

Powstanie życia i dzieje informacji genetycznej

Oraz (bardzo) krótka historia życia.

Czym jest życie?

metabolizm

+

informacja (replikacja)

(A)biogeneza

- Ewolucja jest właściwością organizmów żywych
- Życie = ewolucja
- Powstanie życia z materii nieożywionej nie było zjawiskiem ewolucyjnym
 - trudności z wyjaśnieniem abiogenezy nie mogą być traktowane jako zarzut wobec teorii ewolucji
 - właściwe dziedziny:
 - fizyka (teoria złożoności, teoria samoorganizacji, termodynamika)
 - chemia
 - planetologia

Czas i scena

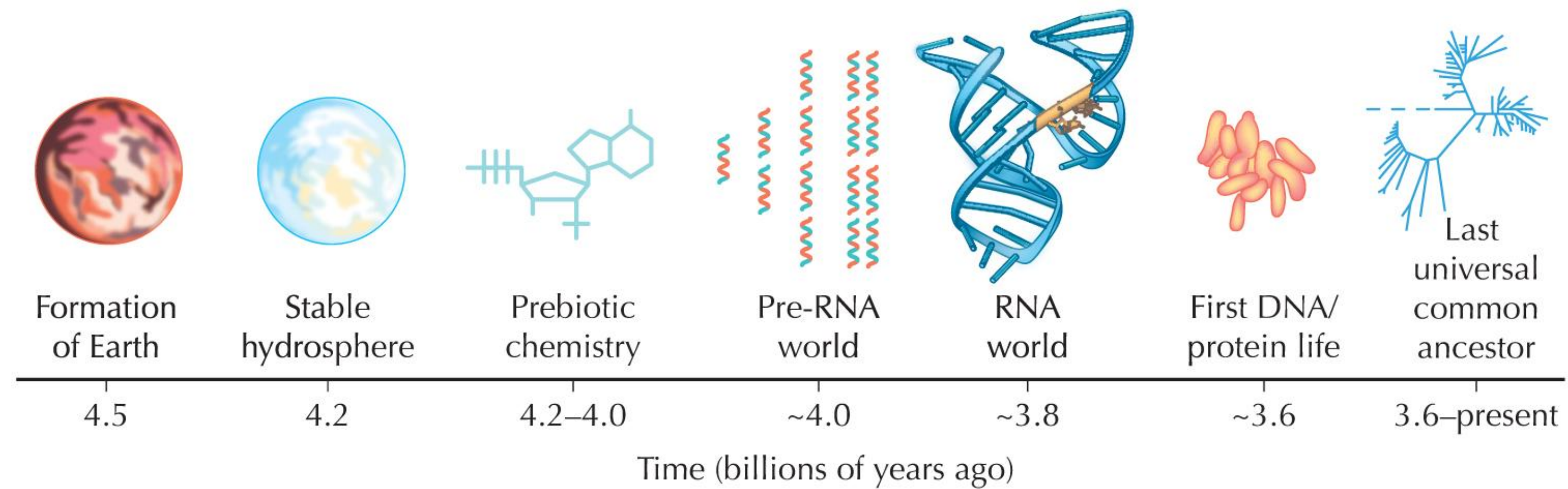


FIGURE 4.4. Steps in the origin of life.

4.4, modified from Joyce G.F., *Nature* **418**: 214–221, © 2002 Macmillan, www.nature.com

Evolution © 2007 Cold Spring Harbor Laboratory Press

Istnieją też koncepcje umieszczające część z tych etapów poza Ziemią

Pierwsze ślady życia

Współczesne stromatolity



czert Strelley Pool, Australia – wiek 3,4 mld lat,
(Brasier et al. 2006)

Pilbara Craton - wiek 3,5 mld lat
(Van Kranendonk et al. 2008)



skamieniałe maty mikroorganizmów - stromatolity

Skamieniałości ze Strelley Pool



A close-up, cross-section view of the interior of a domical stromatolite. The black layers are the "cooked" organic remains of Early Archean microbial mats.
Credit: Abigail Allwood

Najstarsze ślady życia

- Odkryte w 2016 r. w skałach z Grenlandii
- Możliwe ślady stromatolitów
- Wiek: 3,7 miliarda lat

Geology: Evidence of life in Earth's oldest rocks

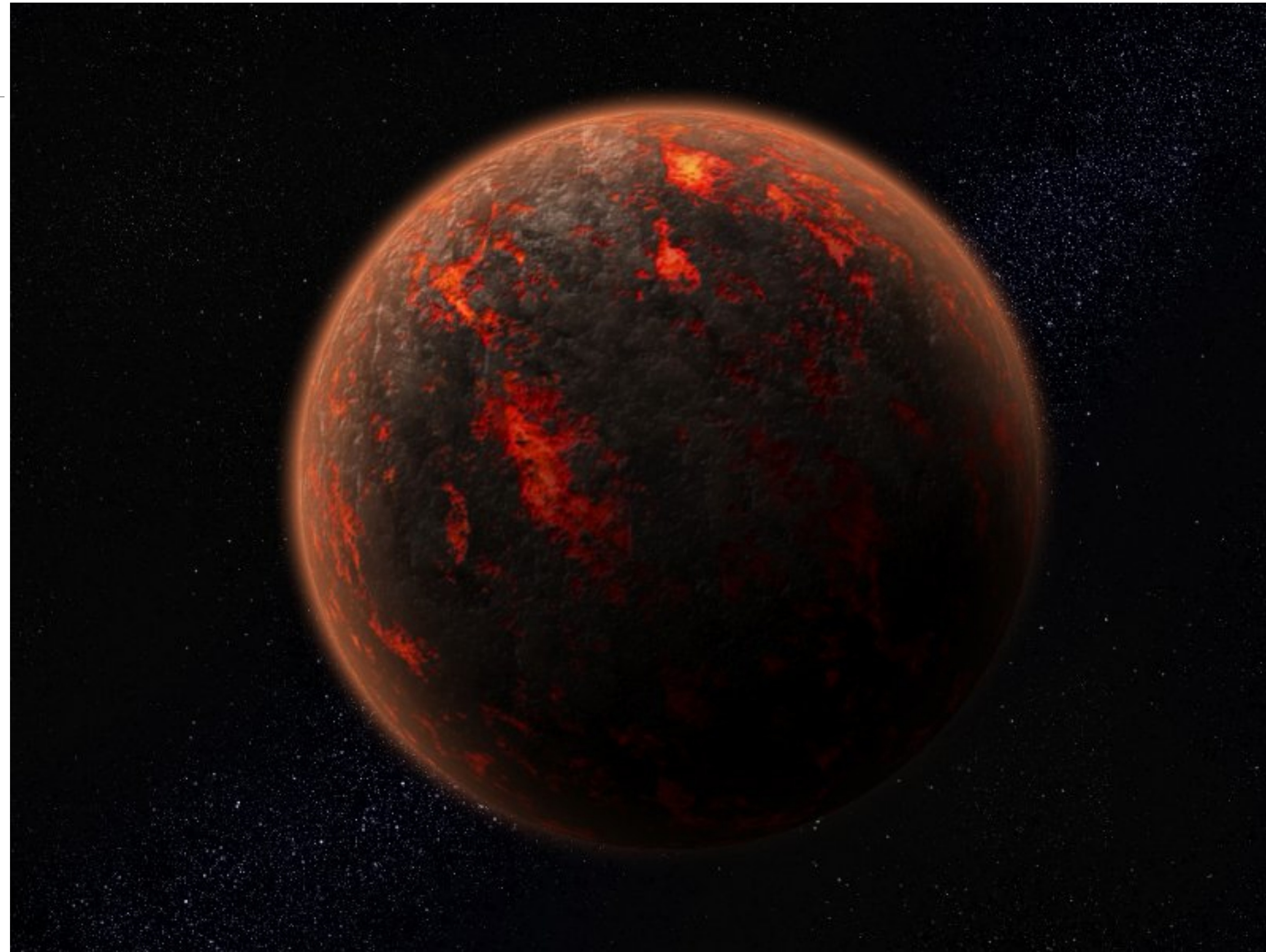
Abigail C. Allwood

Nature **537**, 500–501 (22 September 2016) | doi:10.1038/nature19429



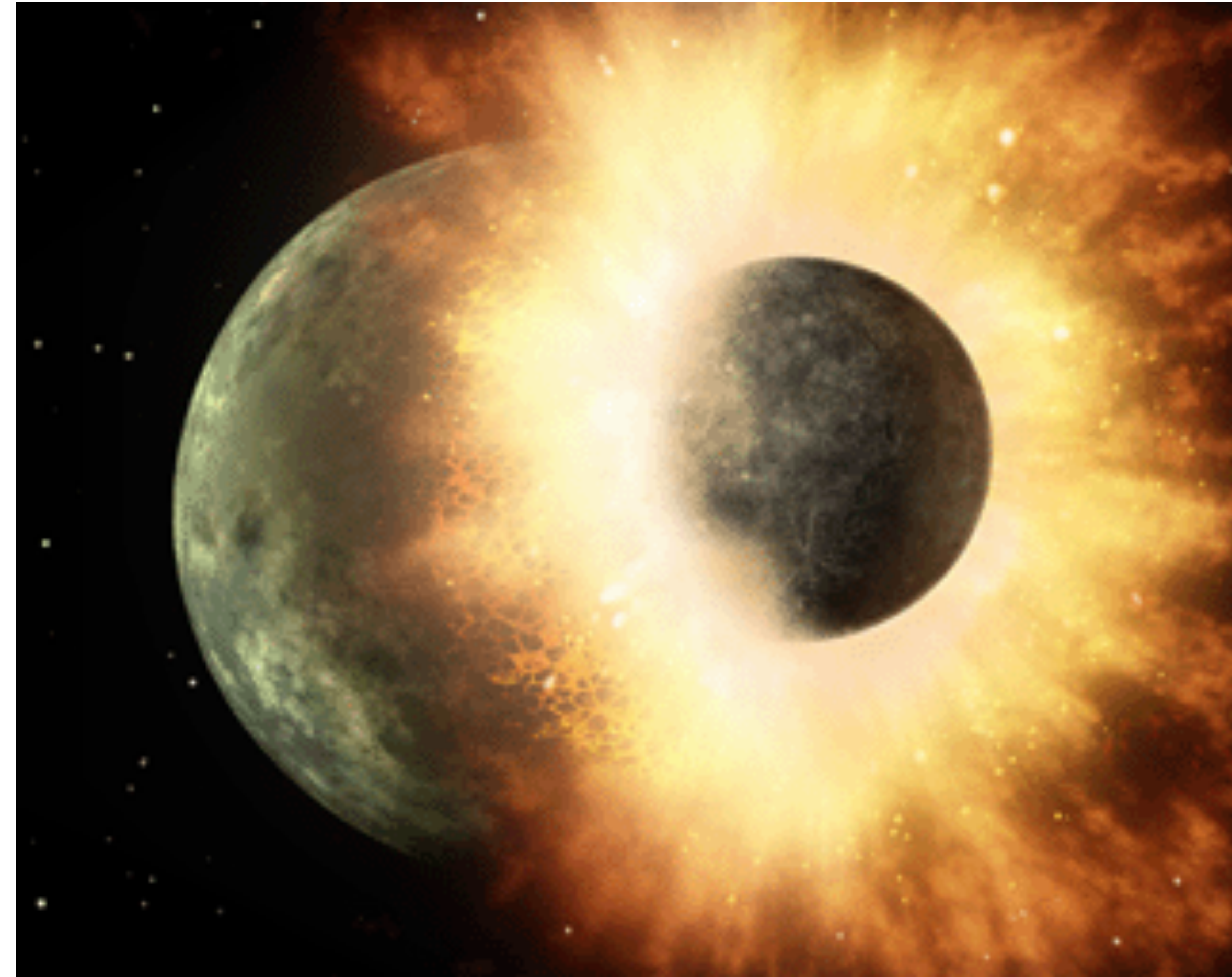
Początki Ziemi

- 4,5 miliarda lat temu, ok milion lat po utworzeniu Układu Słonecznego
- brak atmosfery, powierzchnia – płynna skała
- bombardowanie meteorytami



Początki Ziemi

- Zderzenie Ziemi z inną planetą (Theia) doprowadziło do:
- powstania Księżyca
- nachylenia osi obrotu Ziemi
- zainicjowania cyrkulacji magmy pod skorupą (astenosfera)
- początek zjawisk wulkanicznych, tektonika płyt



Początki atmosfery

- Ostudzenie powierzchni Ziemi
- Emisja gazów w wyniku działalności wulkanicznej



skład gazów wulkanicznych:

H ₂ O	95%
CO ₂	1-2%
SO ₂	1,5-2,5%
H ₂ S	0,01-0,1%
HCl	0,005%

+ obecny wcześniej azot

brak tlenu!

