickým polem (problém Marsu) a vulkanickou činností (problém Venuše), přítomnost atmosféry (ochrana proti nadbytku UV), vrstva tekutiny při povrchu, přítomnost autotrofie (fotosyntéza?)



Co odlišuje živé systémy od neživých?

- **Nároky na životodárnou hvězdu:** přiměřená hmotnost (hnědý trpaslík, červený trpaslík) a osamocenost hvězdy, 2.(3.) generace



„vast majority of possible organisms will never be realized.“

Biocosmology: Biology from a cosmological perspective

Marina Cortês,^{1,2} Stuart A. Kauffman,³ Andrew R. Liddle,^{1,2} and Lee Smolin¹

¹Perimeter Institute for Theoretical Physics, 31 Caroline Street North, Waterloo, Ontario N2L 2Y5, Canada

²Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Campo Grande, PT1749-016 Lisboa, Portugal

³Institute for Systems Biology, Seattle, WA 98109, USA

April 21, 2022

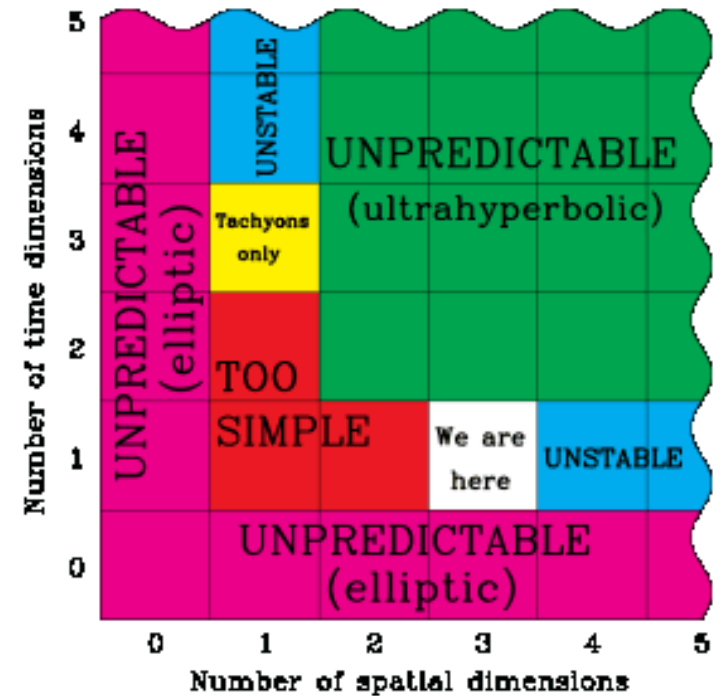
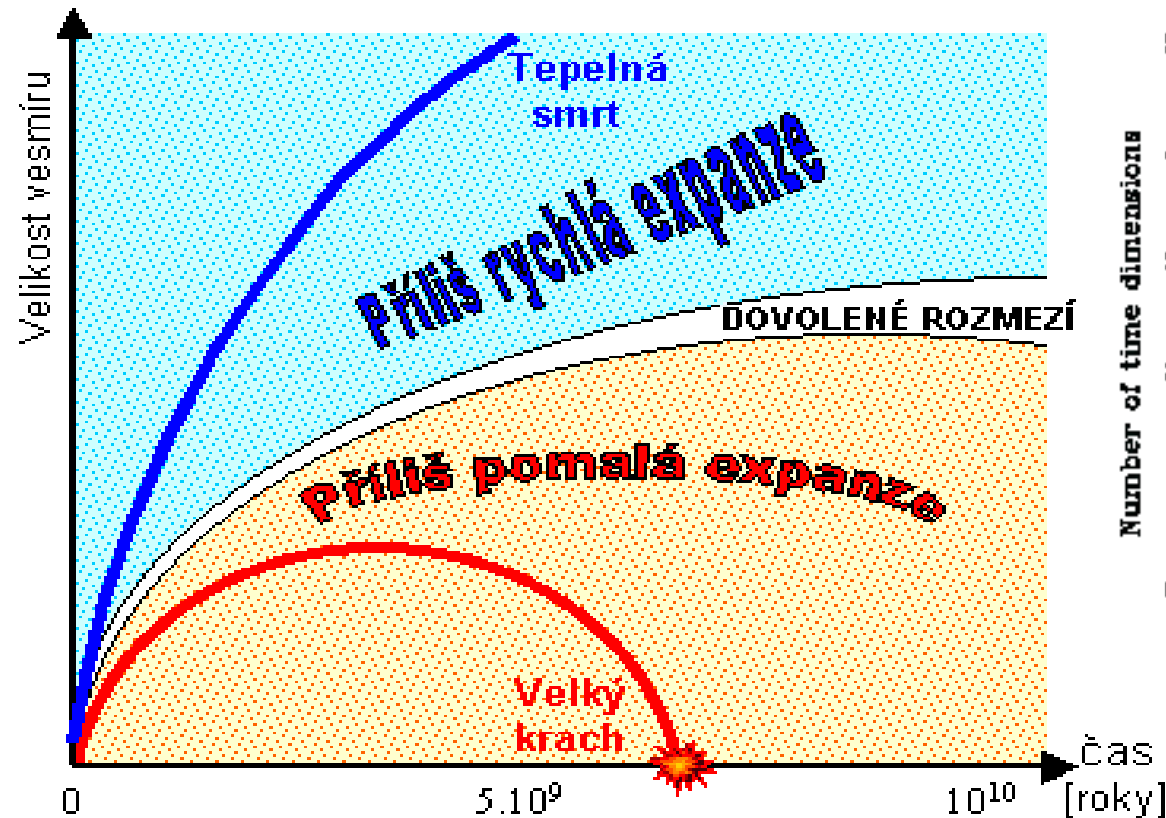
Abstract

The Universe contains everything that exists, including life. And all that exists, including life, obeys universal physical laws. Do those laws then give adequate foundations for a complete explanation of biological phenomena? We discuss whether and

v1 [physics.hist-ph] 20 Apr 2022

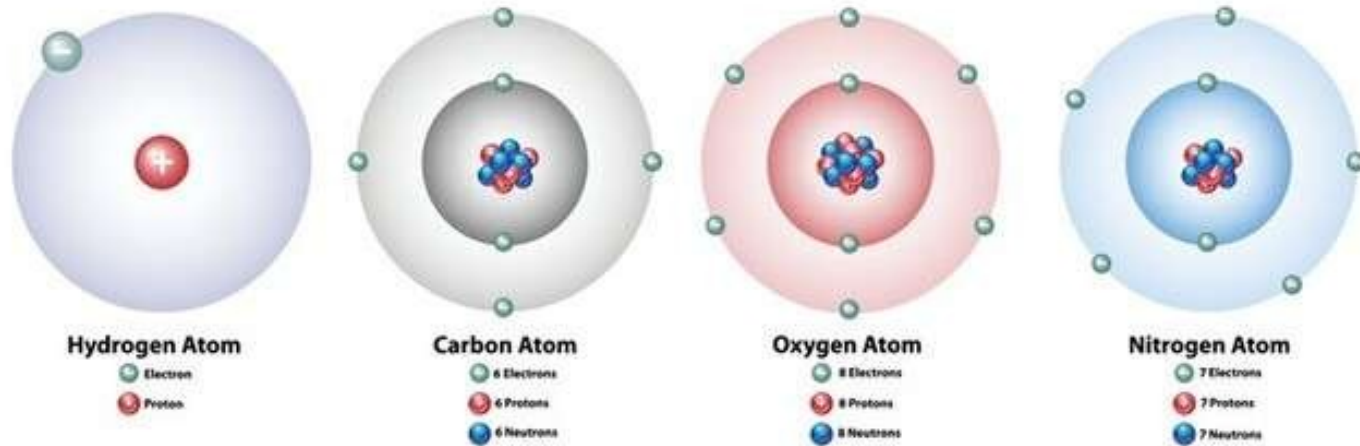
Co odlišuje živé systémy od neživých?

- **Nároky na životodárný vesmír:** Expanze vesmíru musí ležet v úzkém rozmezí rychlosti (malá nedává čas, velká rozředuje), slabší jaderné interakce by nevedly ke stelární nukleogenezi (biogenních prvků), drobná změna hmotnosti kvarků – těžší protony – rozpad v neutrony,...
- Antropický princip
- Princip uniformity
- Drakeova rovnice

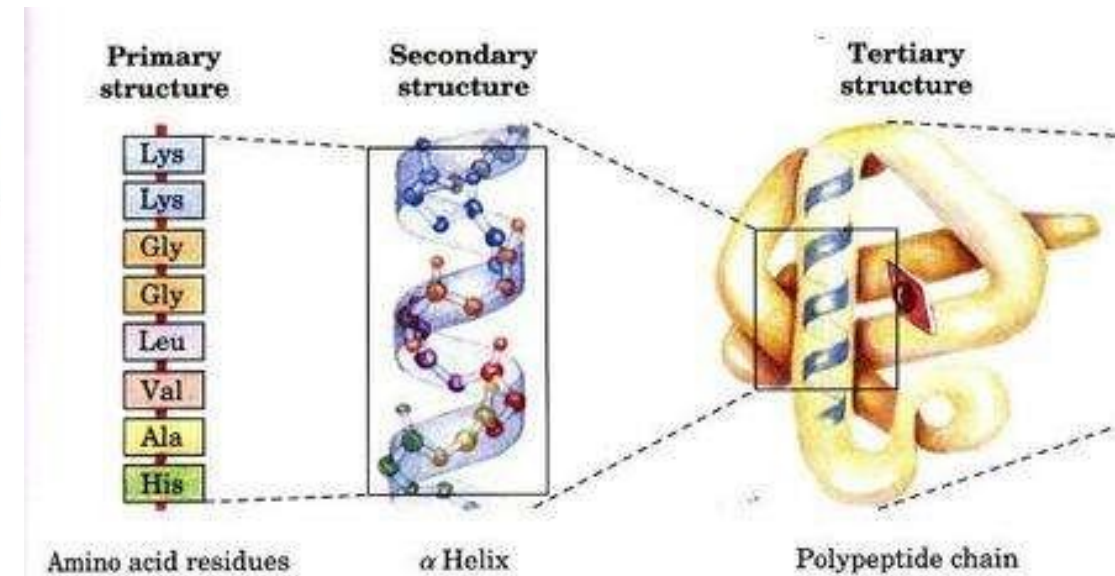


Co odlišuje živé systémy od neživých?

- Chemické složení a chemické procesy (metabolismus)
- Organické látky (sacharidy, bílkoviny, nukleové kys...)
- Abundantní atomy: **C, H, N, P** (uchování a transport energie, **S** – 3D konfigurace proteinů) + **voda** jako interakční médium (kapalné polární rozpouštědlo s velkou tepelnou kapacitou)



shutterstock.com · 1555863596



Co odlišuje živé systémy od neživých?

- **Chemické složení – alternativy?**
- Atomy abundantní, strukturální molekuly semi-stabilní, musí mít stabilní a abundantní médium (zejména teplotně)
- **Voda:** Kovalentní vazby mají větší energii než vodíkové vazby (jen F, O, N), ty jsou silnější než van der Waalovy síly – ovlivňuje teplotu varu a tání
- **Uhlík:** rozmanitost sloučenin a řetězení (alternativa **Si**)

Silicon (2015) 7:1–3
DOI 10.1007/s12633-014-9254-7

BRIEF COMMUNICATION

Silicon-Based Life in the Solar System

Shirley Peng

Silicon (2016) 8:175–176
DOI 10.1007/s12633-014-9270-7

BRIEF COMMUNICATION

There is no Silicon-based Life in the Solar System

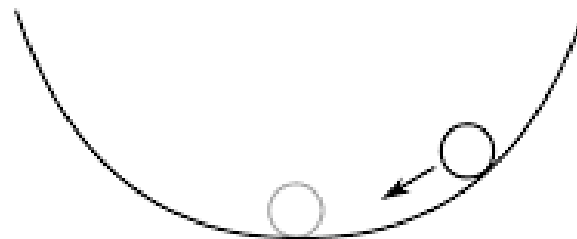
David T. Jacob

Co odlišuje živé systémy od neživých?

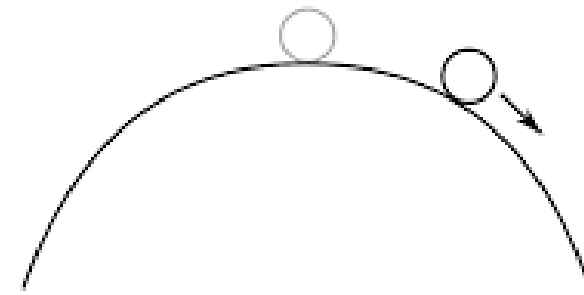
- **Vysoká míra uspořádanosti (proti 2.TZ)**
- **Systemy vydělené ale otevřené** – dynamika výměny látek, energie a informací
- **Reakce na okolí (čidla)**
- **Stabilní existence** – samoregulace zpětnými vazbami

- **Růst a vývoj:** ontogeneze a fylogeneze
- **Rozmnožování:** dědičnost a evoluce

negativní zpětná vazba



pozitivní zpětná vazba

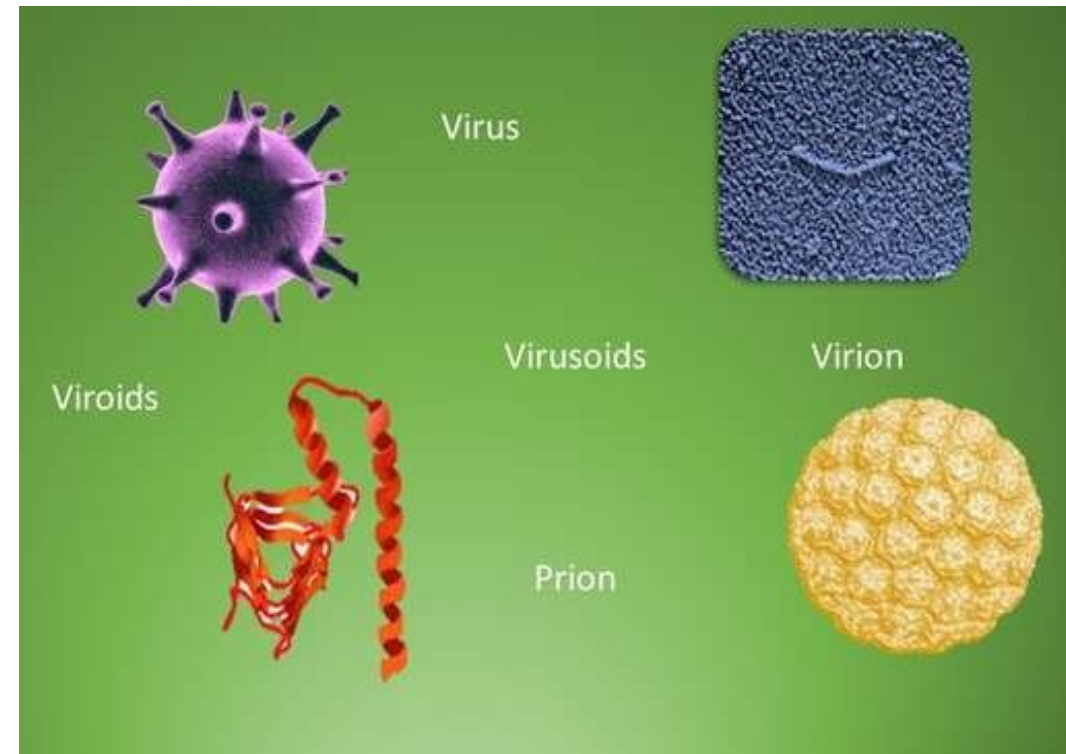


Co odlišuje živé systémy od neživých?