Pierwotna atmosfera

- Po ochłodzeniu powierzchni woda przeszła do fazy ciekłej
- Część CO₂ osadziła się w minerałach
- Związki węgla, siarki, fosforu rozpuszczają się w wodzie
- Atmosfera beztlenowa, bogata w azot, dwutlenek węgla, związki siarki

Eksperymnt Millera - Ureya

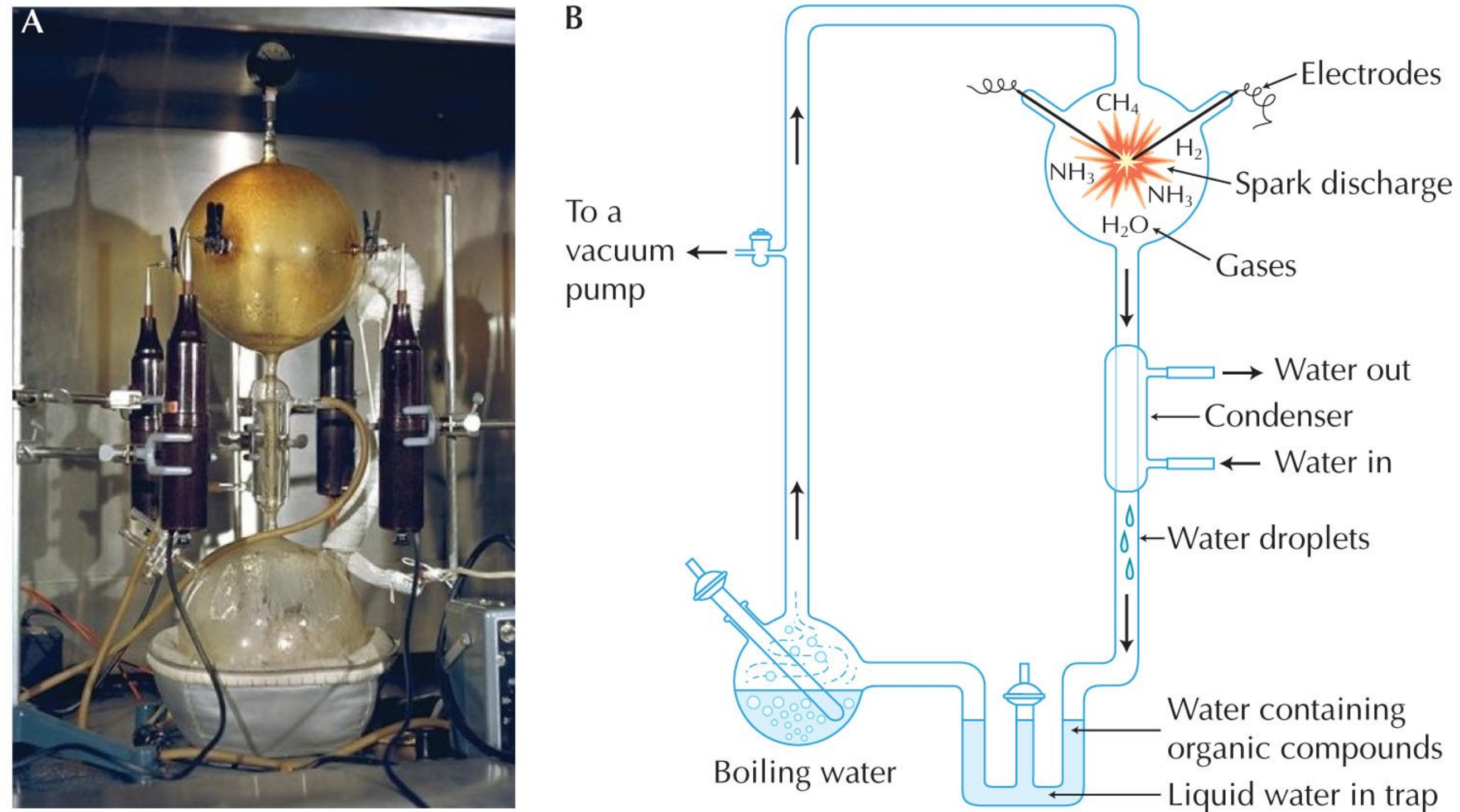
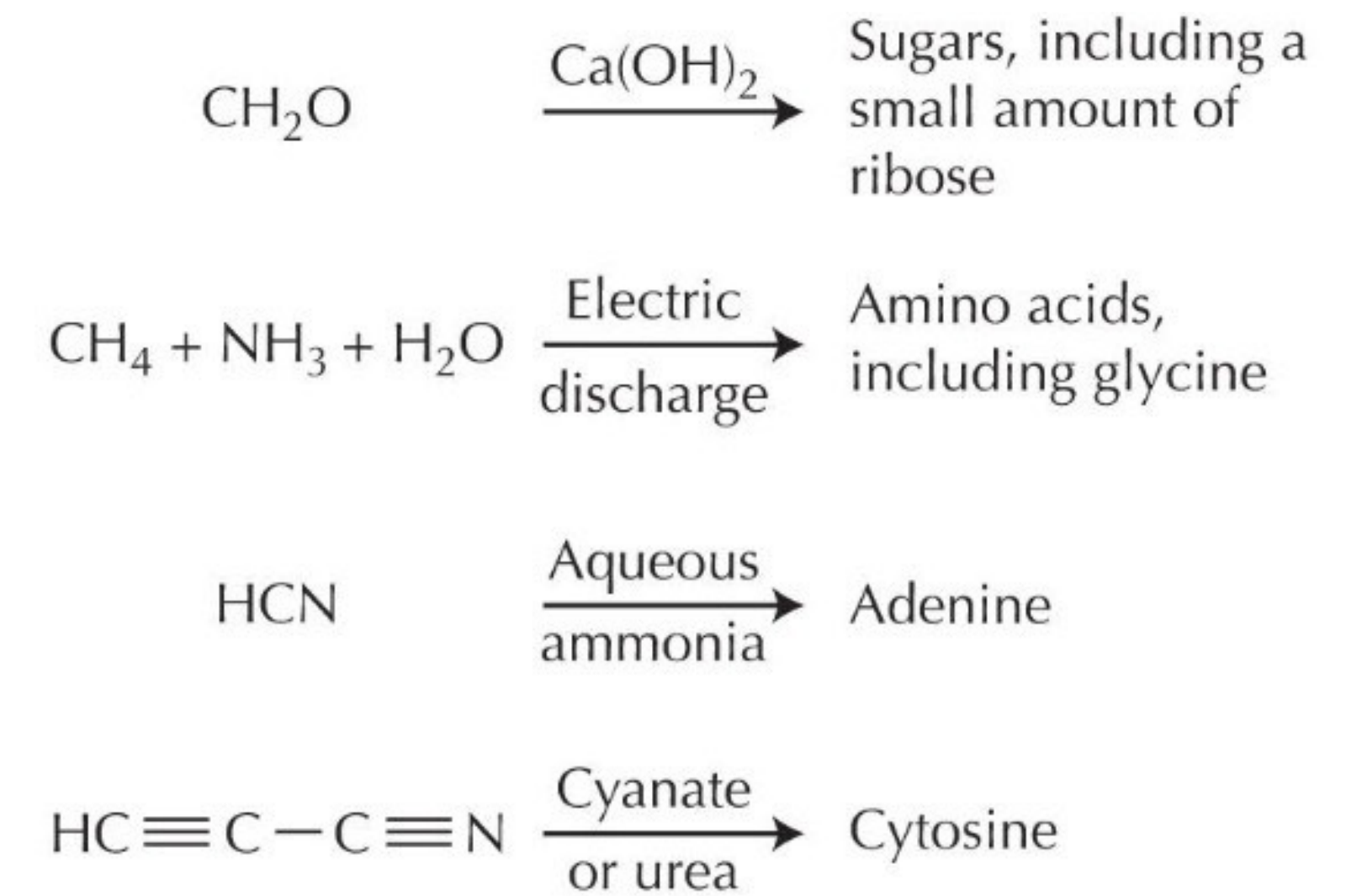


FIGURE 4.6. The apparatus used in the Miller–Urey experiments. (A) Recreation of the original apparatus. (B) Diagram of the apparatus.

4.6A, photo courtesy of NASA

Evolution © 2007 Cold Spring Harbor Laboratory Press

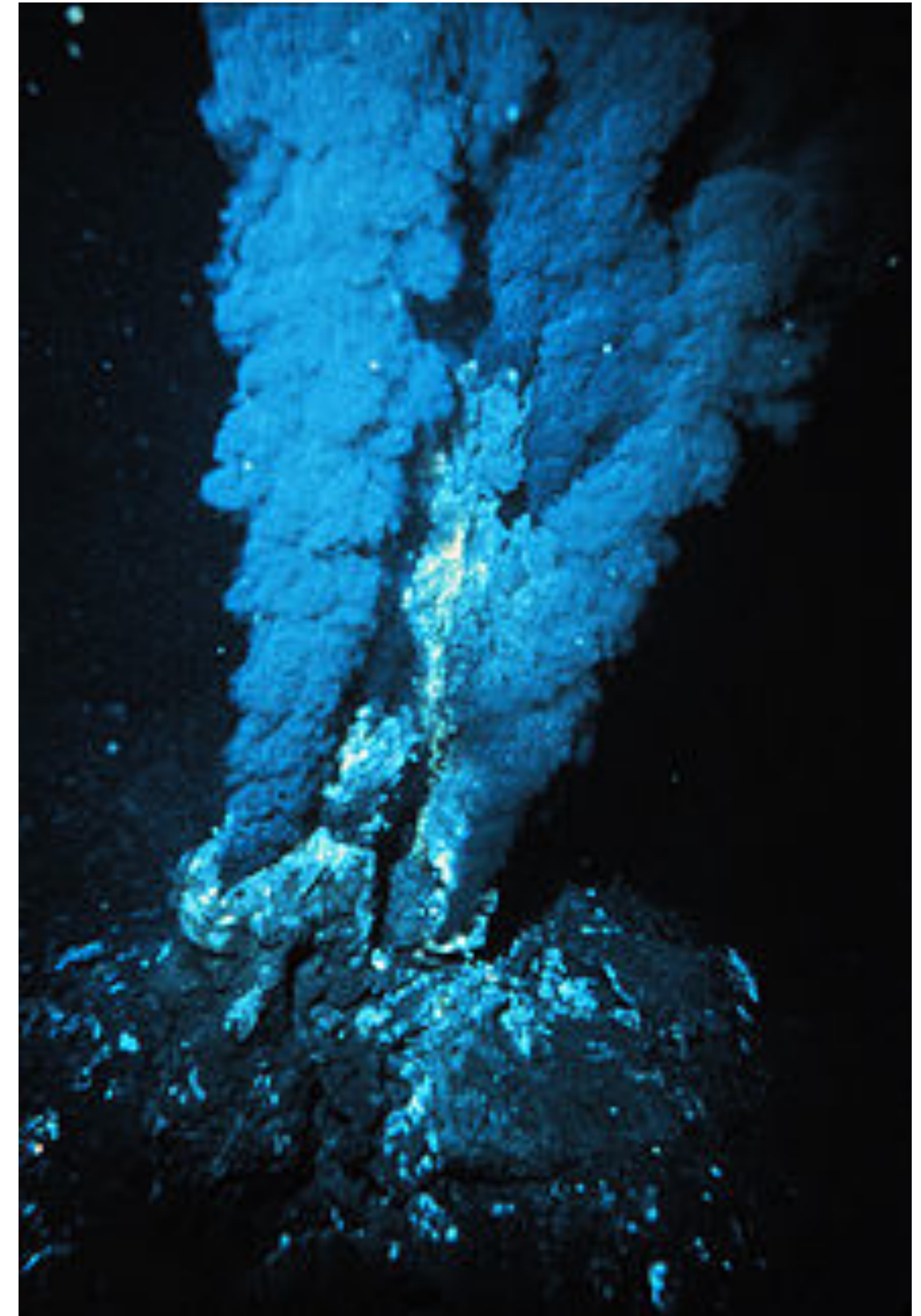


4.8, redrawn from Orgel L.E., *Trends Biochem. Sci.* **23**: 491–495, © 1998 Elsevier

Evolution © 2007 Cold Spring Harbor Laboratory Press

Chemia prebiotyczna

- “ciepły bulion”
- kominy hydrotermalne
 - Günter Wächtershäuser – świat żelazowo-siarczkowy
- Minerale (iły) jako pierwotne replikatory
 - Alexander G. Cairns-Smith – “genetic takeover”



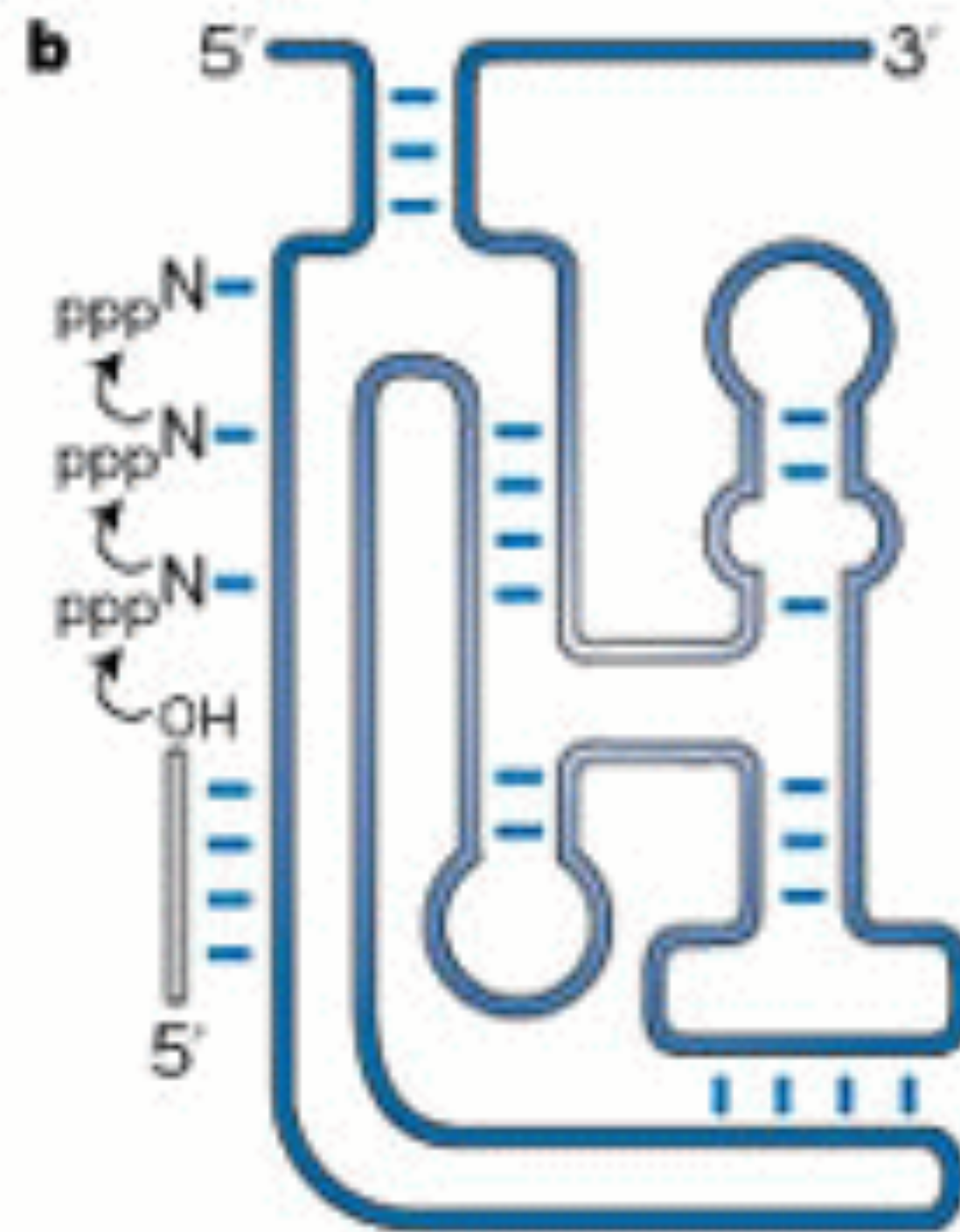
Co było najpierw?

- Metabolizm (Oparin, Dyson)
 - Zależny od informacji genetycznej (kodowane w DNA enzymy)
- Replikacja (Eigen)
 - Zależna od metabolizmu (enzymy replikują i wyrażają DNA)

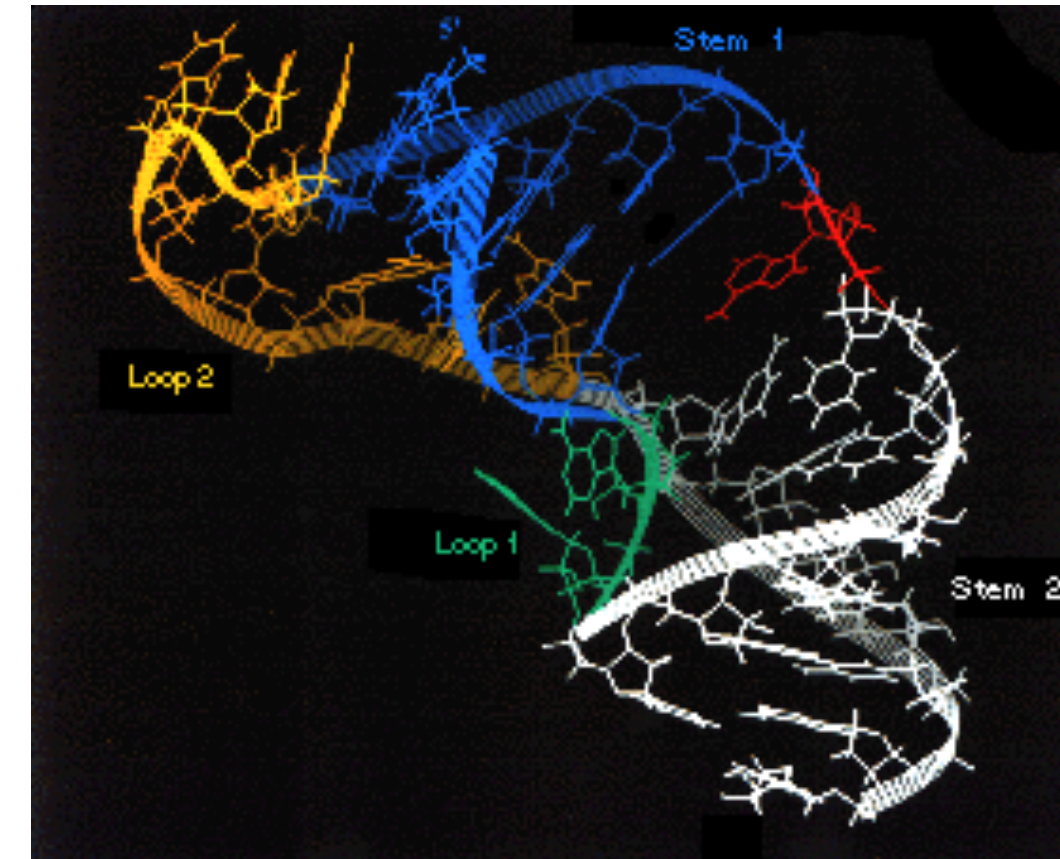
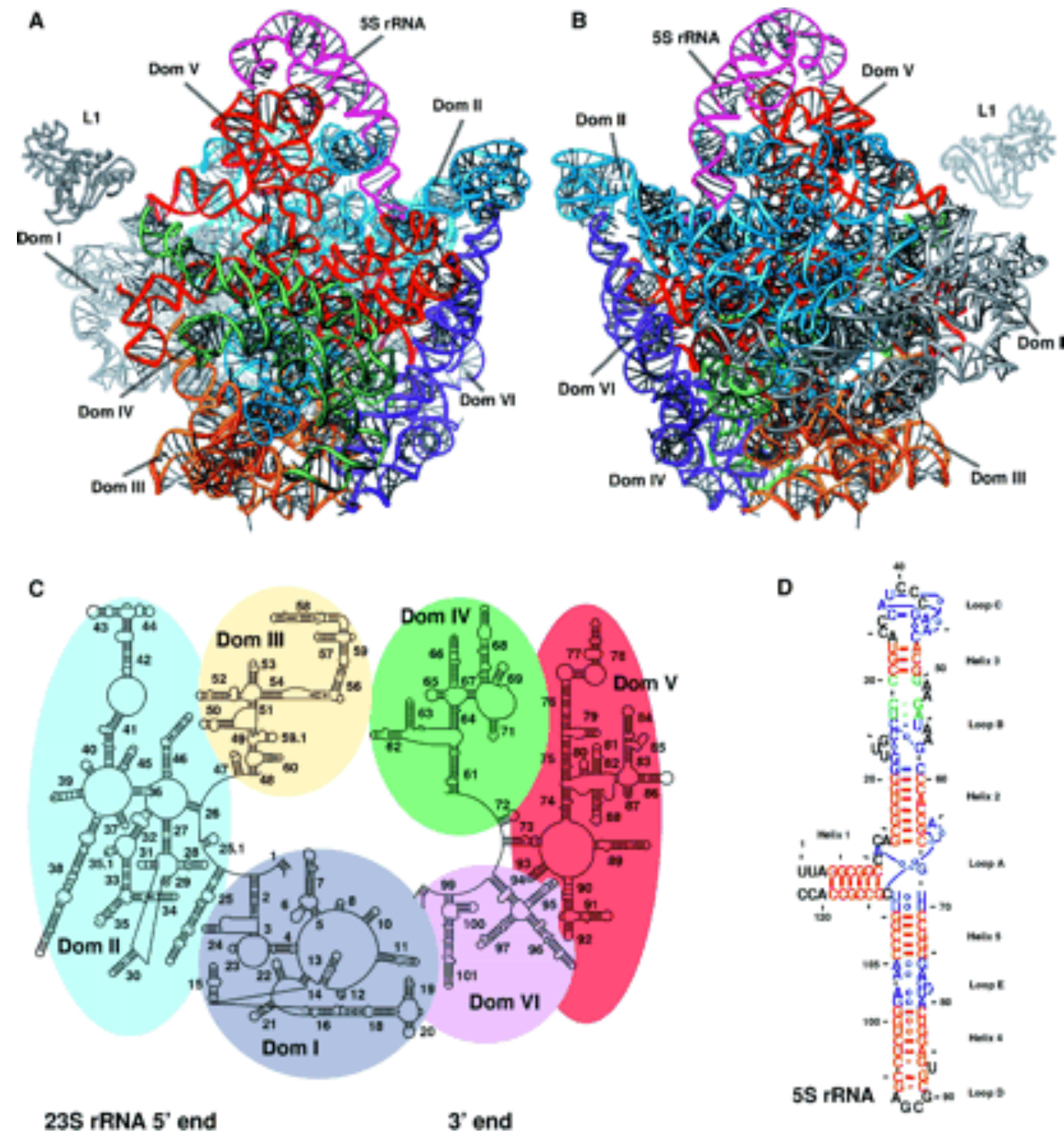


Świat RNA: metabolizm + replikacja

RNA może wykazywać aktywność enzymatyczną (metabolizm)

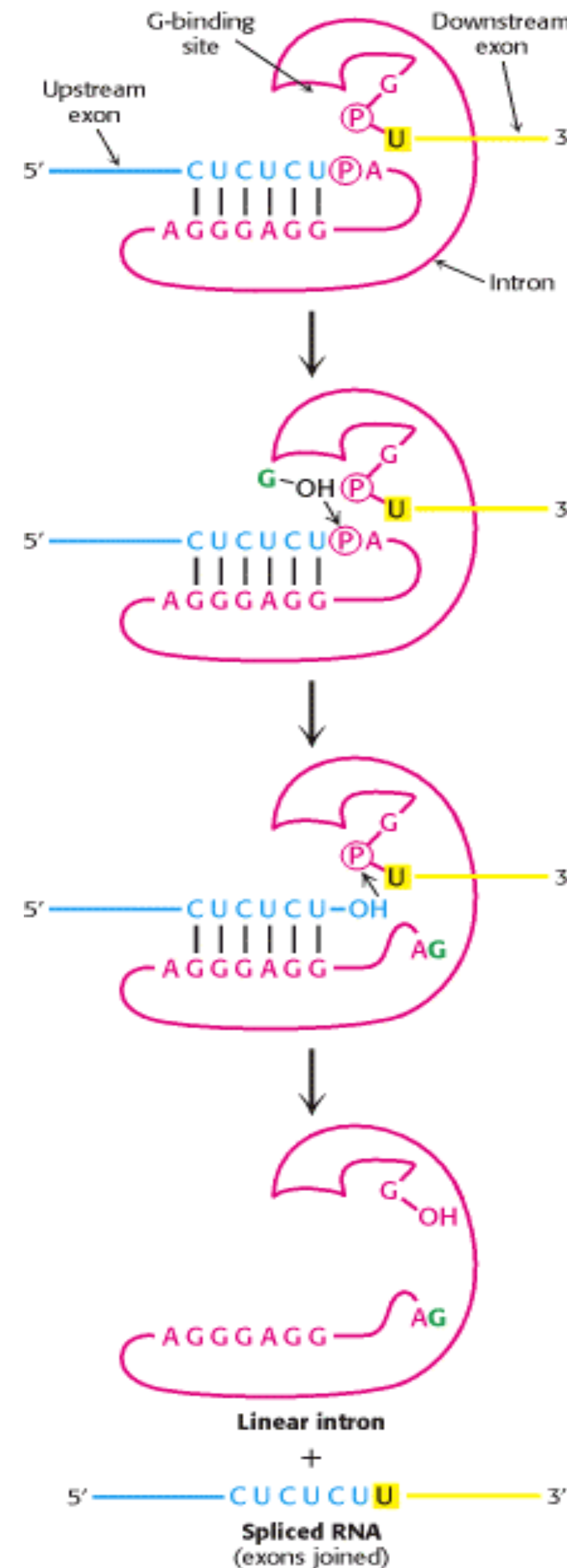


RNA może tworzyć różne struktury



RNA katalityczne

- Thomas Cech (1982) – intron w *Tetrahymena* sam się wycina
- Sidney Altman (1983) – RNaza P (enzym tnący prekursor tRNA) składa się z białka i RNA, to RNA jest katalizatorem