- „Popírači“ principů života
- **Nebuněčné organismy:** viry, viroidy (např. cadang-cadang) a priony (kuru, FFI), neschopnost samostatné existence nebo rozmnožování (také mnozí paraziti), původ nejistý, asi odvozeny od svých hostitelů

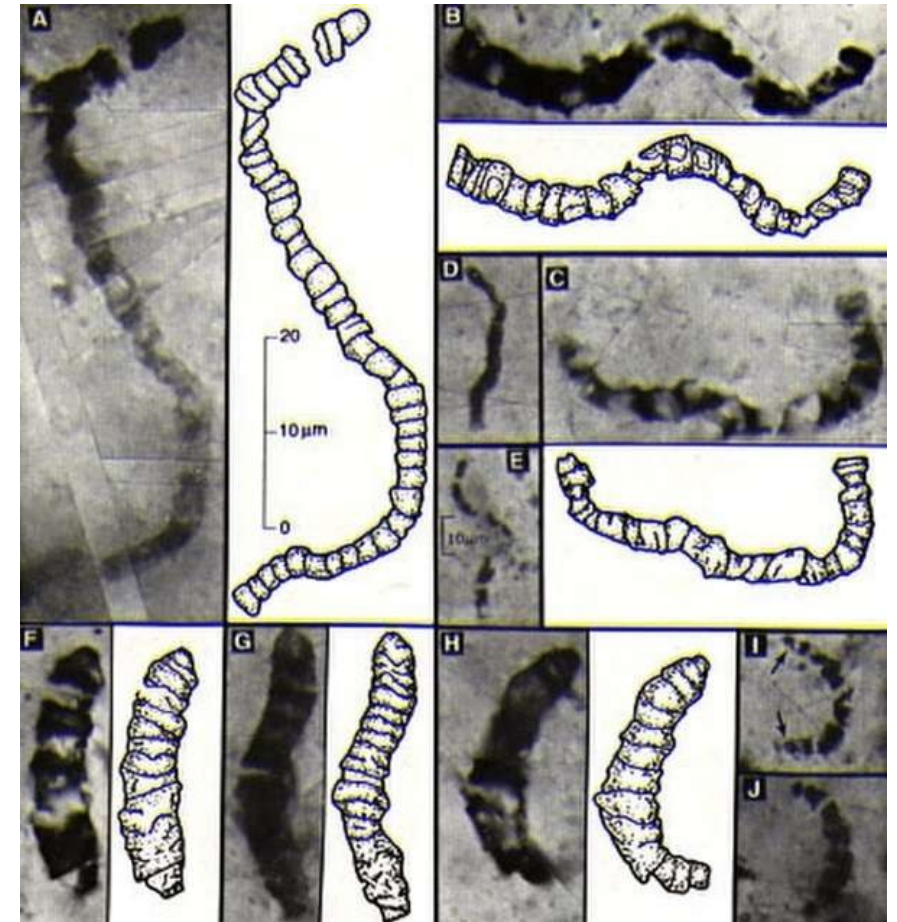
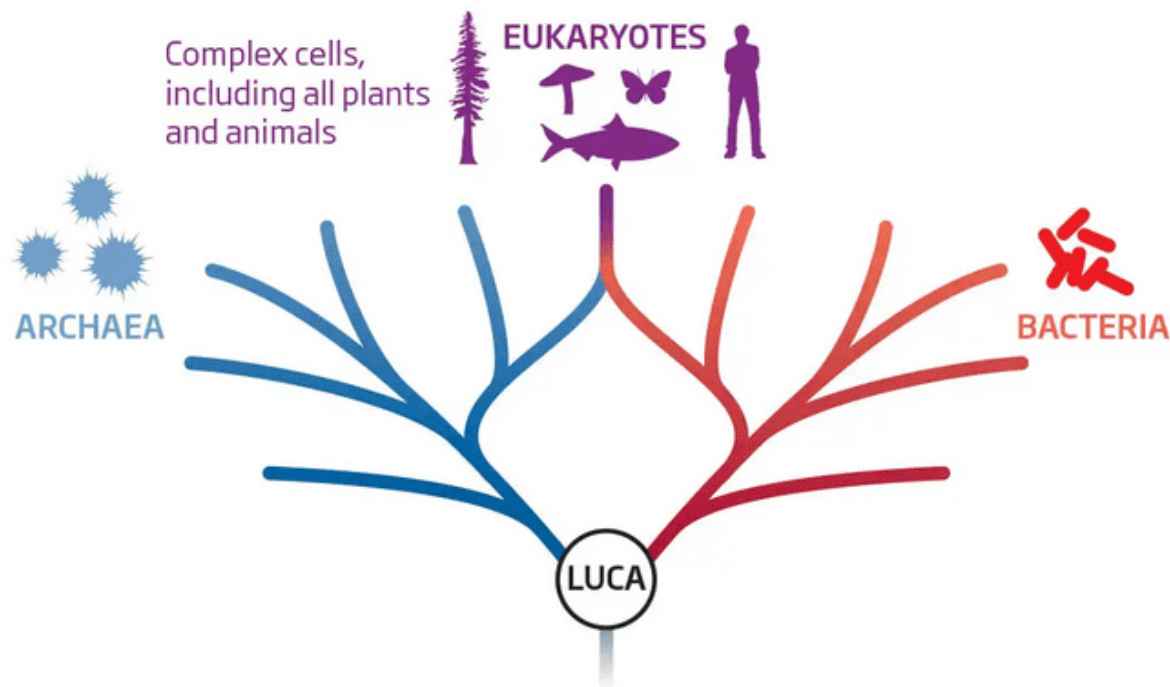


Už jsi slyšela o nemoci šílených krav?
Mě je to u prdele, já jsem kamion



Povstání živého tvaru

- 4.1–3.8 mld let života, možná několikrát (4.4 mld?)
- 2017: důkaz 3.48 mld let v geyséritu (okolo horkých pramenů) – Pilbara Craton (W Austr.), možná ale 3.95 mld v grafitu (Labrador).
- **LUCA** (4 mld)

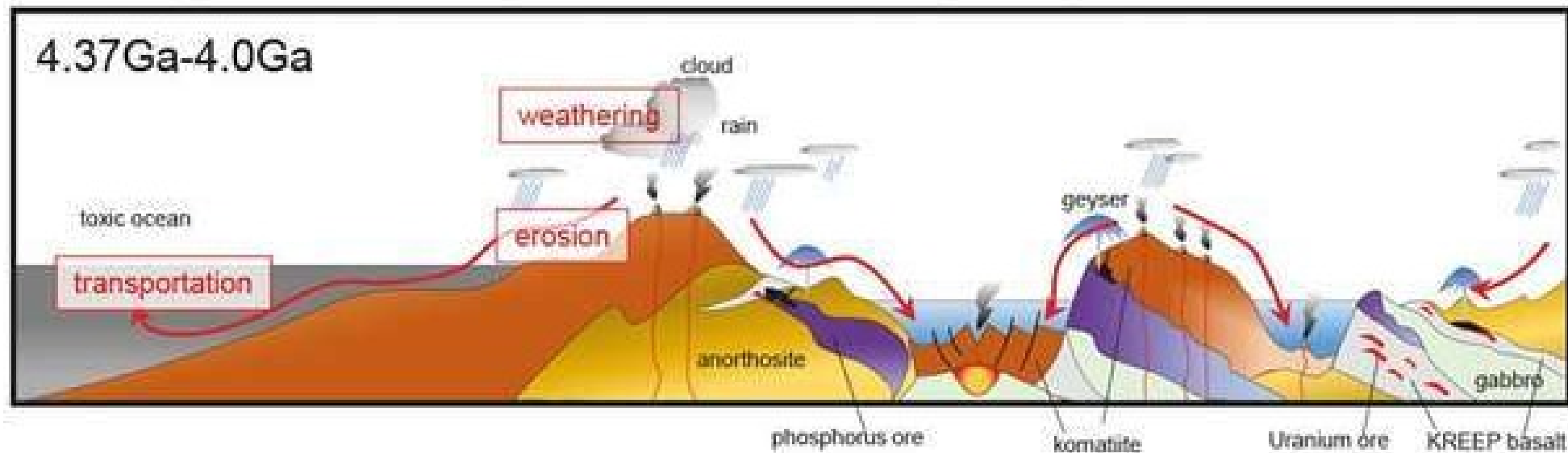


Povstání živého tvaru

- **Podmínky vzniku:** 3.8 mld – konec „Velkého bombardování“, možná velký impakt
- Horká (70 °C) a vlhká planeta, intenzivní sopečná činnost (CO₂, metan ale ne O₂) a výpar ale srážení na popelu (deště)
- Osluněné mělčiny teplých moří vs. termální hlubiny (CO₂, rozpuštěné minerály)

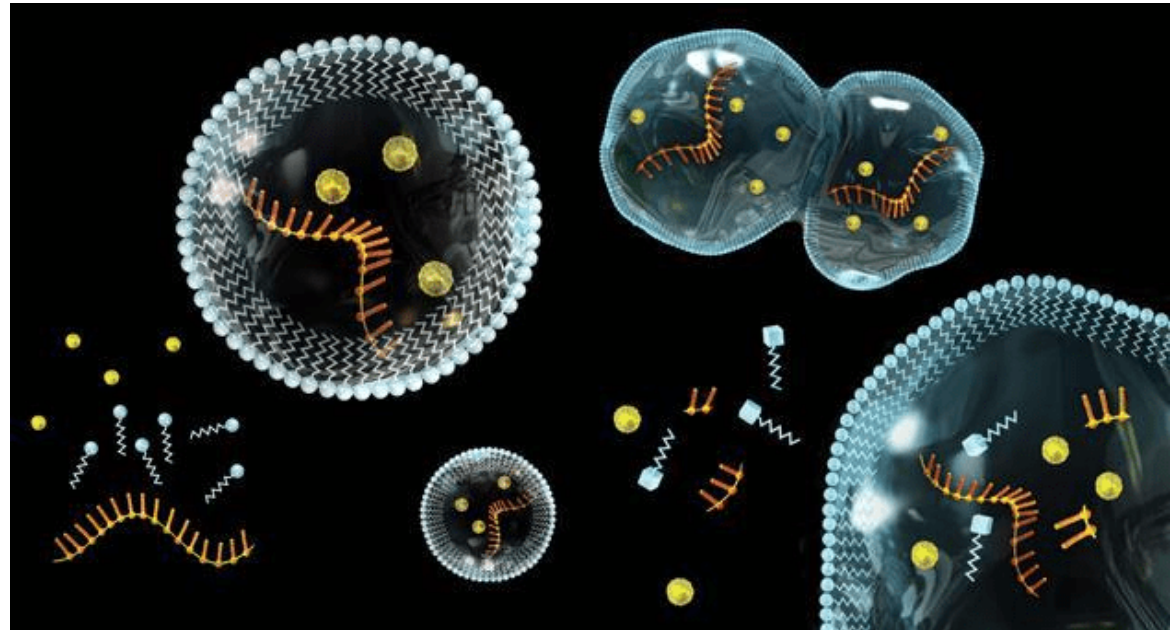
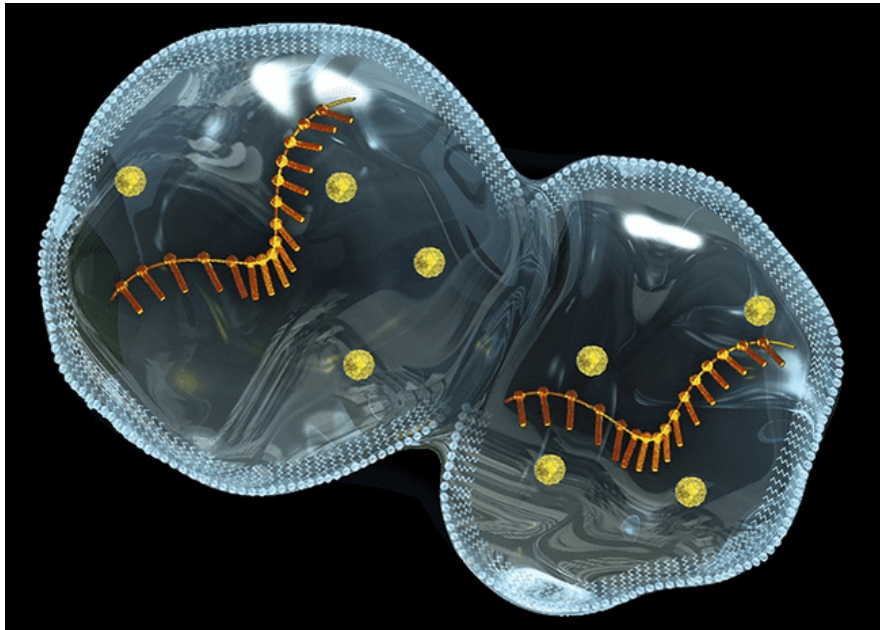
Earth history

Weathering, erosion, and transportation of sediment that gradually neutralised the toxic ocean.



Povstání živého tvaru

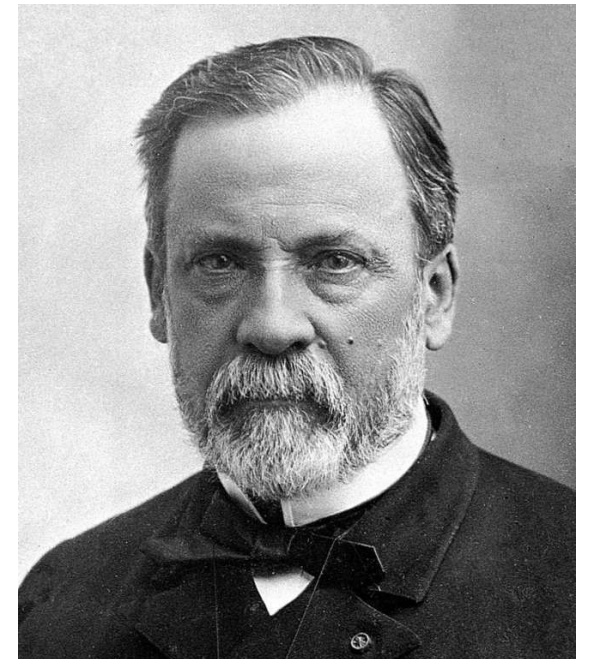
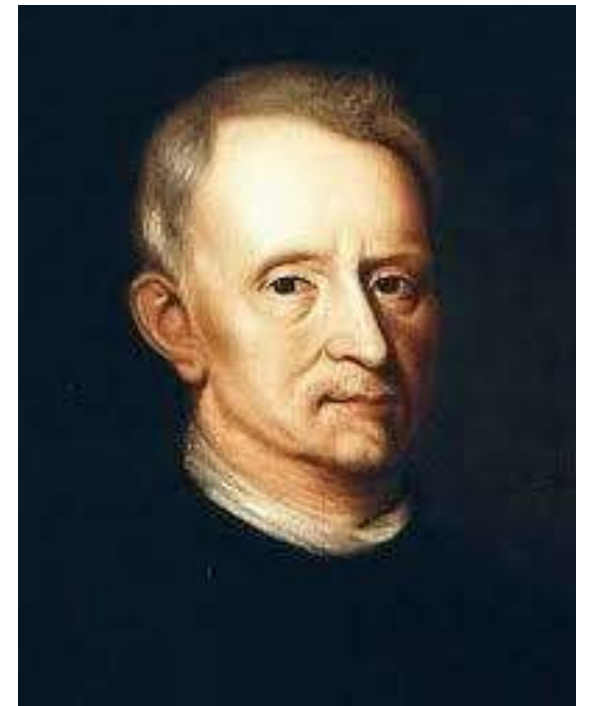
- **Biogeneze – jak? Nevyřešeno** (nové biogenezi vadí kyslík a život)
- **Rozmnožení genu** = jediné měřítko úspěchu
- **Nenulové vztahy** = hnací síla (Spojení dvou genů – pokud nenulový vztah větší naděje na rozmnožení)
- Musela ale přijít **supermutace** – jinak **entropie** (evoluce většinou ztroskotá) – její pravděpodobnost se zvyšovala, mutace stále častější (**exp. růst**)



Povstání živého tvaru

- Jak?
- **Boží slovo** (Bible a korán)
- **Naivní abiogeneze** (do 19. stol): Aristotelés
- Robert Hook (1665): pozorování mikroorganismů
- Francesco Redi (1668): maso a mouchy

- **Teorie biogeneze**: omne vivum ex ovo
- Francouzská akademie věd: cena za rozřešení
- Louis Pasteur (1861): ve sterilním prostředí nejsou bakterie a houby



Povstání živého tvaru

- **Teorie panspermie:** jednodušší formy přežijí impakt
- **Pseudo-panspermie:** na Zemi se dostaly potřebné sloučeniny (podporují ji nálezy organických sloučenin na povrchu meteoritů)

Letter to the Editor | [Published: 12 August 2022](#)

Nucleobases in Meteorites to Nucleobases in RNA and DNA?

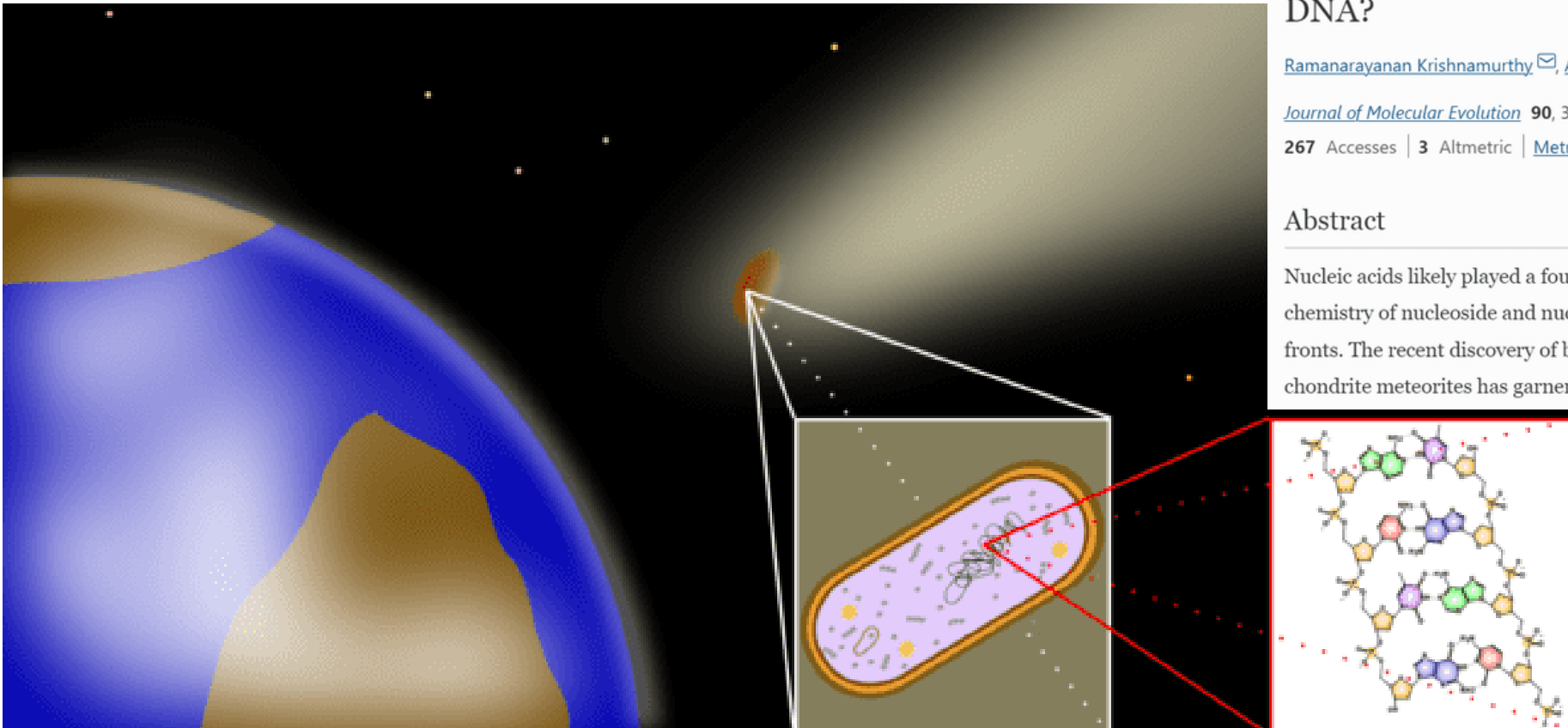
[Ramanarayanan Krishnamurthy](#) , [Aaron D. Goldman](#), [David A. Liberles](#), [Karyn L. Rogers](#) & [Yitzhak Tor](#)

[Journal of Molecular Evolution](#) **90**, 328–331 (2022) | [Cite this article](#)

267 Accesses | 3 Altmetric | [Metrics](#)

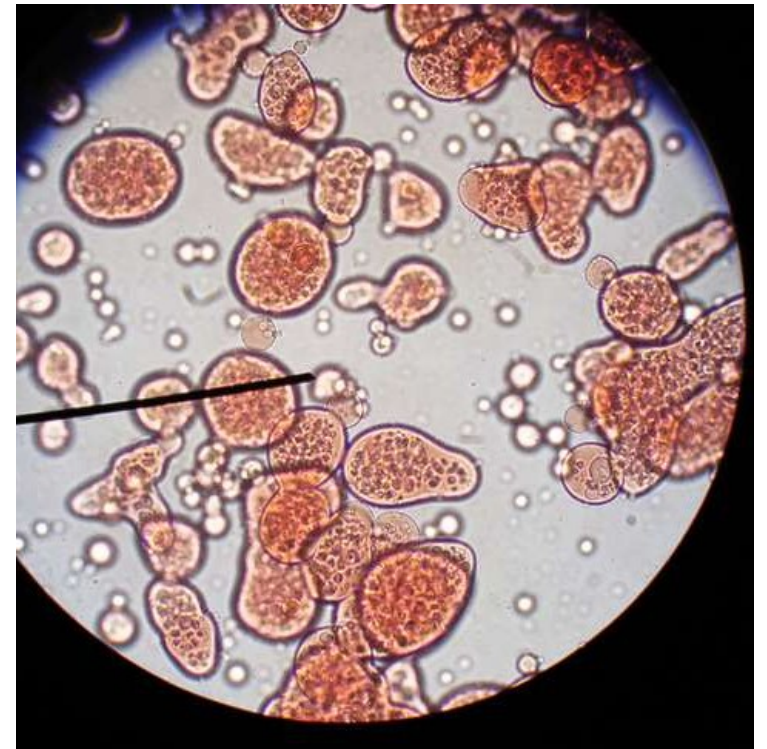
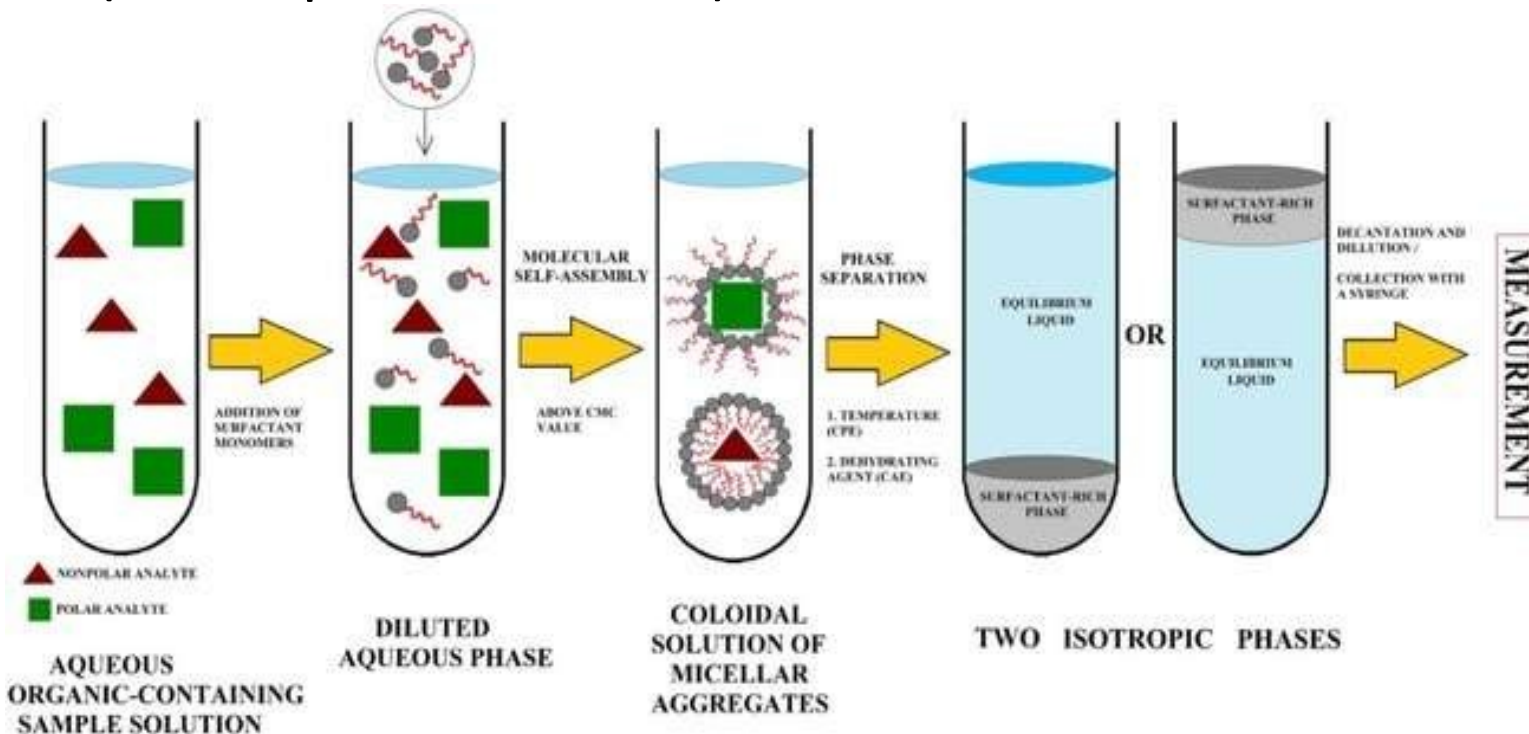
Abstract

Nucleic acids likely played a foundational role in the origin of life. However, the prebiotic chemistry of nucleoside and nucleotide synthesis has proved challenging on a number of fronts. The recent discovery of both pyrimidine and purine nucleobases in carbonaceous chondrite meteorites has garnered much attention from both the popular press and the



Povstání živého tvaru

- Vznik organických látek z anorganických
- **Teorie prebiotické polévky:** Charles Darwin (1871): malé jezírko s látkami a energií (amoniak, fosforečnany)
- **Teorie koacervátů:** Oparin (1924): funguje, ale předpokládá redukční atmosféru (dnes opuštěná teorie)



Povstání živého tvaru

- Aktuální teorie
- **Teorie RNA světa:** upřednostňuje genetický kód
- **Teorie hydrotermálních průduchů:** upřednostňuje metabolismus
- **Teorie živých jílů:** upřednostňuje membránu

Article | [Open Access](#) | [Published: 11 May 2022](#)

A prebiotically plausible scenario of an RNA–peptide world

[Felix Müller](#), [Luis Escobar](#), [Felix Xu](#), [Ewa Węgrzyn](#), [Milda Nainytė](#), [Tynchtyk Amatov](#), [Chun-Yin Chan](#), [Alexander Pichler](#) & [Thomas Carell](#) 

[Nature](#) 605, 279–284 (2022) | [Cite this article](#)

67k Accesses | 9 Citations | 599 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

The RNA world concept¹ is one of the most fundamental pillars of the origin of life theory^{2,3,4}. It predicts that life evolved from increasingly complex self-replicating RNA molecules^{1,2,4}. The question of how this RNA world then advanced to the next stage, in which proteins