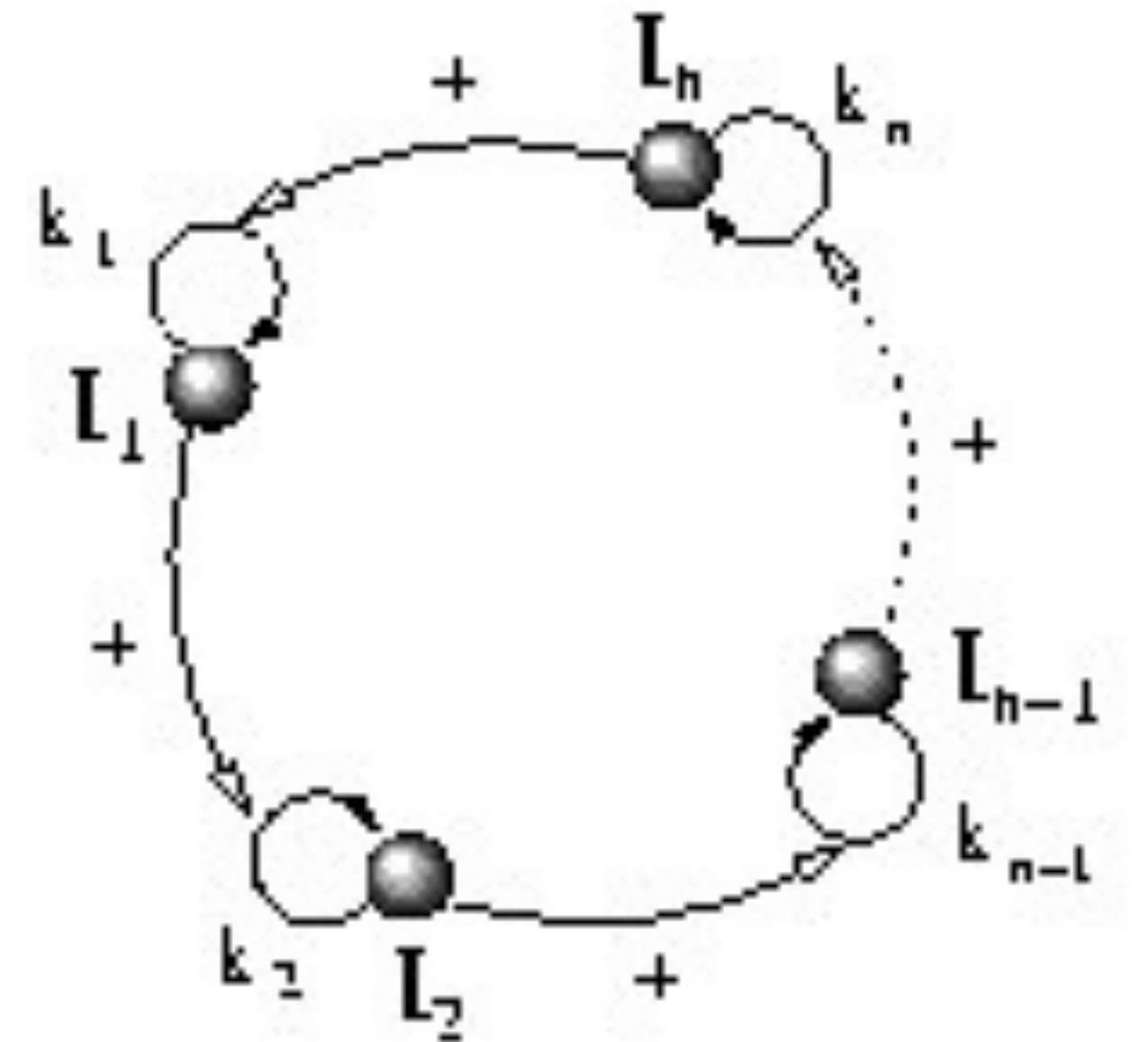
Nagroda Nobla 1989

Świat RNA

- RNA pełniące rolę metaboliczną (enzymy) i informacyjną (matryca)
- Początki oddziaływań RNA-aminokwasy – początki kodu genetycznego

Problemy świata RNA

- Ograniczona zdolność magazynowania informacji w pojedynczym replikatorze (ilość informacji możliwej do zakodowania jest odwrotnie proporcjonalna do częstości błędów replikacji – **granica Eigena**)
 - Rozwiązanie – sieci współdziałających replikatorów (hipercykle)



- „Samolubne RNA” w sieci replikatorów
 - rozwiązanie – wydzielenie hipercyklu błoną i specjalizacja

ARTICLE

doi:10.1038/nature11549

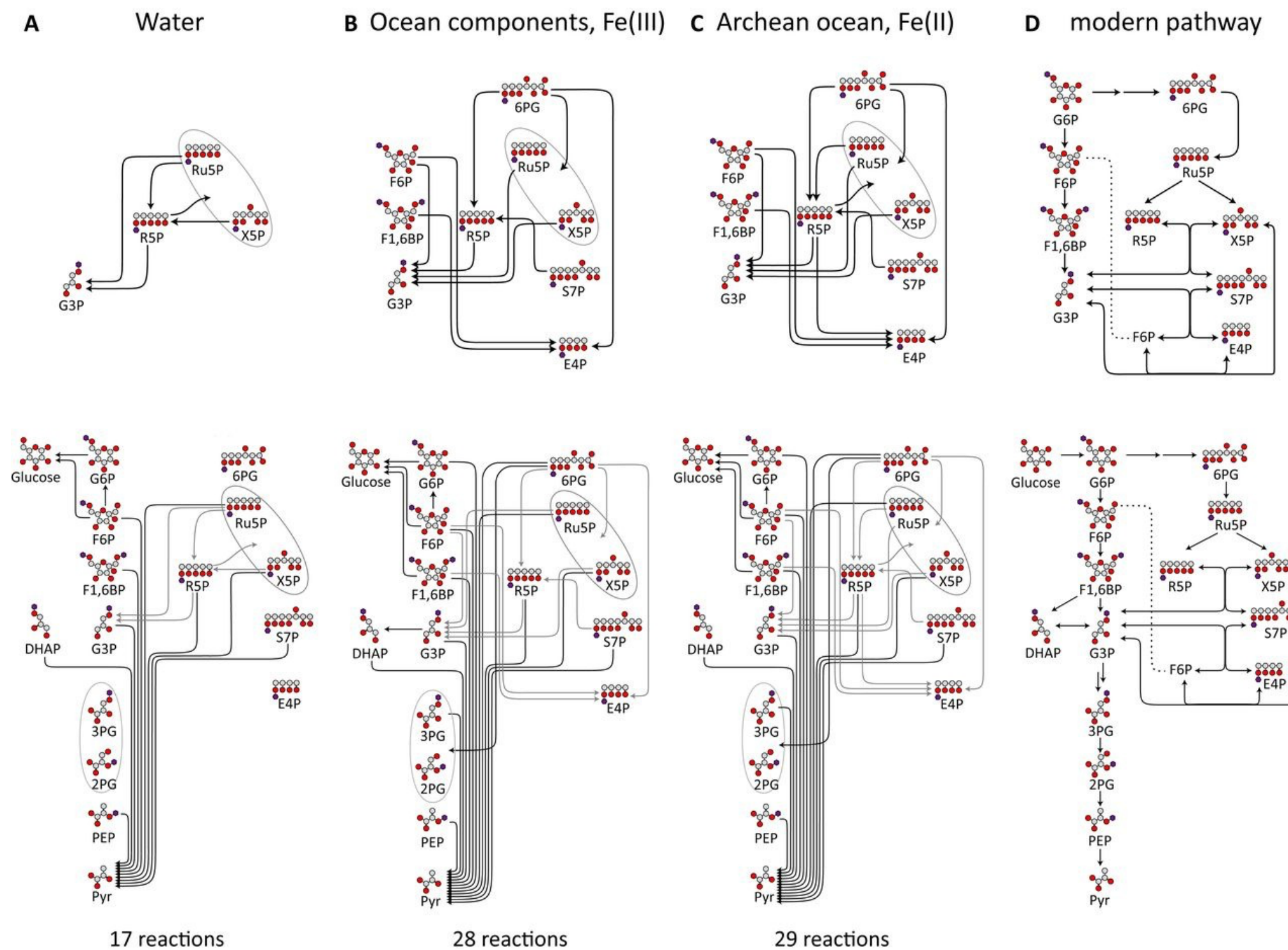
Spontaneous network formation among cooperative RNA replicators

Nilesh Vaidya¹, Michael L. Manapat², Irene A. Chen^{3†}, Ramon Xulvi-Brunet³, Eric J. Hayden⁴ & Niles Lehman¹

Samoorganizujące się sieci rybozymów (2012)

Prebiotyczna biochemia?

Cząsteczki niezbędne do syntezy RNA mogły powstać w pierwotnych sieciach metabolicznych



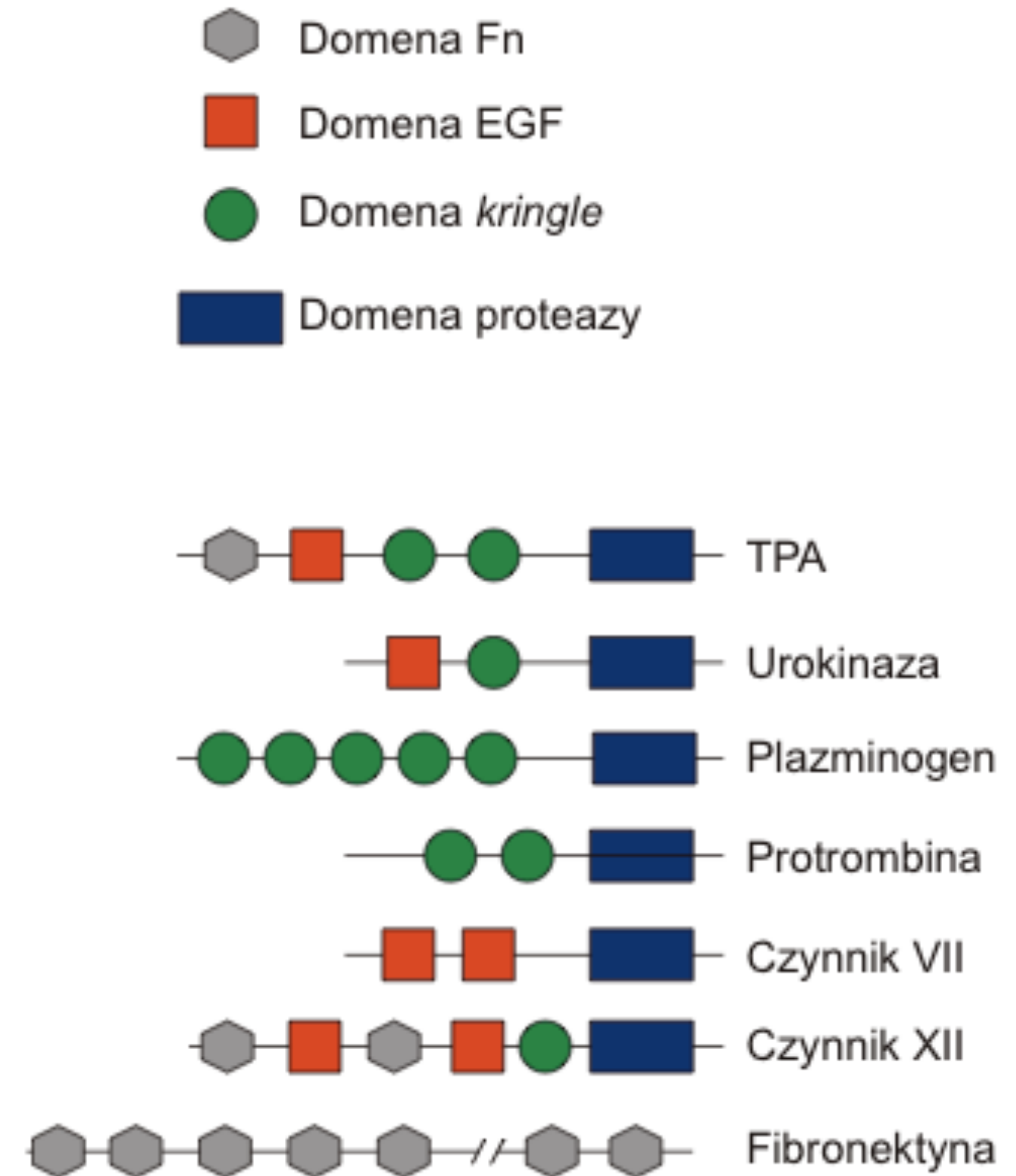
Non-enzymatic glycolysis and pentose phosphate pathway-like reactions in a plausible Archean ocean