Bioengineering and Bioscience 8(1): 1-12, 2021
DOI: 10.13189/bb.2021.080101

<http://www.hrpub.org>

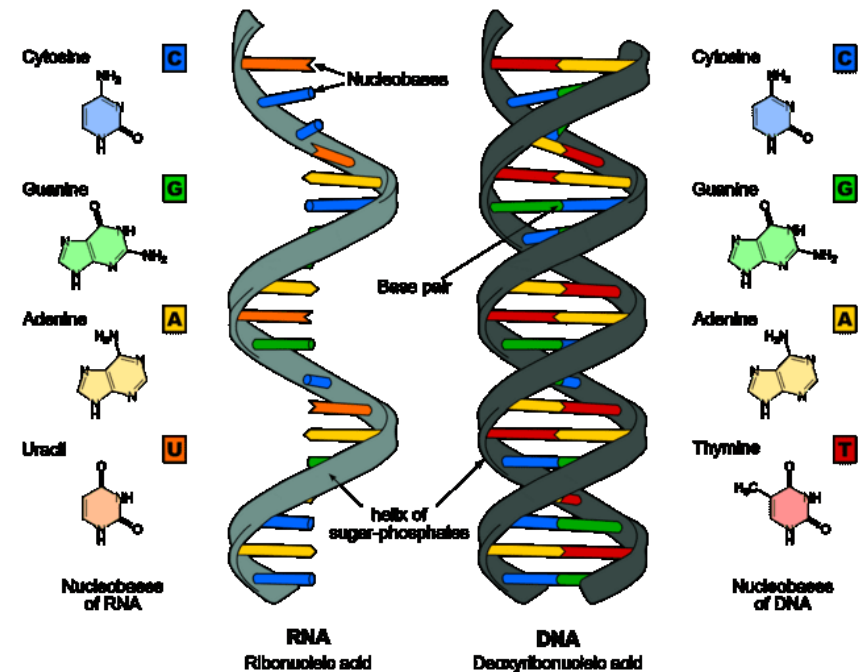
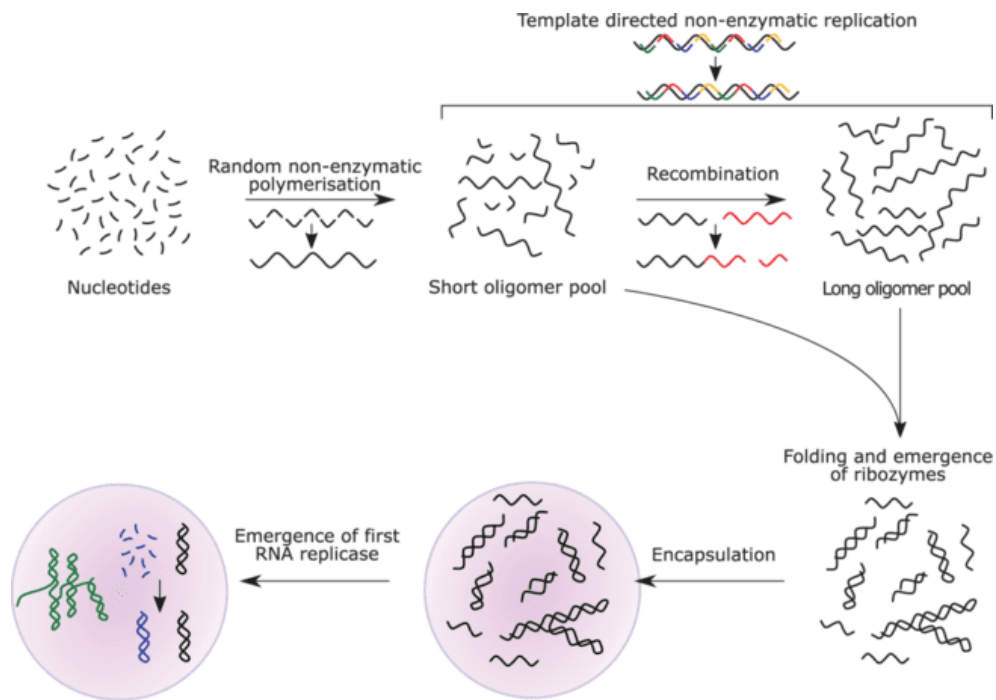
Assumption and Criticism on RNA World Hypothesis from Ribozymes to Functional Cells

Sami EL Khatib*, Ahmad Raslan

Department of Biological Sciences, School of Arts & Sciences, Lebanese International University, Lebanon

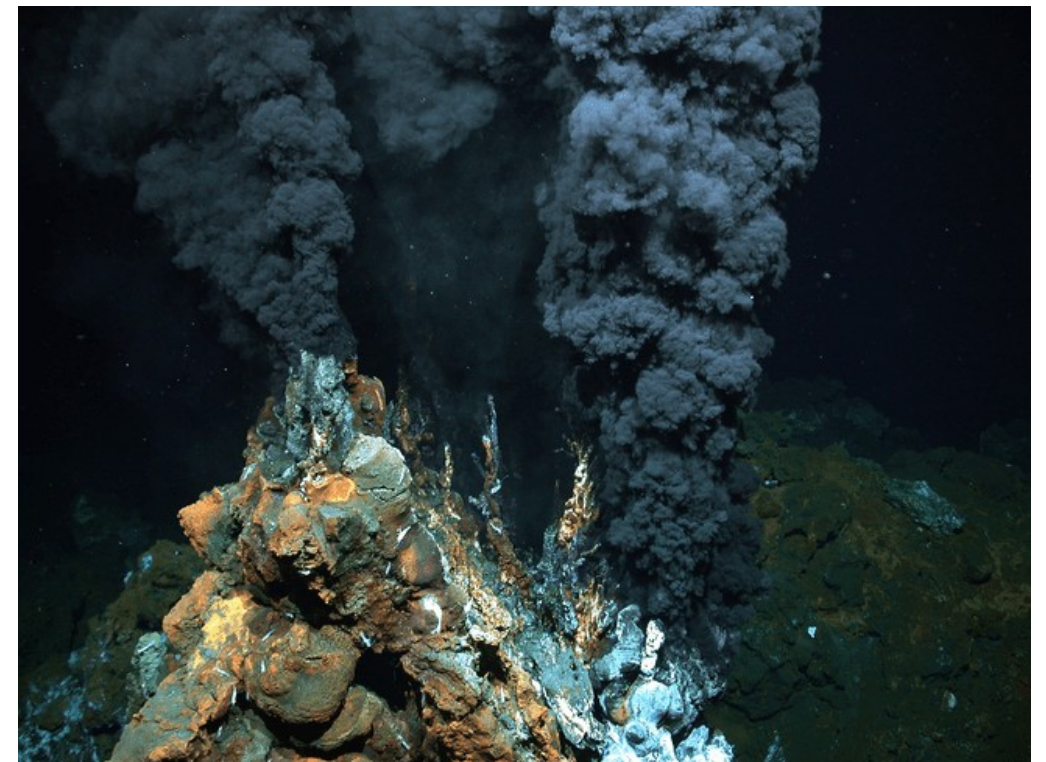
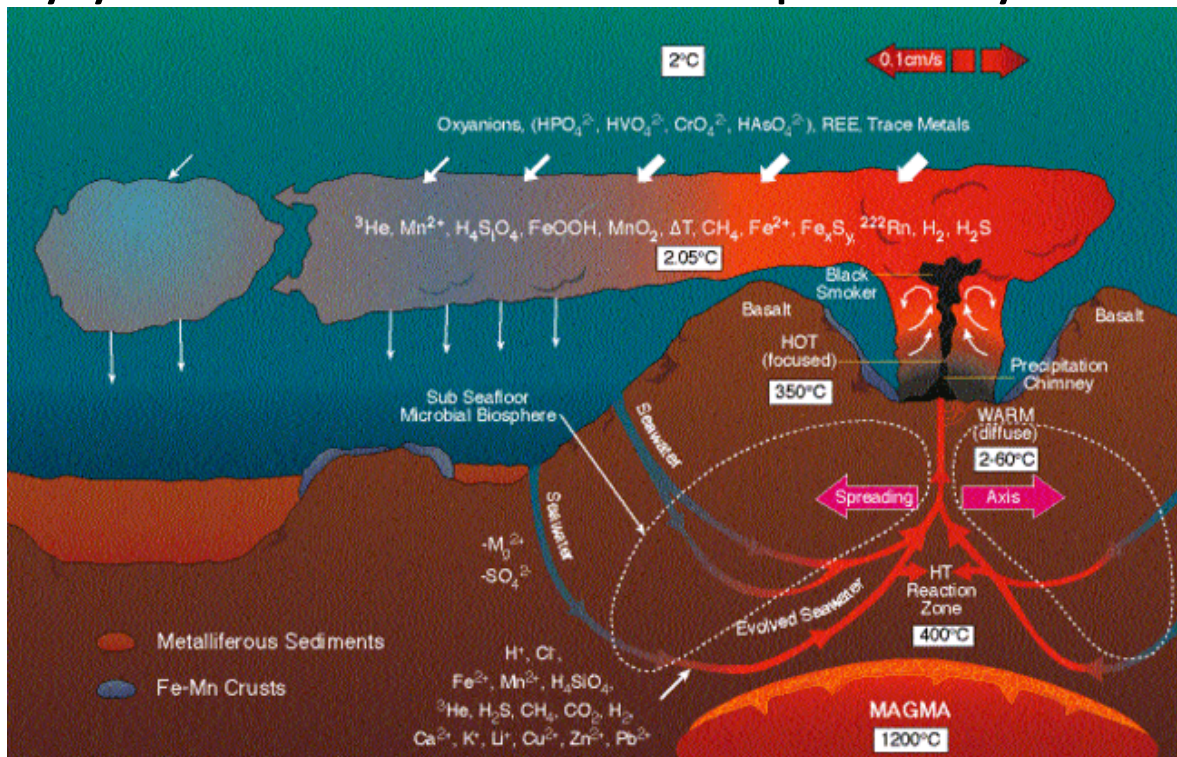
Povstání živého tvaru

- **Teorie RNA světa** (Walter Gilbert, 1986)
- DNA předává info proteinům (enzymům), bez nich nemůže existovat, RNA může mít katalytické funkce (zachovány u ribozomů)
- **Problémy:** malá stabilita RNA, proto navržen **pre-RNA svět:** jednodušší ale stabilnější polymer (možná peptidová PNA, threosová TNA)



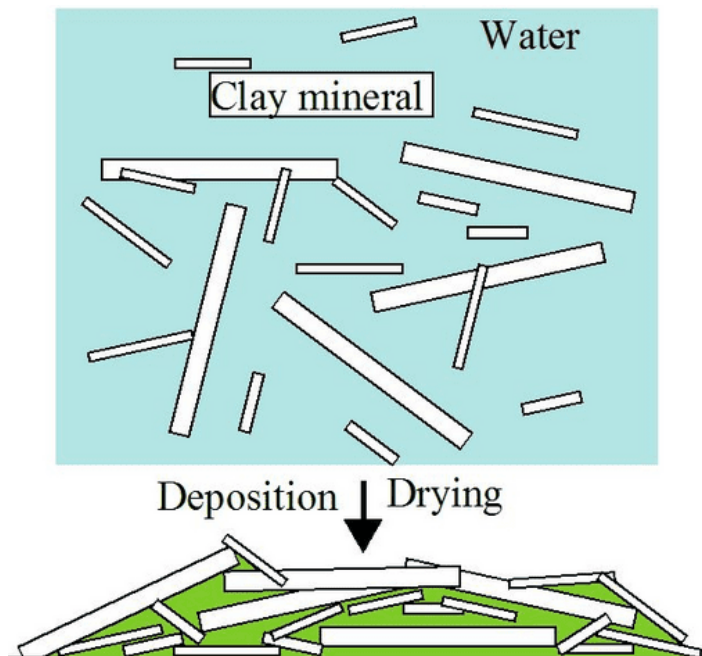
Povstání živého tvaru

- **Teorie hydrotermálních prúdů:** Mísení horké mineralizované a chladné vody – srážení, minerály a kovy jako katalyzátory syntézy aminokyselin
- **Problémy:** prostředí ve kterém by organické sloučeniny (včetně RNA) byly nestabilní
- **Teorie pyritového světa:** Vznik na povrchu sulfidů železa – lepší než mořské by ale byly suchozemské termální prameny



Povstání živého tvaru

- **Teorie živých jíľů** (Graham Cairns-Smith)
- Minerální krystaly jíľů rostou podle struktury a poté se dělí, váží organické látky (katalýza syntézy molekul), ochrana před UV, šíření větrem po vyschnutí
- Dnes opuštěná



Schematic figure of the room (green) to function like the cell. Clay mineral layers w water and then dry water but small room play the role like the cell. [4]

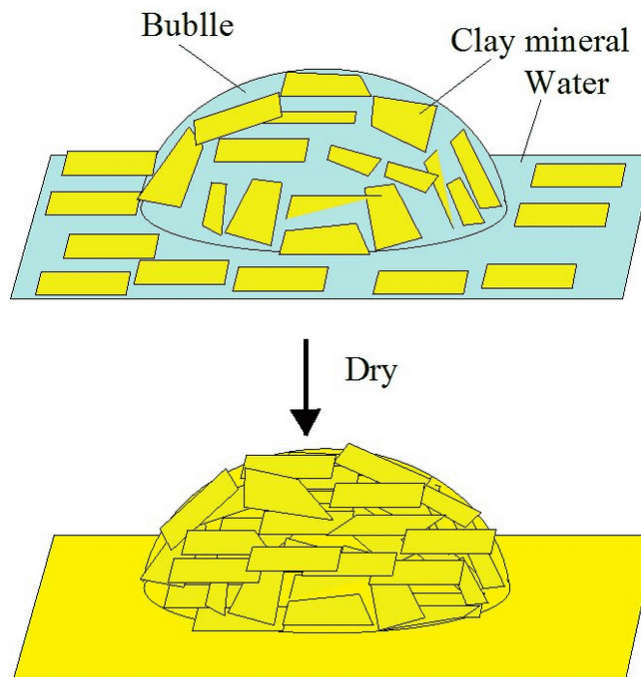


Figure 7 Schematic figure of a bubble shape sheet clay mineral micelle. [57]

Open Access Review

Clays and the Origin of Life: The Experiments

by Jacob Teunis (Theo) Klopogge ^{1,2,*} and Hyman Hartman ^{3,*}

¹ School of Earth and Environmental Sciences, The University of Queensland, Brisbane, QLD 4072, Australia

² Department of Chemistry, College of Arts and Sciences, University of the Philippines Visayas, Miagao 5023, Philippines

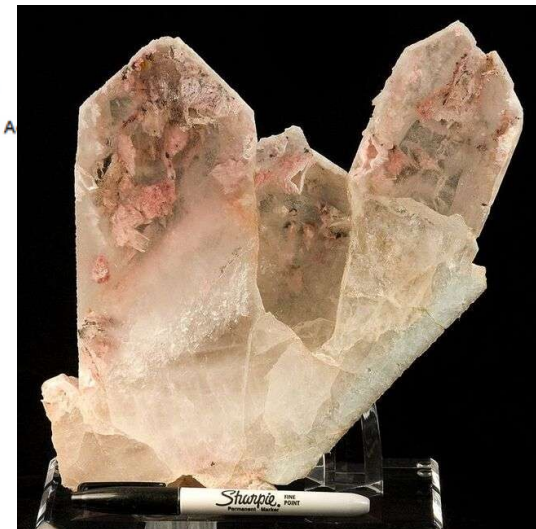
³ Department of Earth Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139, USA

* Authors to whom correspondence should be addressed.

Academic Editor: César Menor-Salván

Life 2022, 12(2), 259; <https://doi.org/10.3390/life12020259>

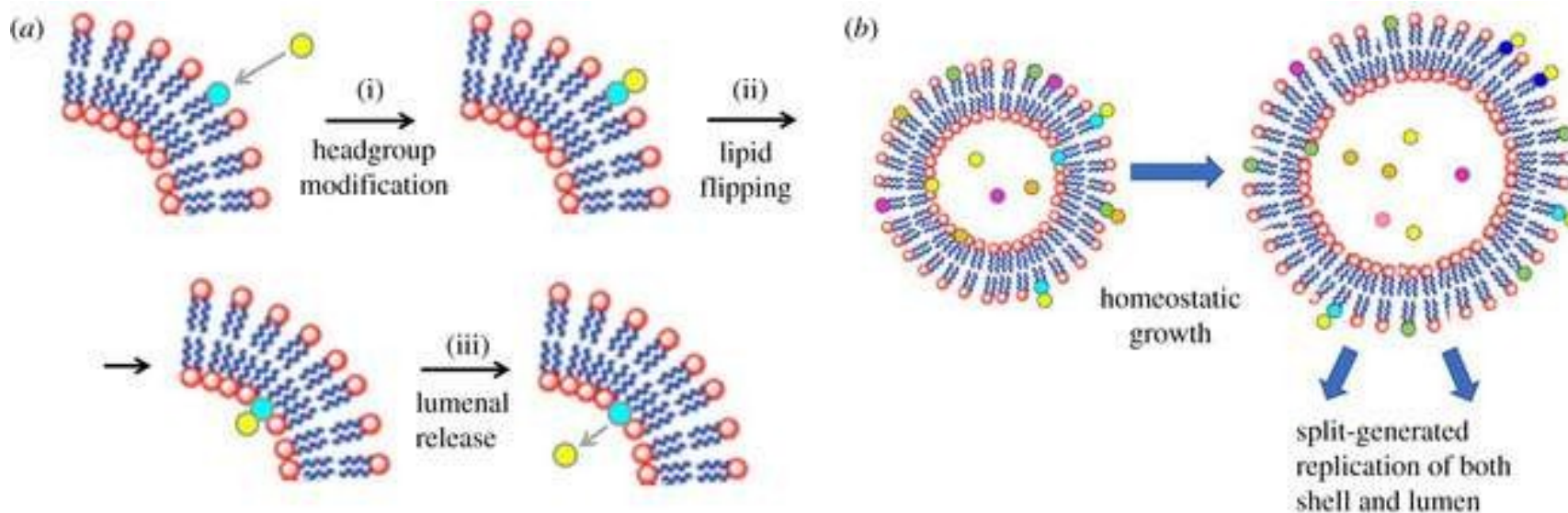
Received: 16 December 2021 / Revised: 8 January 2022 / Accepted: 10 January 2022



Montmorillonit

Povstání živého tvaru

- **Svět lipidů:** membrány z fosfolipidů ve vodě tvořící lipidovou dvojvrstvou
- **Svět zinku:** Pórovitý povrch sfaleritu
- **Vznik života pod ledem:** velmi nízké teploty – pod ledem oceánu ochrana před UV (řeší nestabilitu, ale malá rychlost) – dá se spojit s RNA světem, eutektické mrznutí, 1972–1997 – amoniak a kyanid = aminokyseliny + NB
- **Vznik života pod povrchem Země (gejíry)**



Hypothesis | [Open Access](#) | [Published: 24 August 2009](#)

On the origin of life in the Zinc world: 1. Photosynthesizing, porous edifices built of hydrothermally precipitated zinc sulfide as cradles of life on Earth

[Armen Y Mulikidjanian](#)

[Biology Direct](#) 4, Article number: 26 (2009) | [Cite this article](#)

51k Accesses | 73 Citations | 30 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

Background

Research | [Open Access](#) | [Published: 24 August 2009](#)

On the origin of life in the Zinc world. 2. Validation of the hypothesis on the photosynthesizing zinc sulfide edifices as cradles of life on Earth

[Armen Y Mulikidjanian](#) & [Michael Y Galperin](#)

[Biology Direct](#) 4, Article number: 27 (2009) | [Cite this article](#)

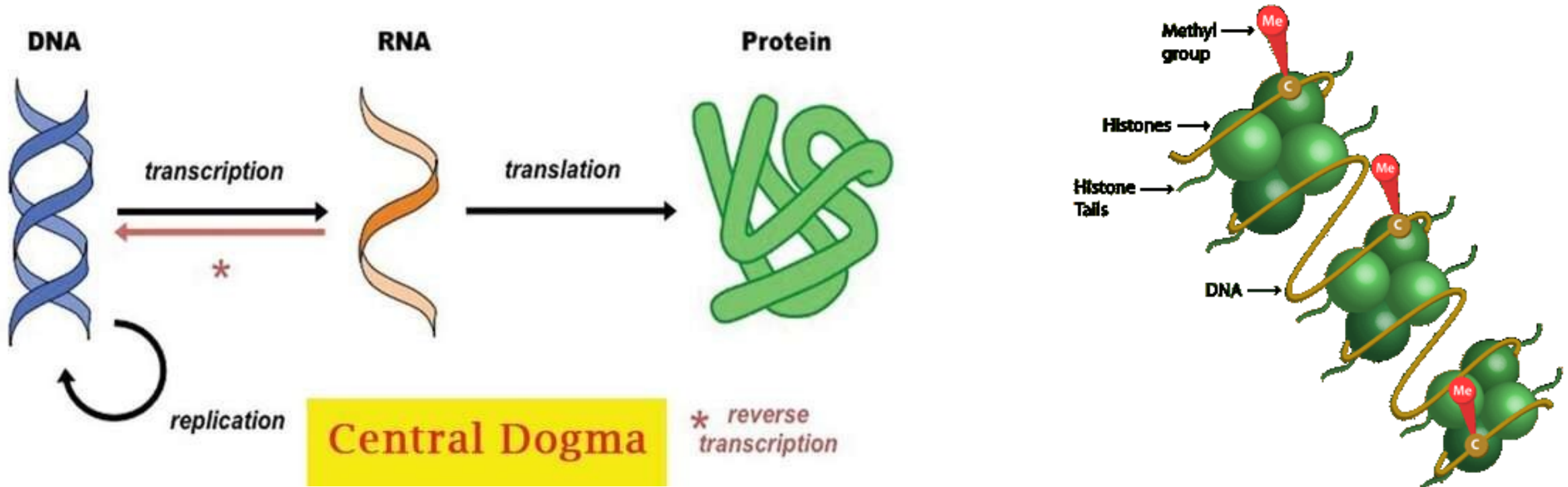
23k Accesses | 54 Citations | 34 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

Background

Základní pochody v buňce

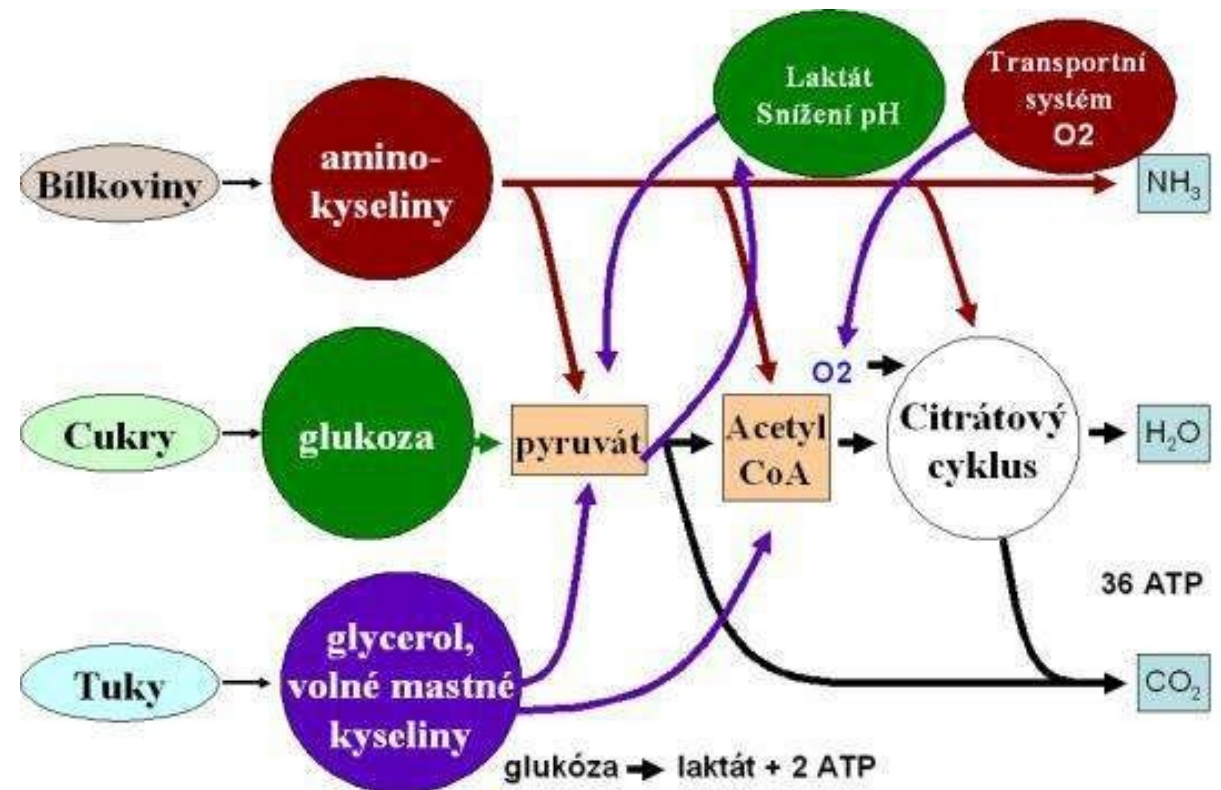
- **Replikace** – DNA: dvě dvoušroubovice DNA
- **Transkripce** – sestavení RNA podle záznamu DNA (mRNA)
- **Translace** – ribozomy, překlad pořadí mRNA do proteinů (pomocí tRNA a rRNA)
- **Epigenetika** – úprava gen. informace pomocí enzymů (metylace)



Základní pochody v buňce

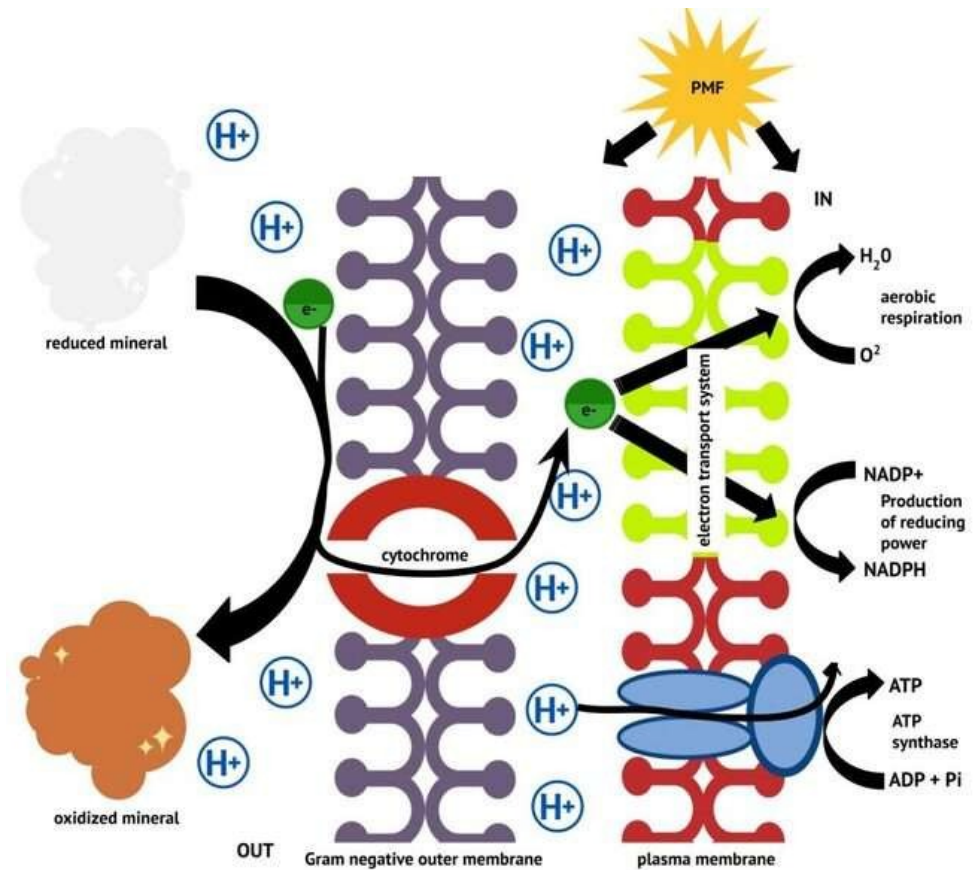
- **Metabolismus** (energie Slunce, regulován ATP a NADH+)
 - Anabolismus (biosyntéza, endogonická reakce, hlavně redukce)
 - Katabolismus (rozklad, exergonická reakce, hlavně oxidace)
 - Spřažené reakce, uvolňuje se teplo do okolí – entropie

Přebytky energie ukládány (živočišné buňky glykogen, rostliny škrob), syntéza mastných kyselin (adipocyty)



Základní pochody v buňce

- Typy metabolismu
- Dle energie
 - Fototrofní – energie z fotosyntézy
 - Chemotrofní – energie z organických sloučenin
- Dle zdroje uhlíku
 - Autotrofní/litotrofní – C z anorganických látek, CO_2)
 - Heterotrofní/organotrofní – C z organických látek
 - Mixotrofní – kombinace



Contribution of Aerobic Photoheterotrophic Bacteria to the Carbon Cycle in the Ocean

ZBIGNIEW S. KOLBER, F. GERALD, PLUMLEY, ANDREW S. LANG, J. THOMAS BEATTY, ROBERT E. BLANKENSHIP, CINDY L. VANDOVER, COSTANTINO VETRIANI, MICHAL KOBLIZEK