Markus A Keller, Alexandra V Turchyn, Markus Ralser

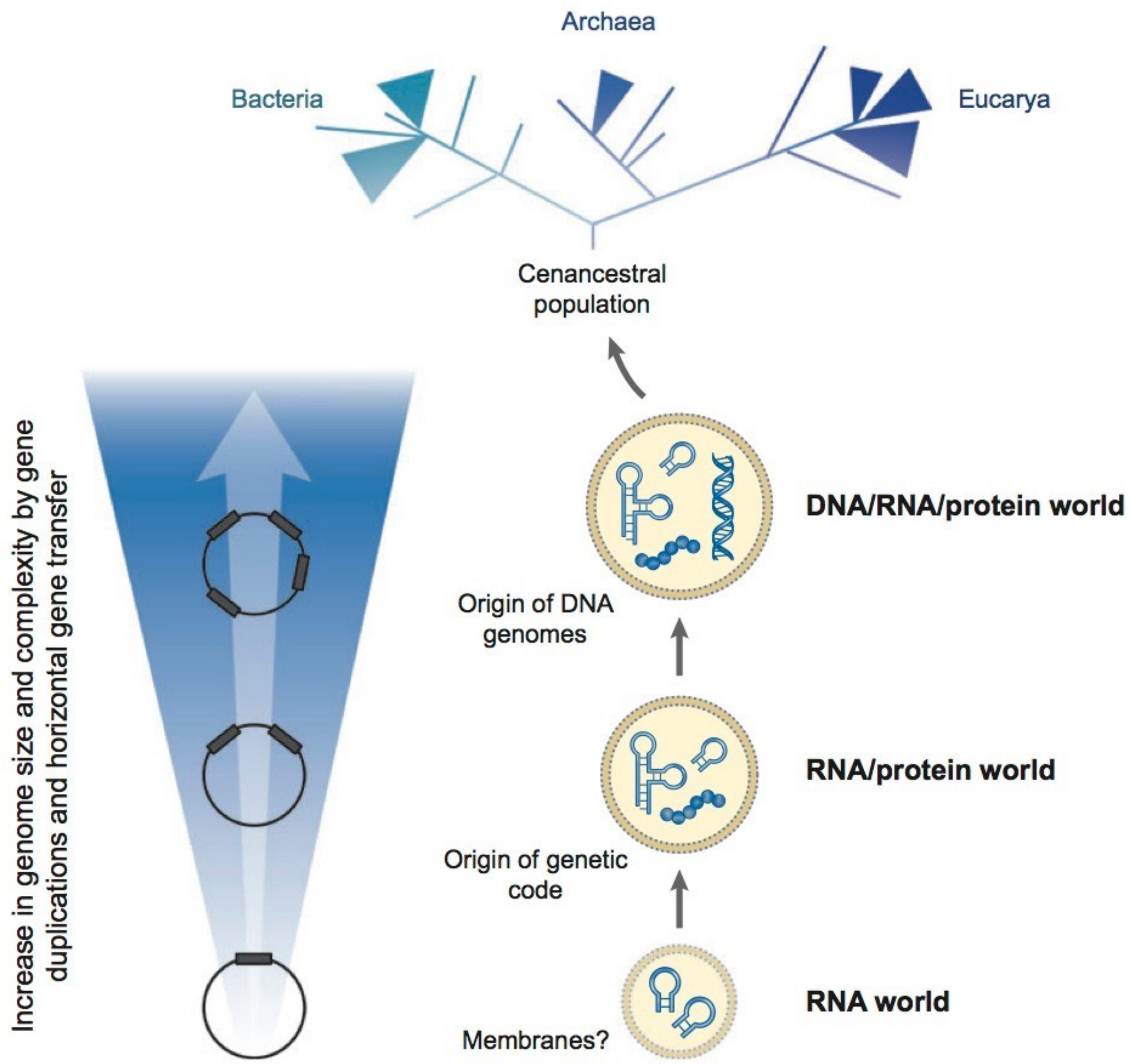
DOI: 10.1002/msb.20145228 | Published 25.04.2014

Ewolucja białek

- Pierwsze peptydy były bardzo krótkie
- Do dzisiaj w białkach ślady budowy z powtarzających się krótkich motywów



Świat RNA -> świat RNA i białek -> świat DNA, RNA i białek



Podsumowanie

- Nie znamy dokładnego scenariusza powstania życia
 - niektóre etapy można odtworzyć, ale nie wszystkie (skala czasu i przestrzeni)
 - istnieją wiarygodne hipotezy tłumaczące możliwe drogi poszczególnych etapów
- wyraźny postęp badań

Hipotezy alternatywne

- Przesunięcie niektórych etapów prehistorii życia poza Ziemię
 - kosmiczne pochodzenie prostych cząsteczek organicznych
 - kosmiczne pochodzenie życia - panspermia

Panspermia

- Pierwsze cząsteczki biologiczne, a nawet organizmy nie powstały na Ziemi
 - Cząsteczki organiczne, aminokwasy w materiale kosmicznym
 - Problem ustalenia warunków początkowych
 - Jeżeli nie wiemy, gdzie powstawało życie, nie mamy możliwości formułowania hipotez
- “Panspermia ukierunowana” – życie celowo “zasiane” na Ziemi przez inną cywilizację (Orgel & Crick, 1973)



Cząsteczki organiczne z kosmosu

- Meteoryt z Murchinson
 - liczne związki organiczne, w tym aminokwasy
- Komety (potwierdzona obecność związków organicznych)
- Dzięki temu wiemy, że związki chemiczne niezbędne do powstawania życia były obecne u początków Układu Słonecznego i nie wymagają życia do powstawania

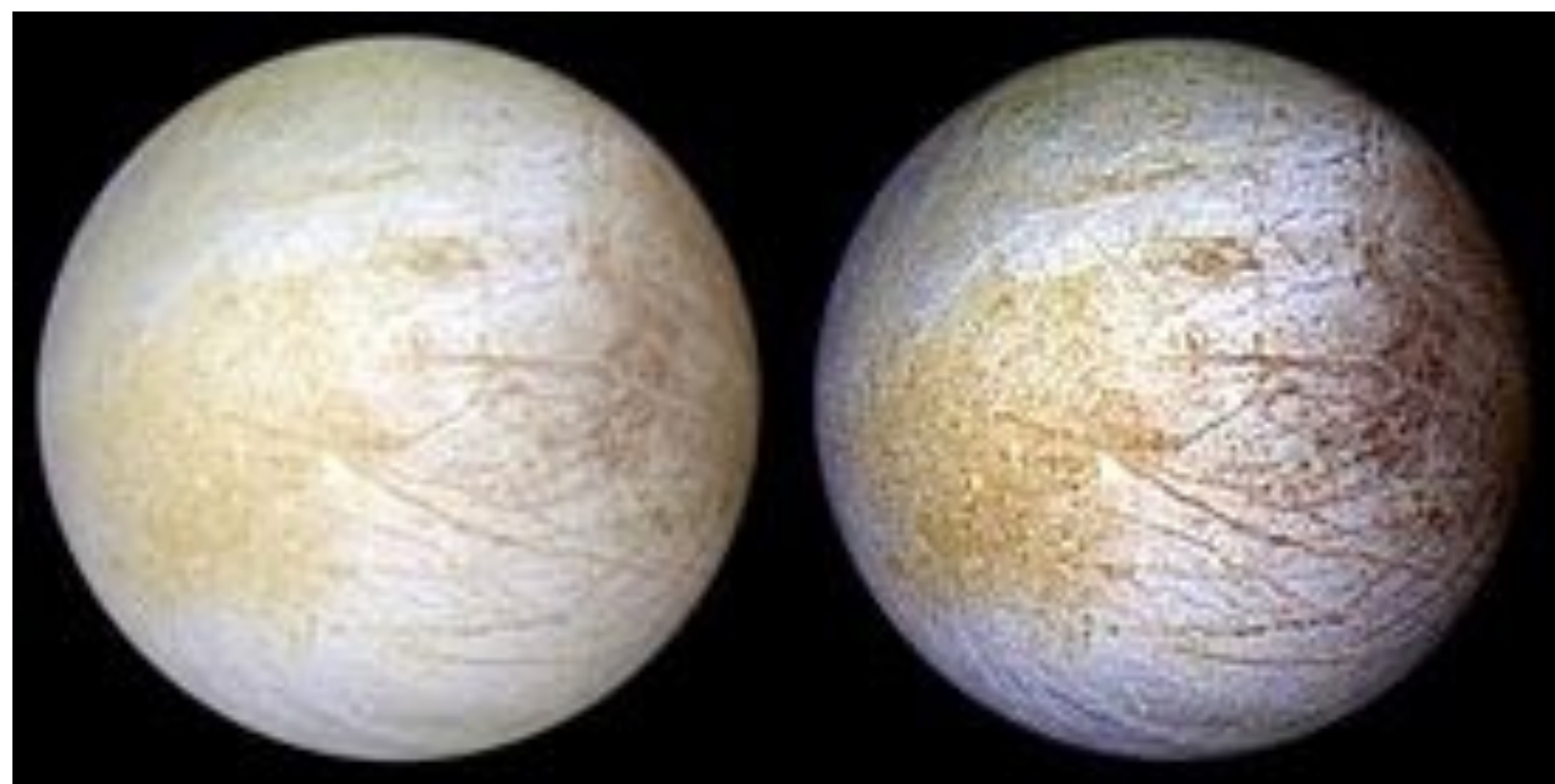


Figure 17-9 Evolutionary Analysis, 4/e
© 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.

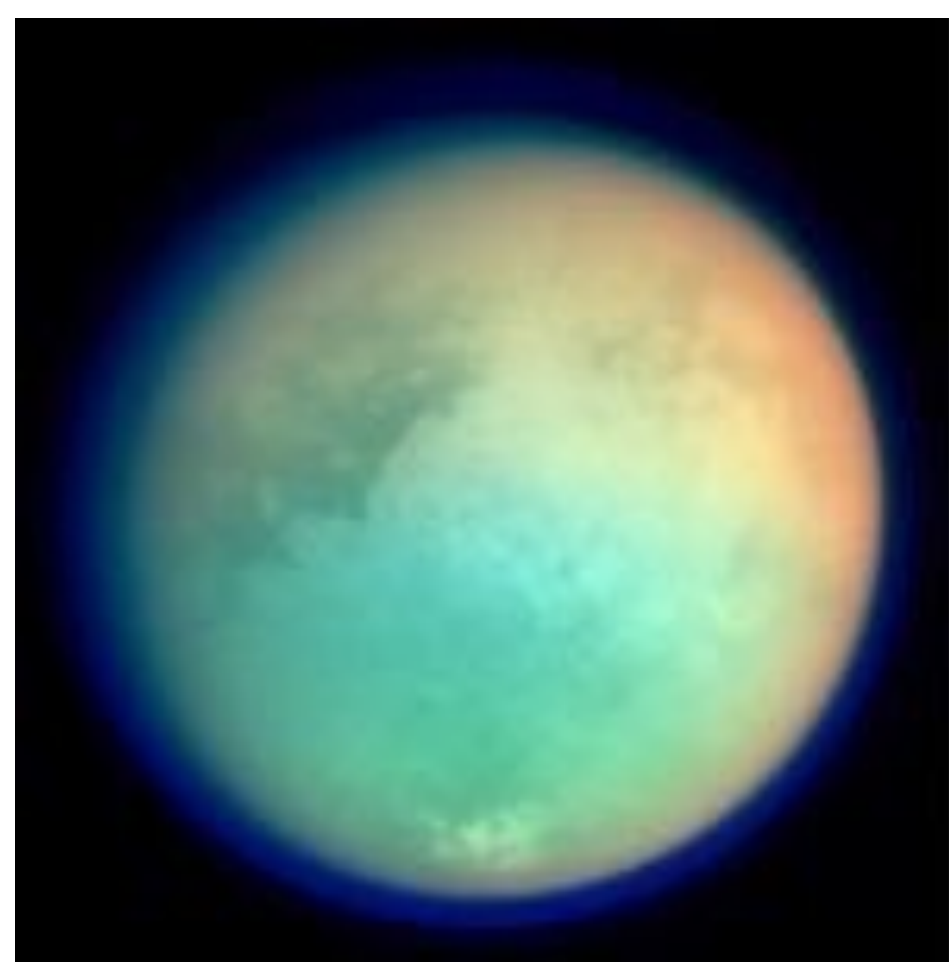
Astrobiologia

- Aby szukać życia poza Ziemią należy zrozumieć, jak powstawało na Ziemi

Astrobiologia - możliwe miejsca w Układzie Słonecznym



Europa (księżyc Jowisza), © Wikimedia



Tytan (księżyc Saturna), © Wikimedia, New Scientist

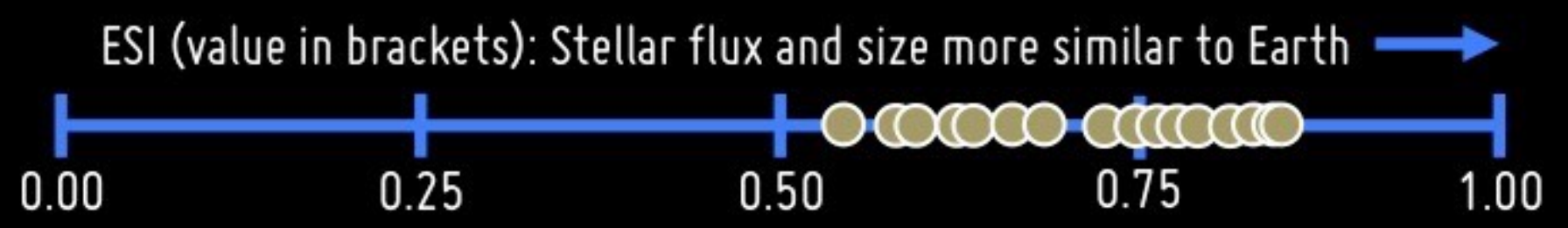
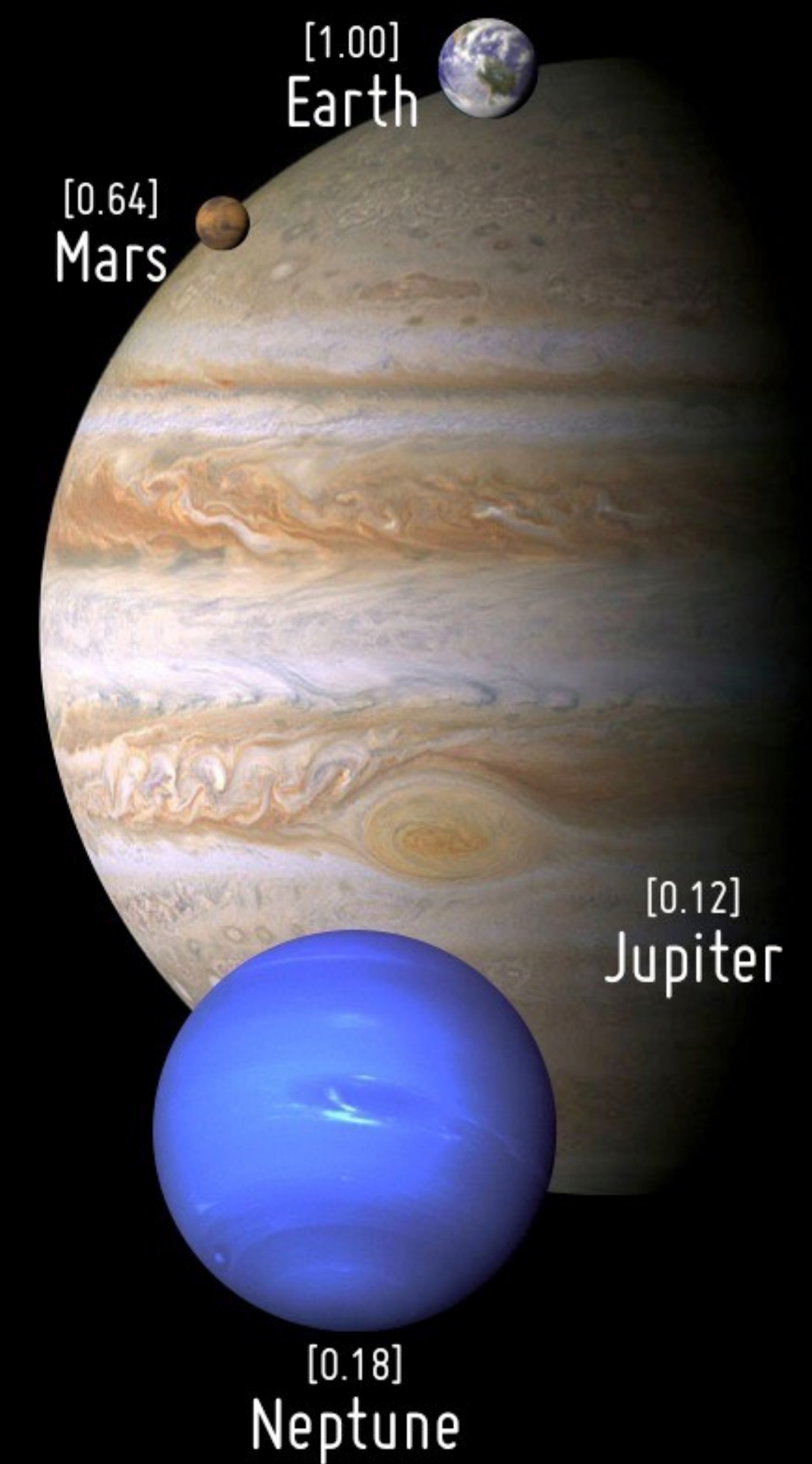
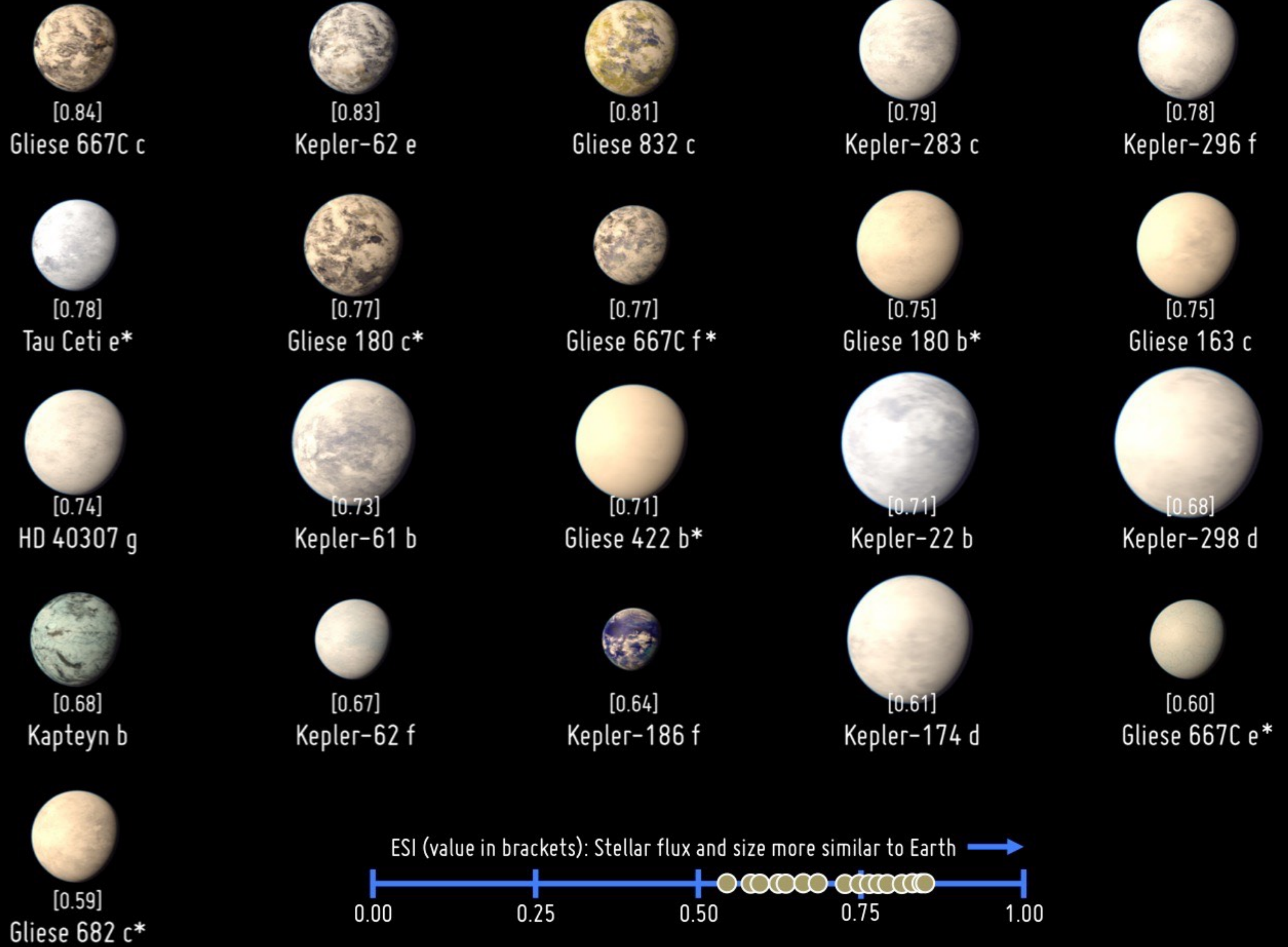


Mars

Current Potentially Habitable Exoplanets

<http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog/> Ranked by the Earth Similarity Index (ESI)

ARTISTIC REPRESENTATIONS



*planet candidates/unconfirmed

Conservative Selection of Potentially Habitable Exoplanets

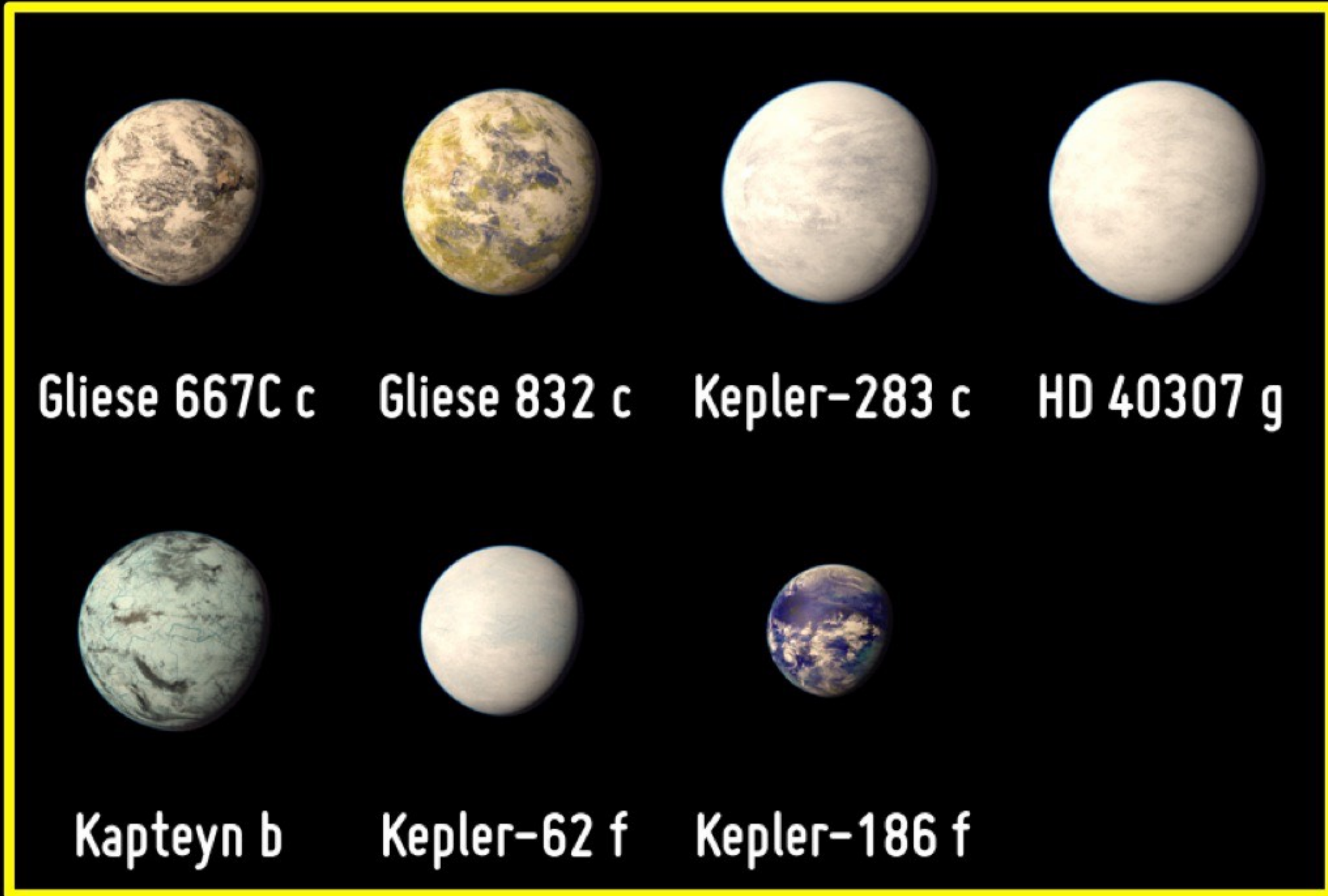
0.1 to 10 Earth Masses or 0.5 to 2.0 Earth Radii, Conservative Habitable Zone for Super-Earth Planets