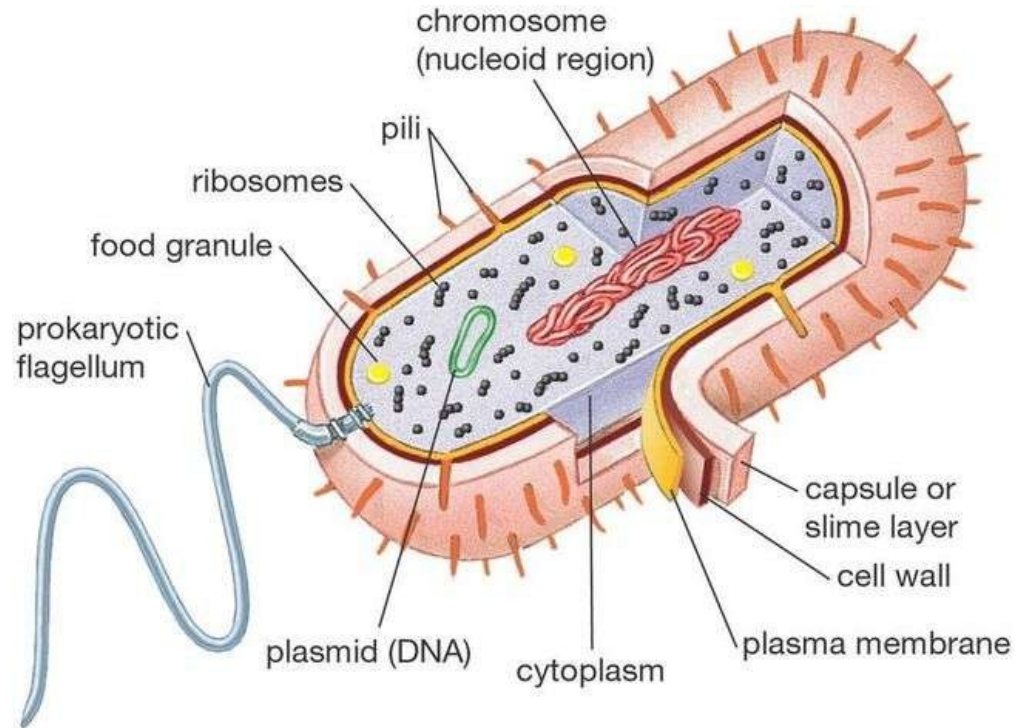
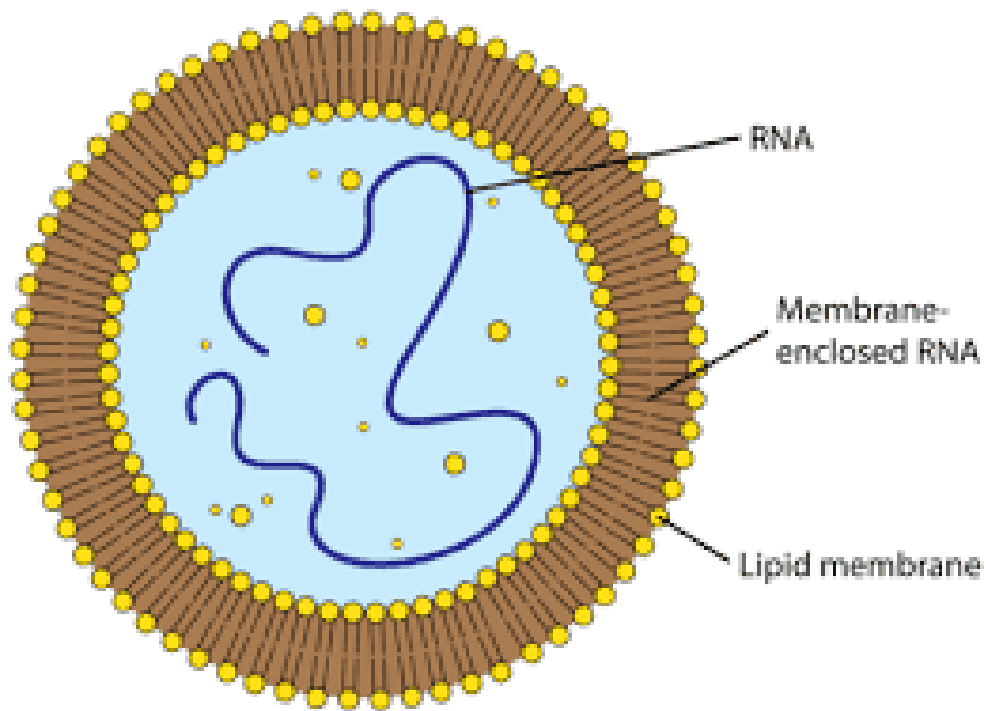
[...] PAUL G. FALKOWSKI

+2 authors

[Authors Info & Affiliations](#)

Jedinečnost buňky a její metabolismus

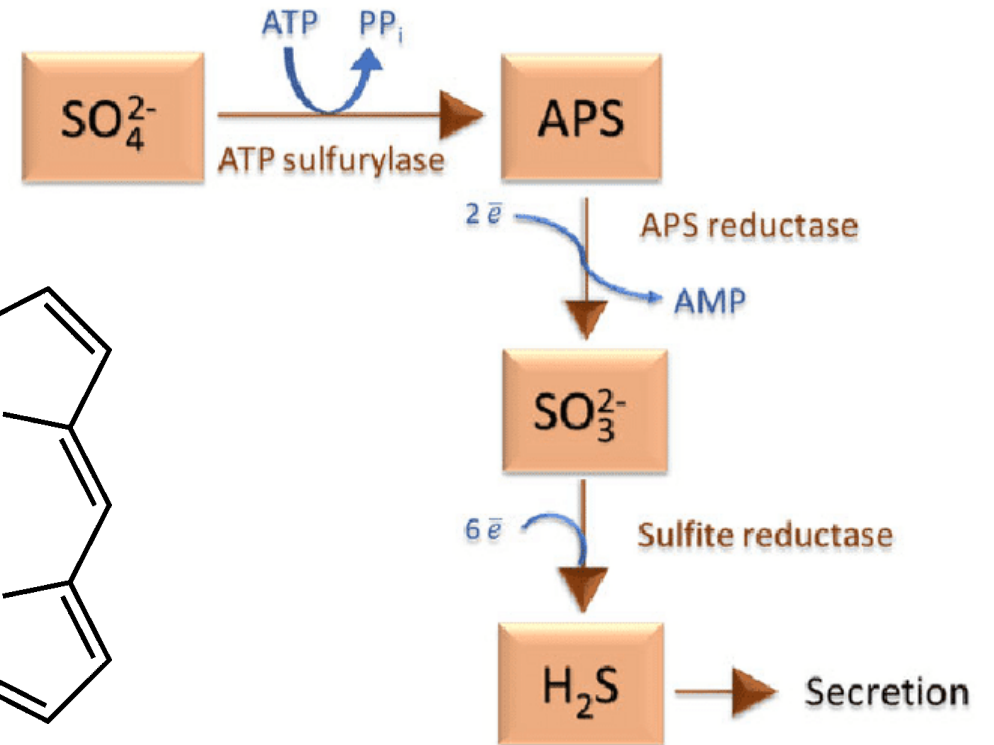
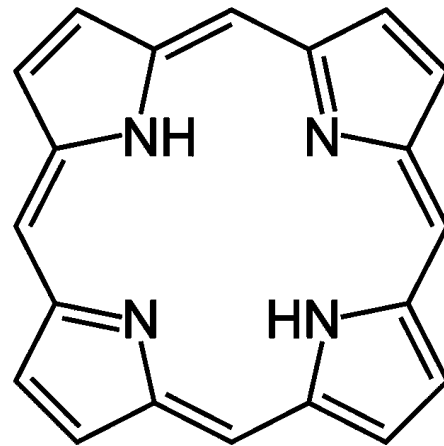
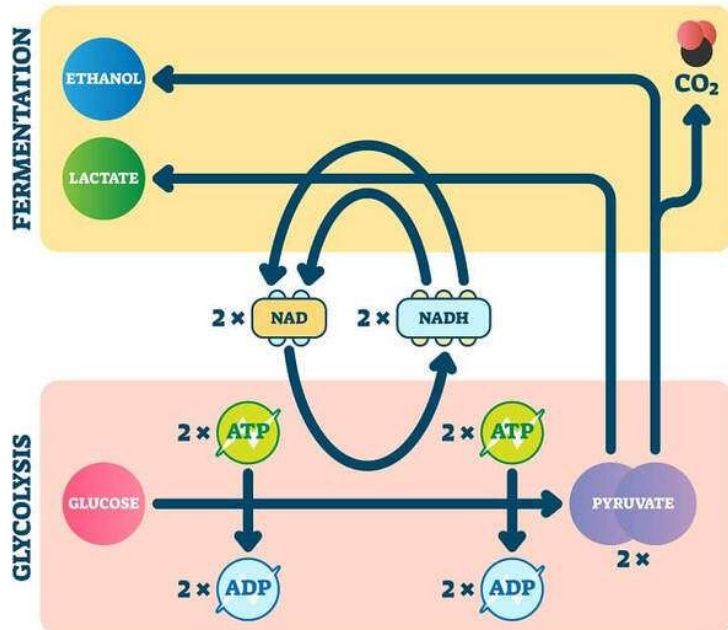
- **Prvotní buňka**
- Asi prokaryotní, heterotrofní, autotrofie později (dnes zpochybňováno) – možná autotrofie v podobě metanogeneze
- Bez kyslíku, chráněné před UV, nároky na teplo? (AG teplo vs. CTU chlad)



Různé typy metabolismů v průběhu evoluce

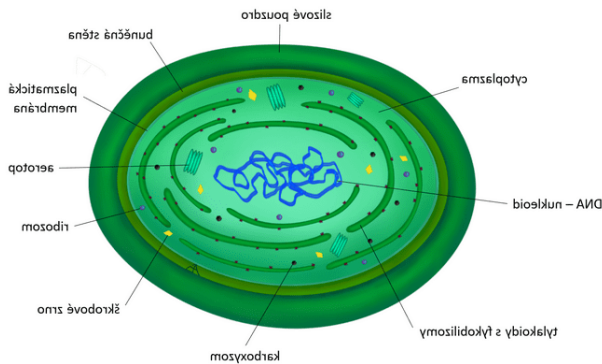
- 1. metabolická dráha: **Fermentace prebiotických organických sloučenin a anaerobní respirace** (uvolňování CO_2)
- **Respirace sulfátů** — ($\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$) — evoluce porfyriu (přenos elektronů, základ chlorofylu a cytochromu)

ANAEROBIC RESPIRATION



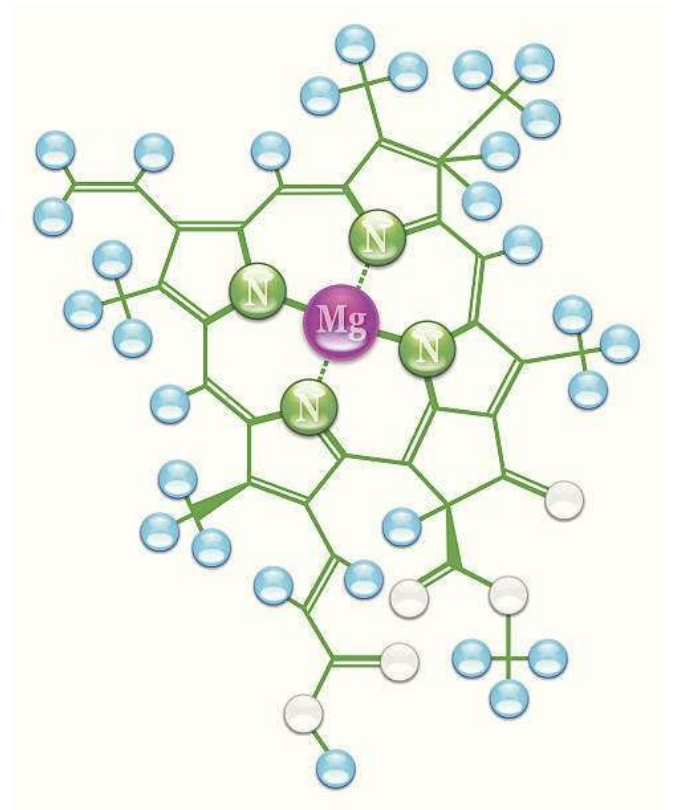
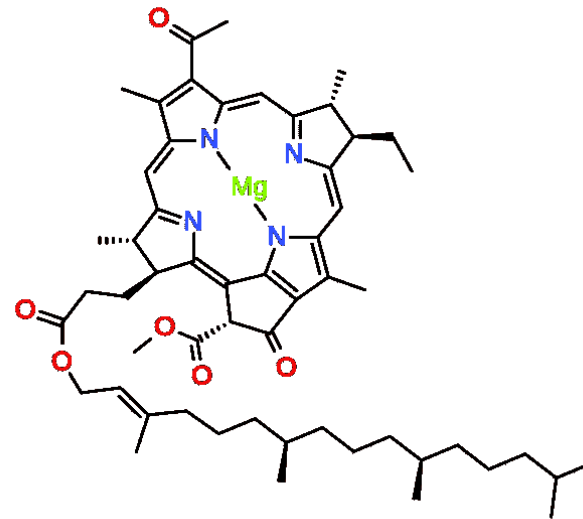
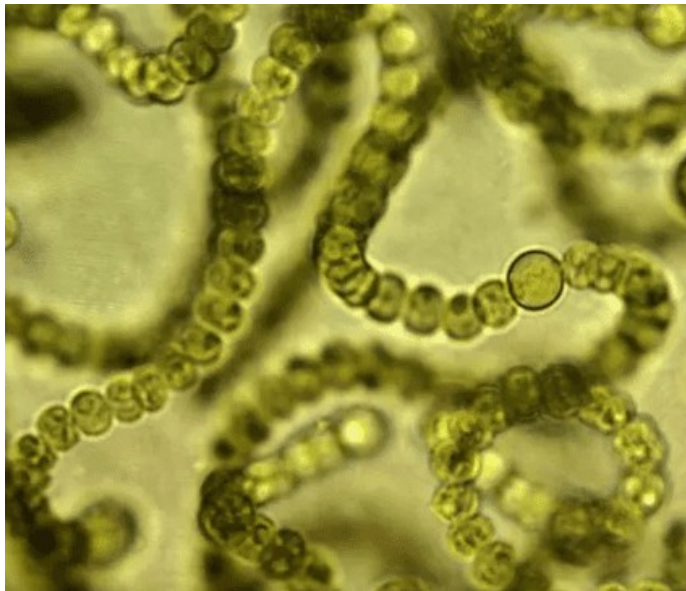
Různé typy metabolismů v průběhu evoluce

- Fotosyntéza (3.8–3.5 mld – cyanobakterie), mělčiny moře
- Stromatolity (3.5 mld) – dodnes v mělčinách Austrálie
- **Anoxygenní f.** (donory elektronů: zatím H_2S , železité ionty): cyanobakterie, zelené sírné bakterie (neuvolňuje se O_2)



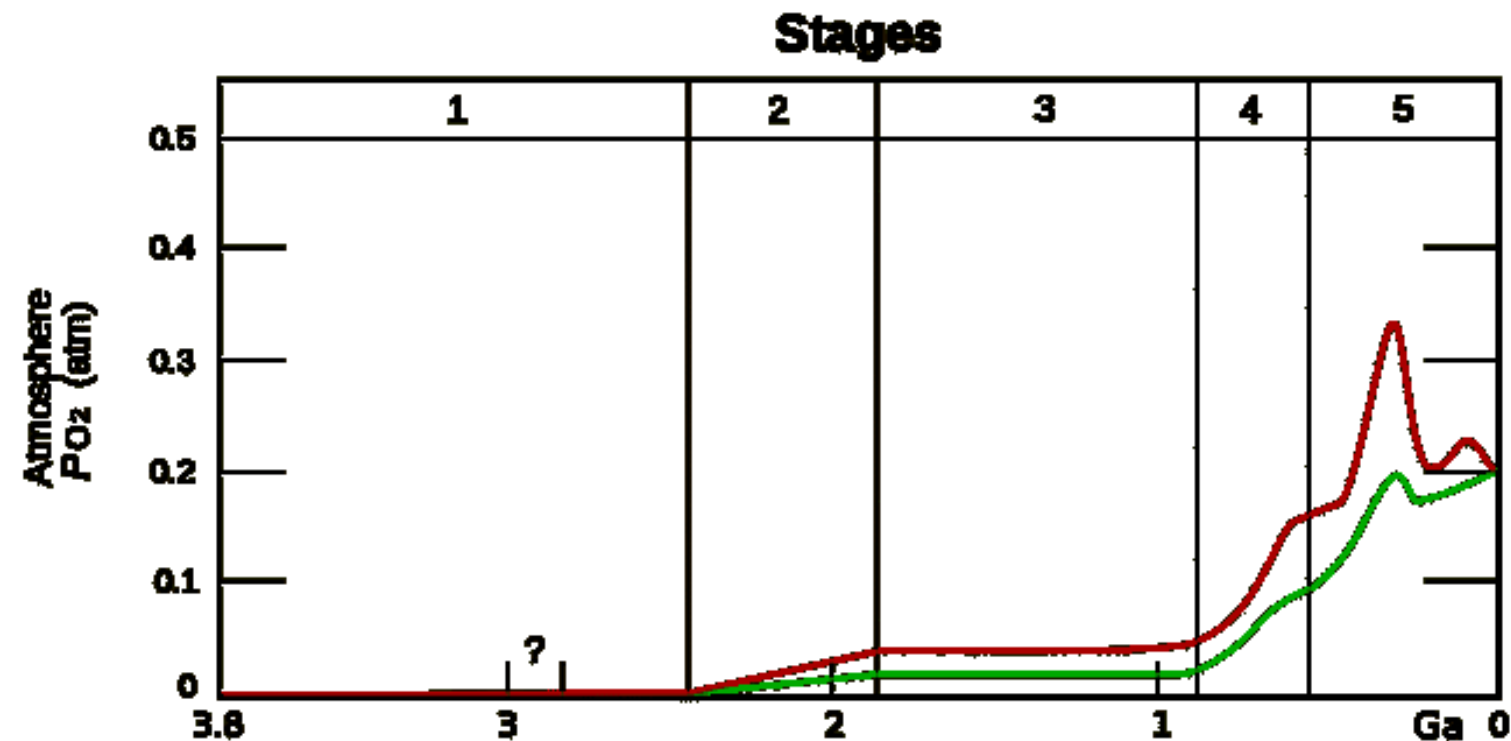
Různé typy metabolismů v průběhu evoluce

- **Oxygenní fotosyntéza:** (donor elektronů H_2O): První sinice uvolňující O_2 štěpením vody – 2.9 mld let), $\Delta\text{H} = 357 \text{ kJ/mol CO}_2 \rightarrow \Delta\text{H} = 475 \text{ kJ/mol CO}_2$
- Přeměna na O_2 – negativní vliv na anaeroby ale vysokou reaktivitou umožnil vývoj aerobů (a složitějších organismů)
- Chromatofory (Prokaryota) a chloroplasty (Eukaryota)
- Základní pigmenty: bakteriochlorofyl, chlorofyl



Různé typy metabolismů v průběhu evoluce

- Odštěpení sinic od bakterií: 3.4 mld, společný předek současných sinic 2.9 mld (Oxygenní fotosyntéza), „rychlá“ a „pomalá“ fotosyntéza
- 500 mil přibývá O_2 => Velká oxidační událost (2.4 mld)



Research articles

The Archean origin of oxygenic photosynthesis and extant cyanobacterial lineages

G. P. Fournier , K. R. Moore, L. T. Rangel, J. G. Payette, L. Momper and T. Bosak

Published: 29 September 2021 | <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0675>

RESEARCH ARTICLE | EARTH, ATMOSPHERIC, AND PLANETARY SCIENCES | 



The Great Oxidation Event preceded a Paleoproterozoic “snowball Earth”

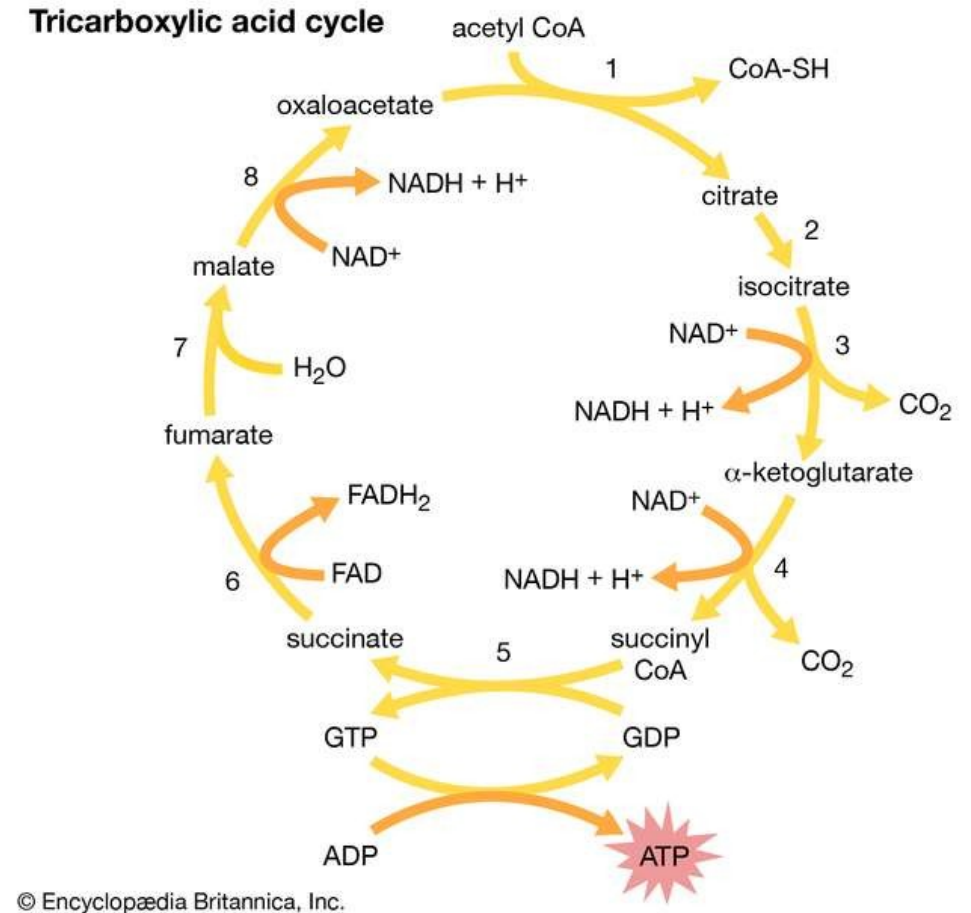
Matthew R. Warke , Tommaso Di Rocco, Aubrey L. Zerkle , , and Mark W. Claire  [Authors Info & Affiliations](#)

Edited by Mark Thieme, University of California San Diego, La Jolla, CA, and approved April 28, 2020 (received for review February 18, 2020)

June 1, 2020 | 117 (24) 13314-13320 | <https://doi.org/10.1073/pnas.2003090117>

Různé typy metabolismů v průběhu evoluce

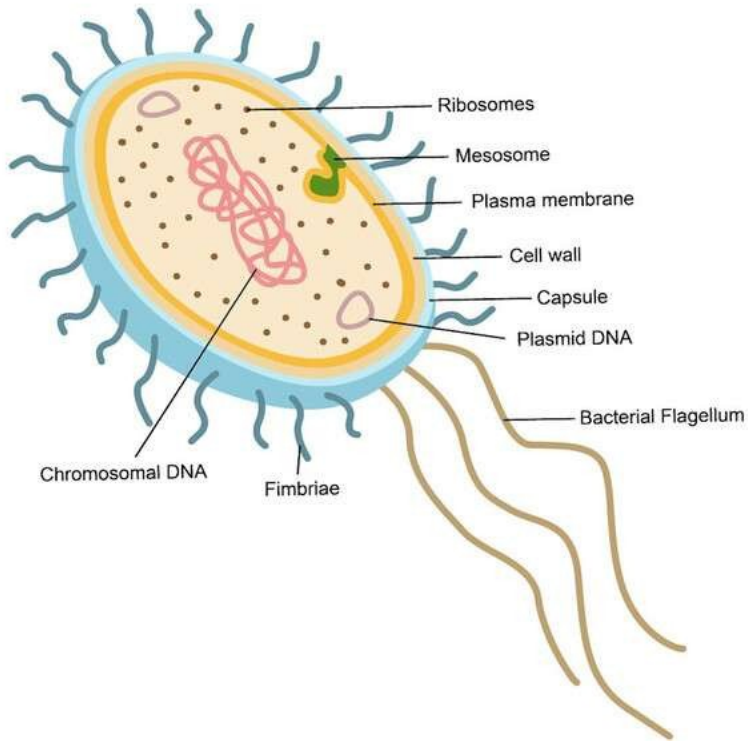
- Aerobní respirace (dýchání) – spotřebovává O_2 , vznik ATP
- **Citrátový cyklus (Krebsův cyklus):** Postupná dekarboxylace a oxidace kyseliny citronové
- Začátek jako dvě paralelní lineární reakce
- Hraje roli i v glukoneogenezi nebo lipogenezi
- Cytosol (Prokaryota), mitochondrie (Eukaryota)



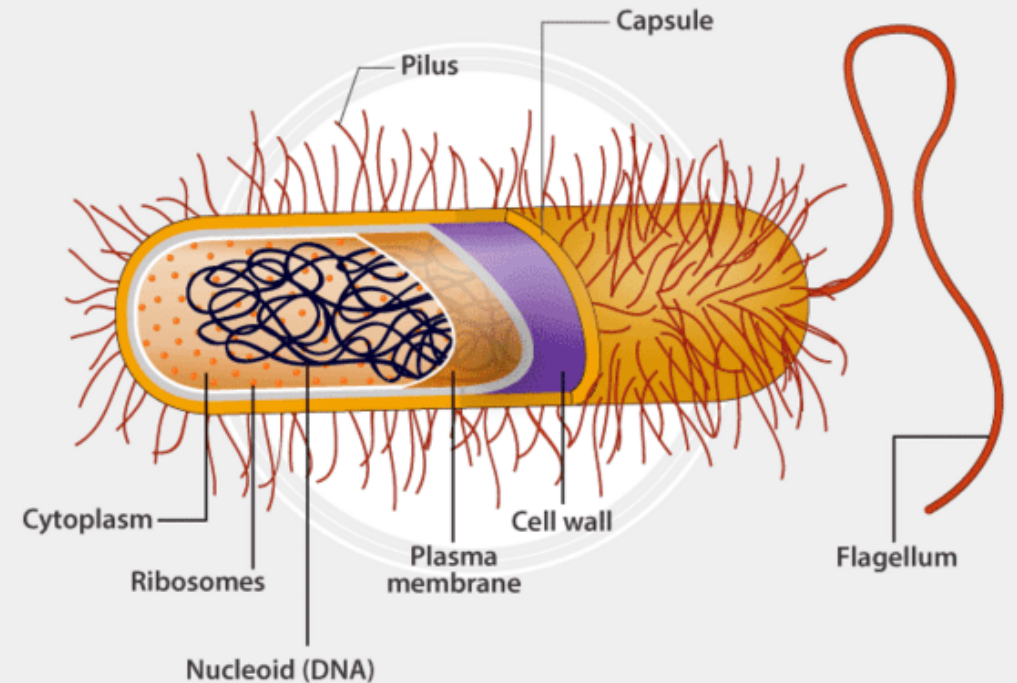
Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- Po většinu času nejsložitější **prokaryontní buňka**, pořád nejdominantnější, jednoduchý shluk DNA bez organel (výjimka: „mesozomy“, karboxyzomy a magnetozomy)

STRUCTURE OF A BACTERIAL CELL

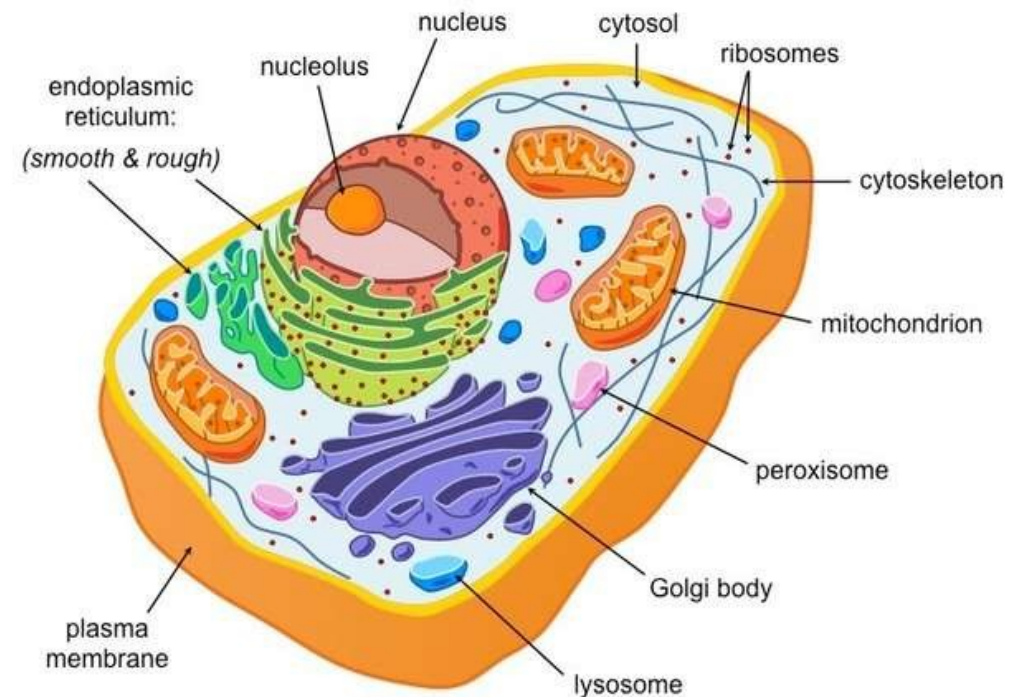
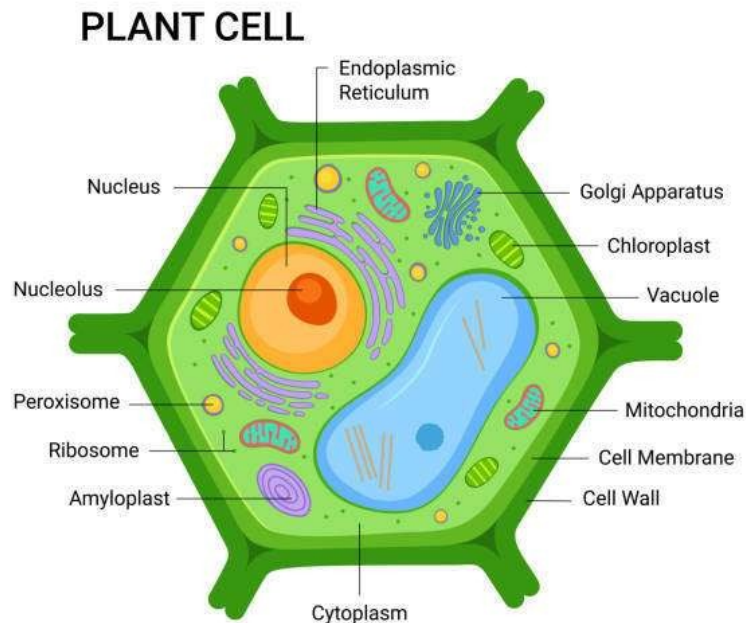