Earth


Confirmed

Unconfirmed



Gliese 667C c Gliese 832 c Kepler-283 c HD 40307 g

Kapteyn b Kepler-62 f Kepler-186 f

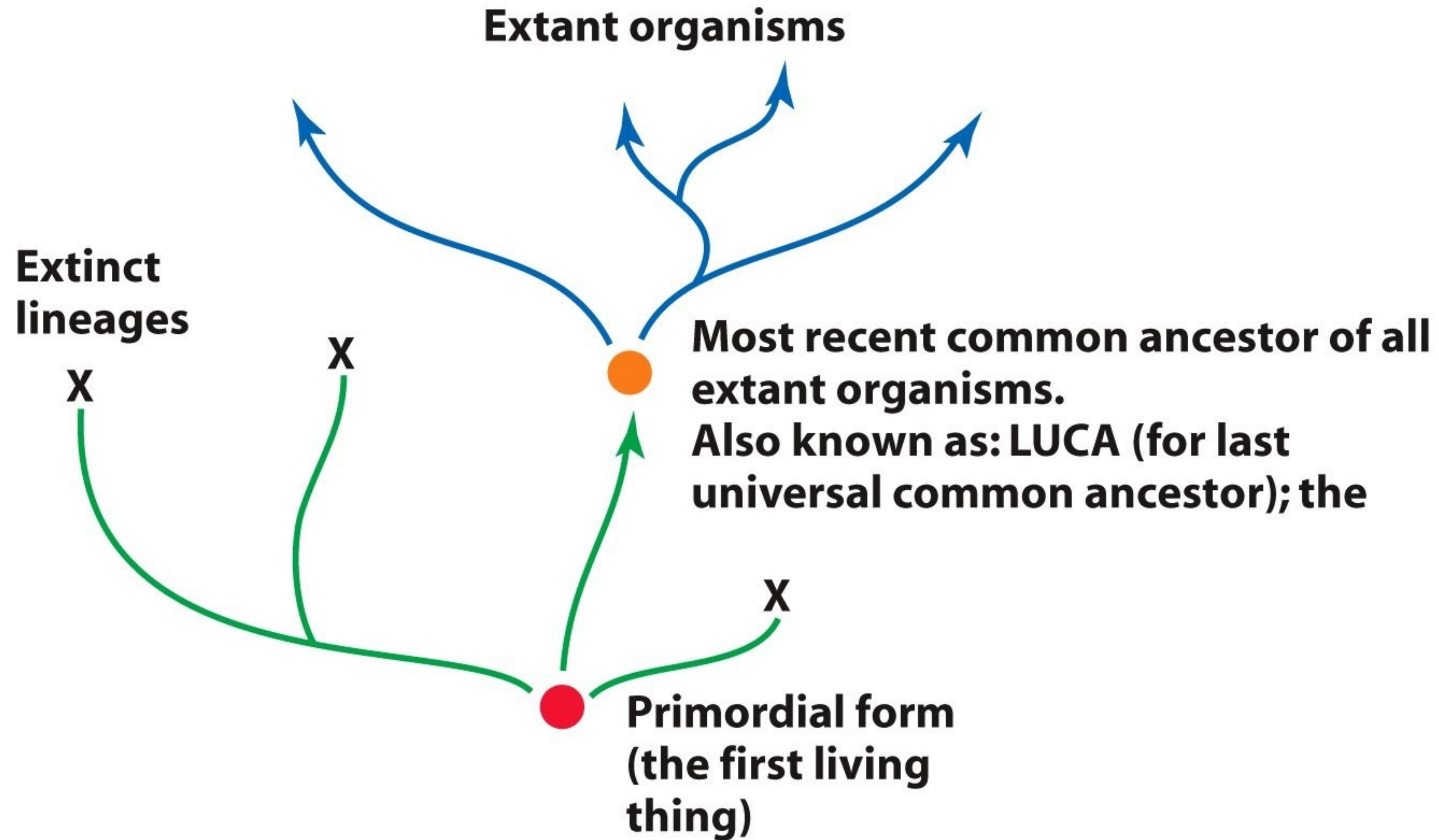


Gliese 180 c Gliese 422 b Gliese 682 c

Gliese 667C f Gliese 667C e

ARTISTIC REPRESENTATIONS

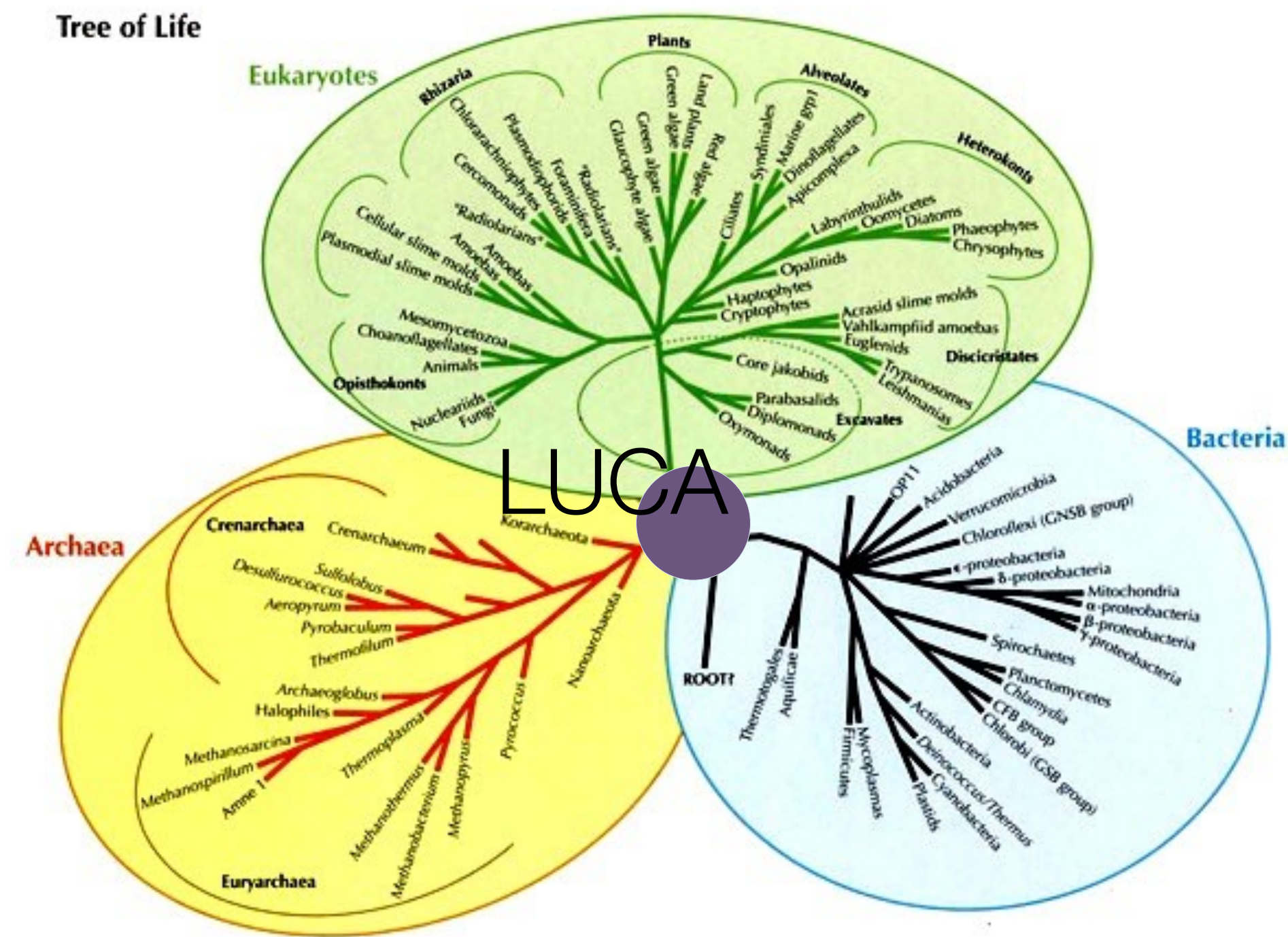
LUCA



Jaki był LUCA?

- Na podstawie zestawu genów obecnych we wszystkich gałęziach drzewa życia
 - problem – horyzontalny transfer genów (przeszacowanie zestawu genów pierwotnych)
- Organizm o budowie komórkowej zbliżony do współczesnych prokariotów
- Poprzedzał rozejście się linii Bacteria, Archaea i Eukarya

Prokaryota – nie są jedną grupą



Carl Woese (1928 - 2012)

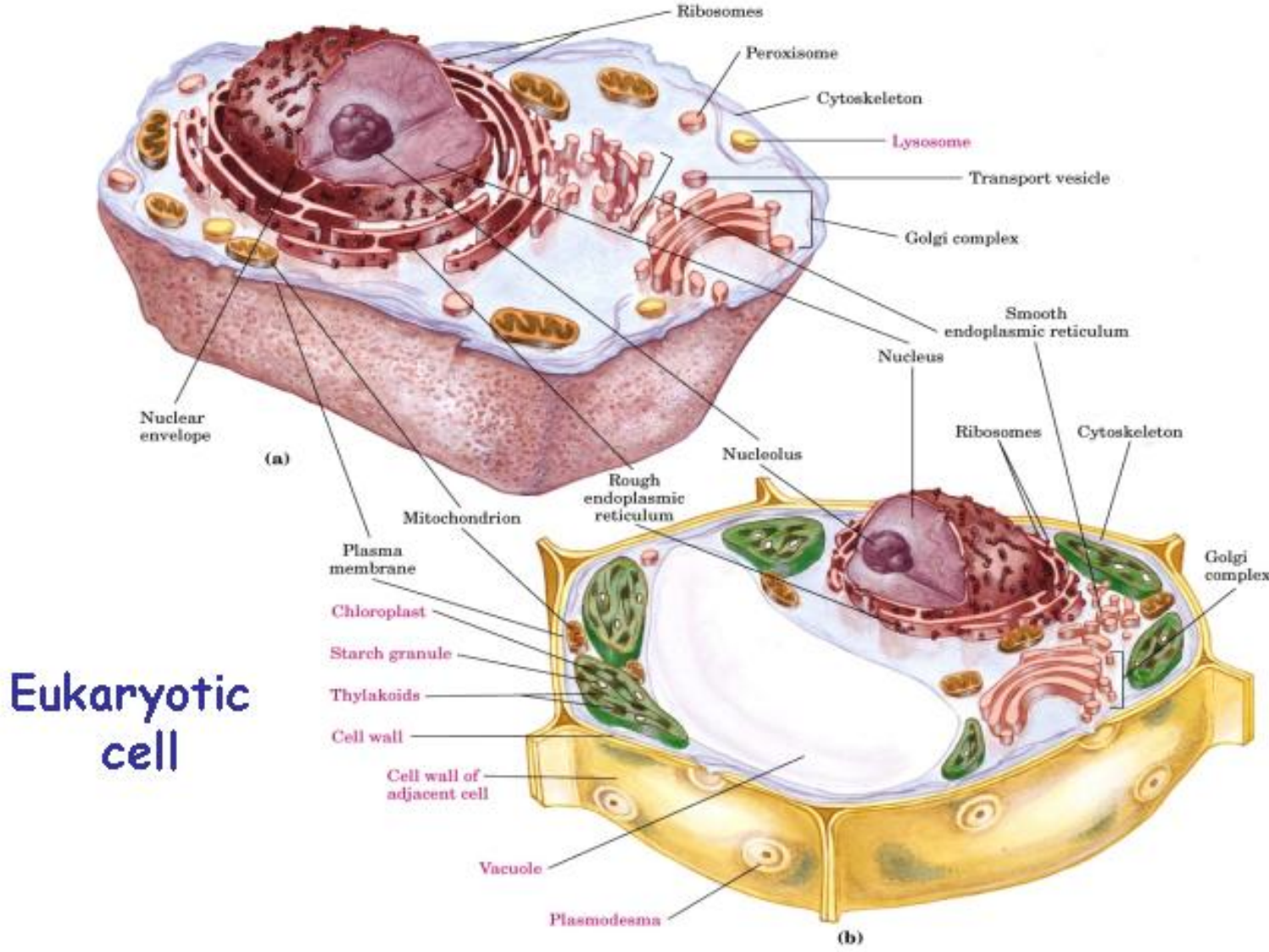
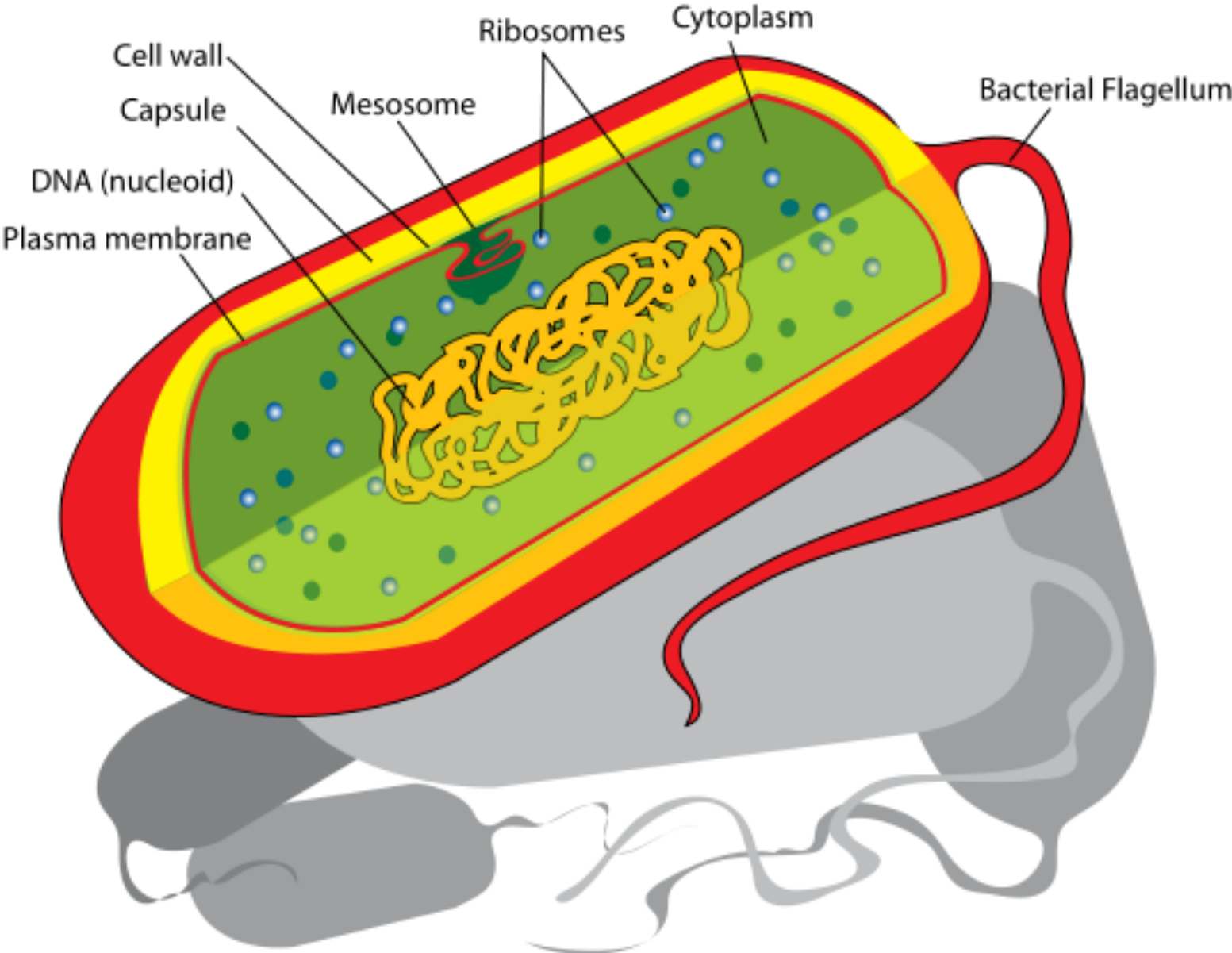
LUCA – Last Universal Common Ancestor