ARCHAEBACTERIA



Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- Vznik **eukaryotické buňky** – eukaryogeneze: 2.7 mld (sterany; Austrálie) – ale asi infiltrace látkami, posun na 2.2 mld
- Eukaryontní buňka: mohla být před oxygenací atmosféry, současné potřebují O₂
- DNA rozptýlená v cytoplasmě se začala shlukovat – jádro (dvojj. membr., chromatin, jadérko, ribozomy), organely

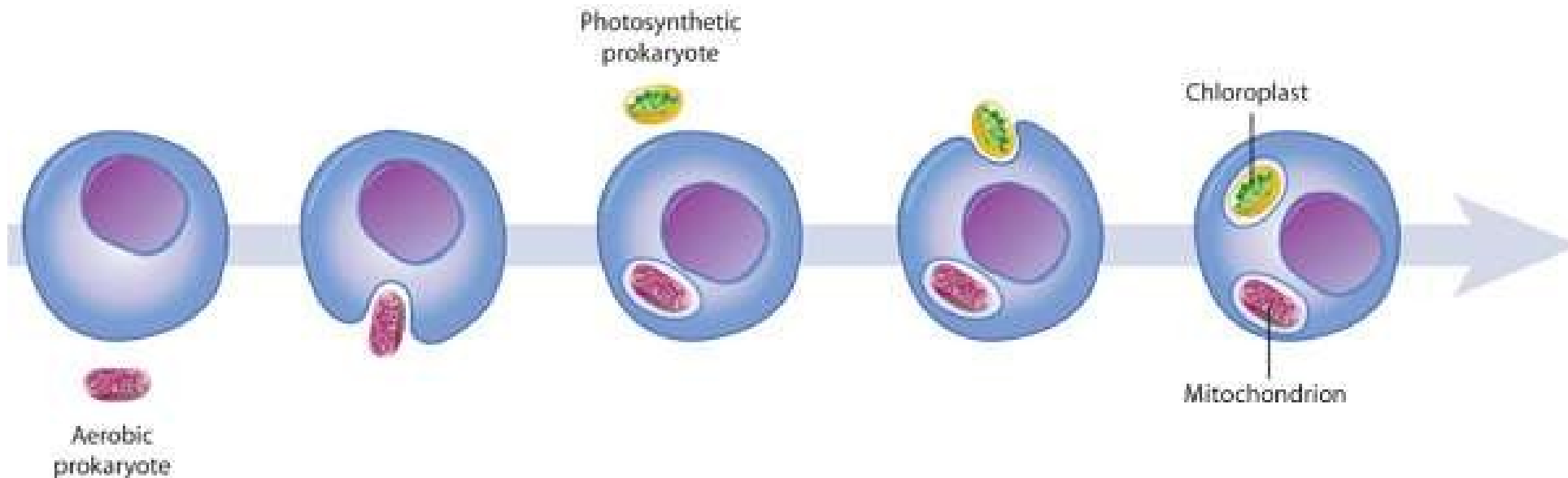


Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- **Prokaryotická buňka:** bakterie, Archea; haploidní, DNA neoddělená od cytoplazmy, prokaryotický typ ribozomů, bičík bakteriálního typu; buněčné dělení binární (generační doba 15–30 min)
- **Eukaryotická:** prvoci, živočichové, rostliny a houby; složitější struktura – větší velikost, **přítomnost organel (...)** a předpoklad pro mezibuněčnou spolupráci; mitotické a meiotické dělení. Mitoza – vegetativní dělení ve dvě; Meioza – redukční dělení (pohlavní buňky)
- **Rostlinná buňka:** celulozní buněčná stěna, odolnost plazmoptýze, vakuola – zásobní orgán
- **Živočišná buňka:** menší, jedno jádro (s výjimkami), lysozomy – k degradaci látek buňkou fagocytovaných

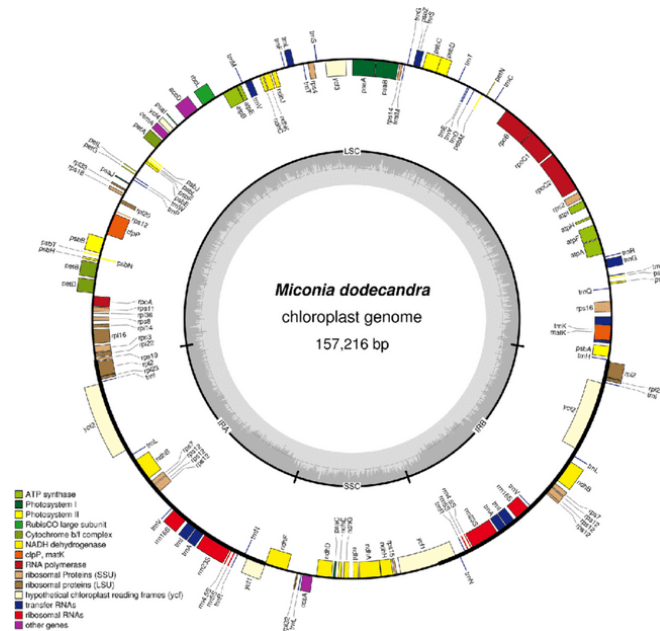
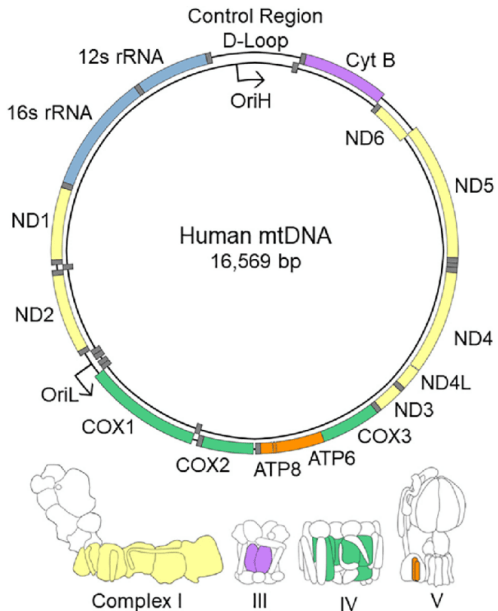
Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- **Lynn Margulis:** Fúze dvou a více typů buněk – endosymbióza
- Dělbba práce, po splynutí menší buňka uvolňování energie, větší buňka – pohyb – vzájemné posílení vyhlídek na přežití a rozmnožení
- Menší řízena částečně geny v jádře – zvýšení účinnosti – „opouzdrěný otrok“, „pomnožení a sezřání“ (Maynard Smith)
- Ale výhody: sexuální rozmnožování → rozvoj diverzity



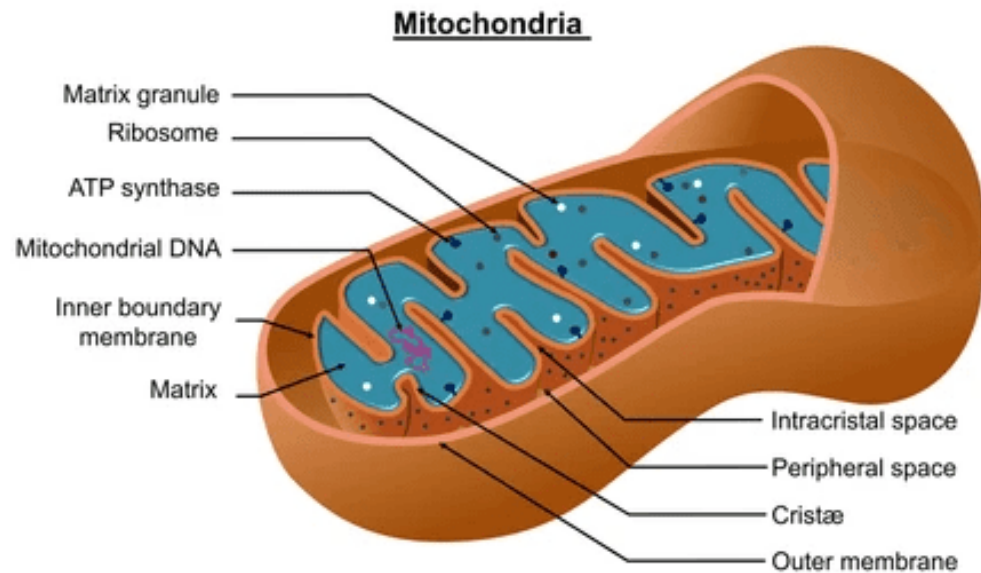
Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- **Semiautorní organely:** vlastní genetická informace – potomci bakterií (mitochondrie), sinic (plastidy), hostitelská buňka (Archea)
- Potvrzení endosymbiotické teorie: Pozorování nově vznikajících semiautonomních organel (*Paulinella chromatophora*) – cyanely
- Mitochondrie (živočichové i rostliny), plastidy (rostliny) – Odstraňování duplicitní DNA a přeskupení do jádra



Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- **Původ mitochondrie**
- Anaerobní vodík metabolizující buňka (Archea) pohltila buňku zpracující O_2 (Bacteria) za produkce energie – budoucí mitochondrie; Alternativní H: Mitochondrie původně endosymbionti metabolizující S a H – až později O_2
- Transformace chemické energie metabolitů (ATP) v energii přístupnou buňkám, oxidativní fosforylace, Krebsův cyklus



shutterstock.com · 1739932265



Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- **Původ plastidů:** ze sinic (pohlcením eukaryotem)
- Zelené rostliny, některé bakterie včetně sinic, ruduchy, obrněnky, skrytěnky, hnědé řasy, krásnoočka, zelené řasy
- Někteří živočichové: *Elysia chlorotica* (chlorofyl a sekvence genů od řas)



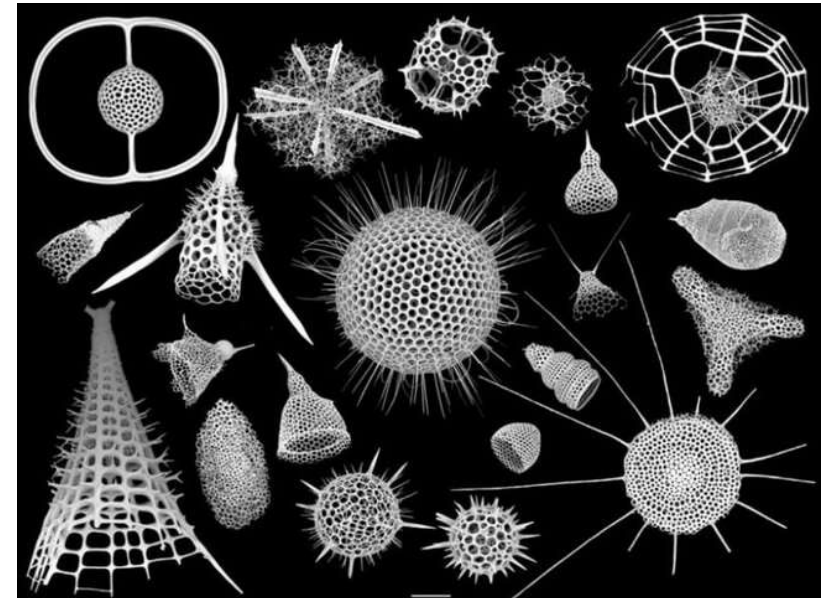
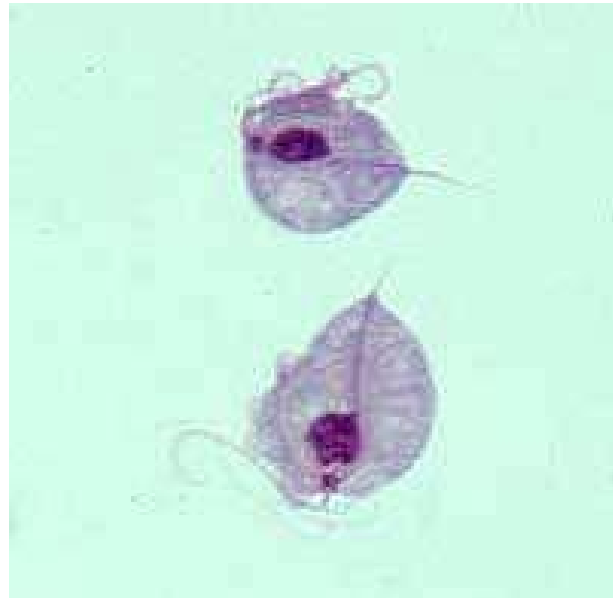
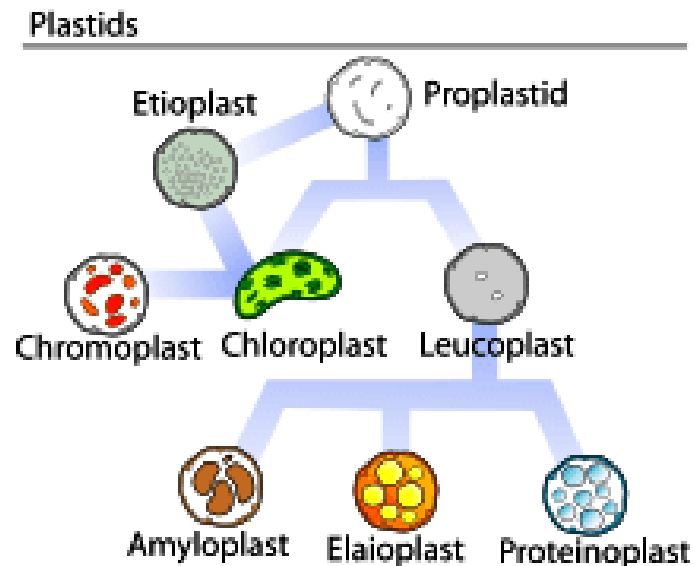
Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- **Nejstarší doklady plastidů (sterany)**
- Plastidy – 1.5 mld let (oxygenní fotosyntéza) – rozštěpení na chloroplasty (zelené řasy a rostliny), rhodoplasty (červené řasy), cyanely (prvoci)
- Řasa *Grypania* – 1.85 mld?



Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- **Modifikace mitochondrií:** u některých **hydrogenosomy** (H)
- **Modifikace plastidů:** (všechny obsahují thylakoidy): **chloroplasty** (fotosyntetický aparát), **proplastidy** (nedozrálé chloroplasty), **chromoplasty** (různá barva, ochranná funkce), **leukoplasty** – zásobní (škrob)
- Prim. endosymbioza (sinice) – 2 membrány, některé řasy sekundární endosymbioza (Rhizaria, Excavata) – 3–4 membrány, až 6 membrán



Jednobuněčné organismy na cestě k větší komplexitě

- Jádro (Matka/Otec), mitochondrie jen Matka
- **Vznikají nesoulady:** Při rozmnožování protichůdné zájmy
- U řady rostlin mitochondrie mají geny pro „potracení“ pylu, protiopatření – napravovací geny v jádře: větší tvorba pylu.



Wolbachia

Vol. 133, No. 3

The American Naturalist

March 1989

THE EVOLUTIONARY DYNAMICS OF CYTOPLASMIC MALE STERILITY

STEVEN A. FRANK

Department of Zoology, University of California, Berkeley, California 94720,
and Department of Ecology and Evolutionary Biology,
University of California, Irvine, California 92717