Co potrafił LUCA

- transkrypcja, translacja (kod odpowiadający współczesnemu)
- metabolizm energetyczny oparty na ATP
- synteza długich łańcuchów DNA
- białka błonowe
- ok. 600 genów

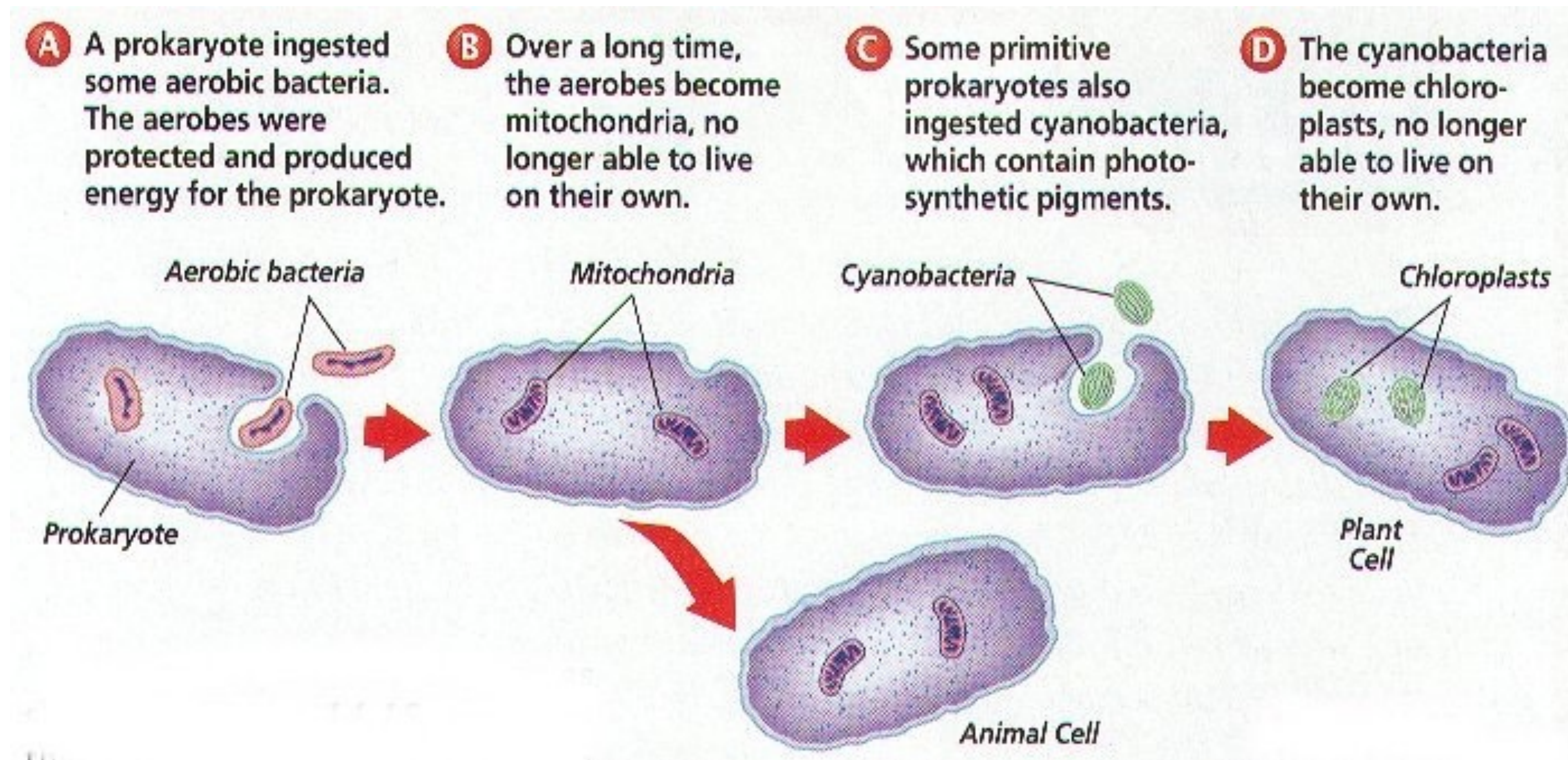
- Ale nie wszyscy się zgadzają:
 - prosty, niewiele genów, bez współczesnego systemu replikacji genomu (Koonin 2003)

Prokarionty i Eukarionty



Eukaryotic cell

Powstanie komórki eukariotycznej- endosymbioza



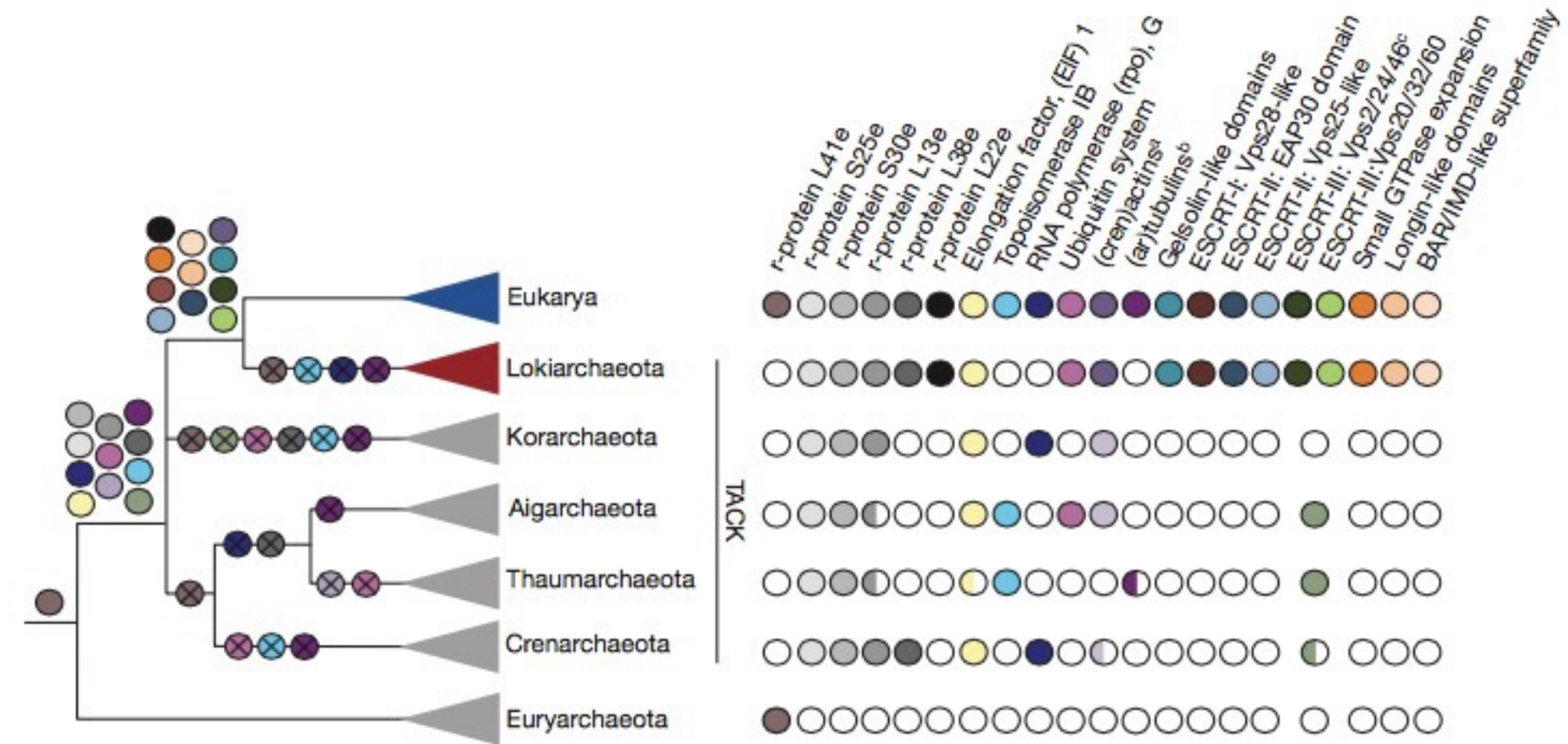
Konstanty Miereżkowski (1855-1921)



Lynn Margulis (1938-2011)

Gospodarz endosymbiozy był archeonem

- Lokiarcheota - monofiletyczna grupa Archaea, odkryta w badaniach metagenomicznych (2015 r.)
- Najbliżej spokrewniona z Eukaryota
- Posiada geny kodujące białka umożliwiające tworzenie złożonych struktur błonowych
- Tak mógł wyglądać gospodarz endosymbiozy, która dała początek Eukaryota



ARTICLE

doi:10.1038/nature14447

Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes

Anja Spang^{1*}, Jimmy H. Saw^{1*}, Steffen L. Jørgensen^{2*}, Katarzyna Zaremba-Niedzwiedzka^{1*}, Joran Martijn¹, Anders E. Lind¹, Roel van Eijk[†], Christa Schleper^{2,3}, Lionel Guy^{1,4} & Thijs J. G. Ettema¹

©2015 Macmillan Publishers Limited. All rights reserved

Historia życia na Ziemi

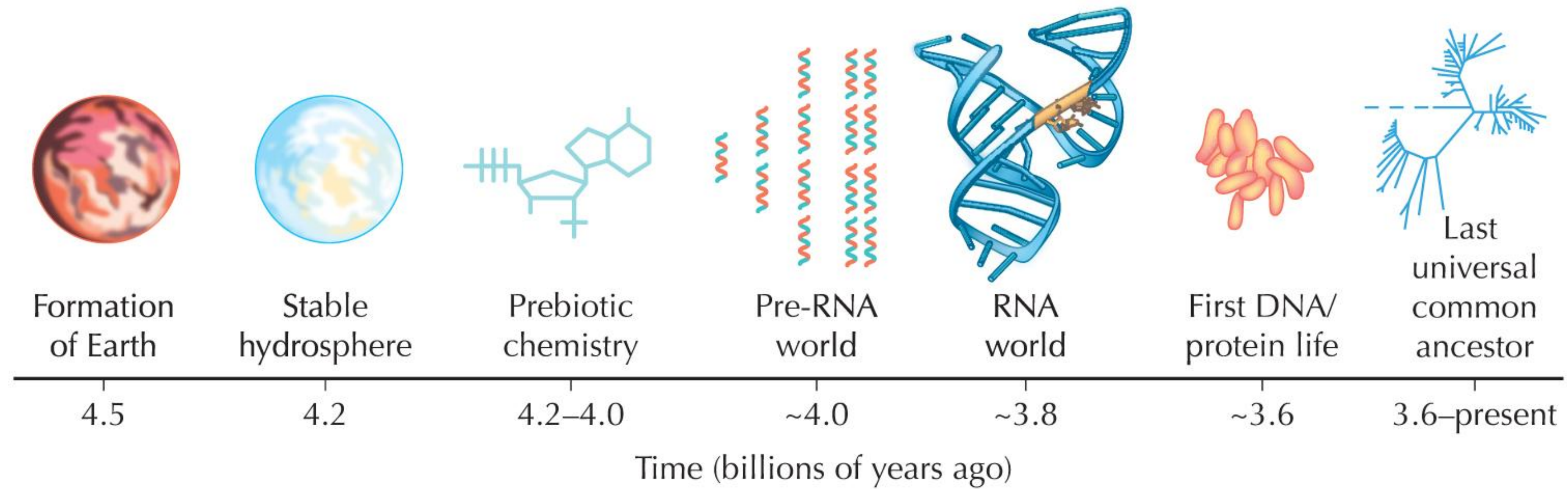
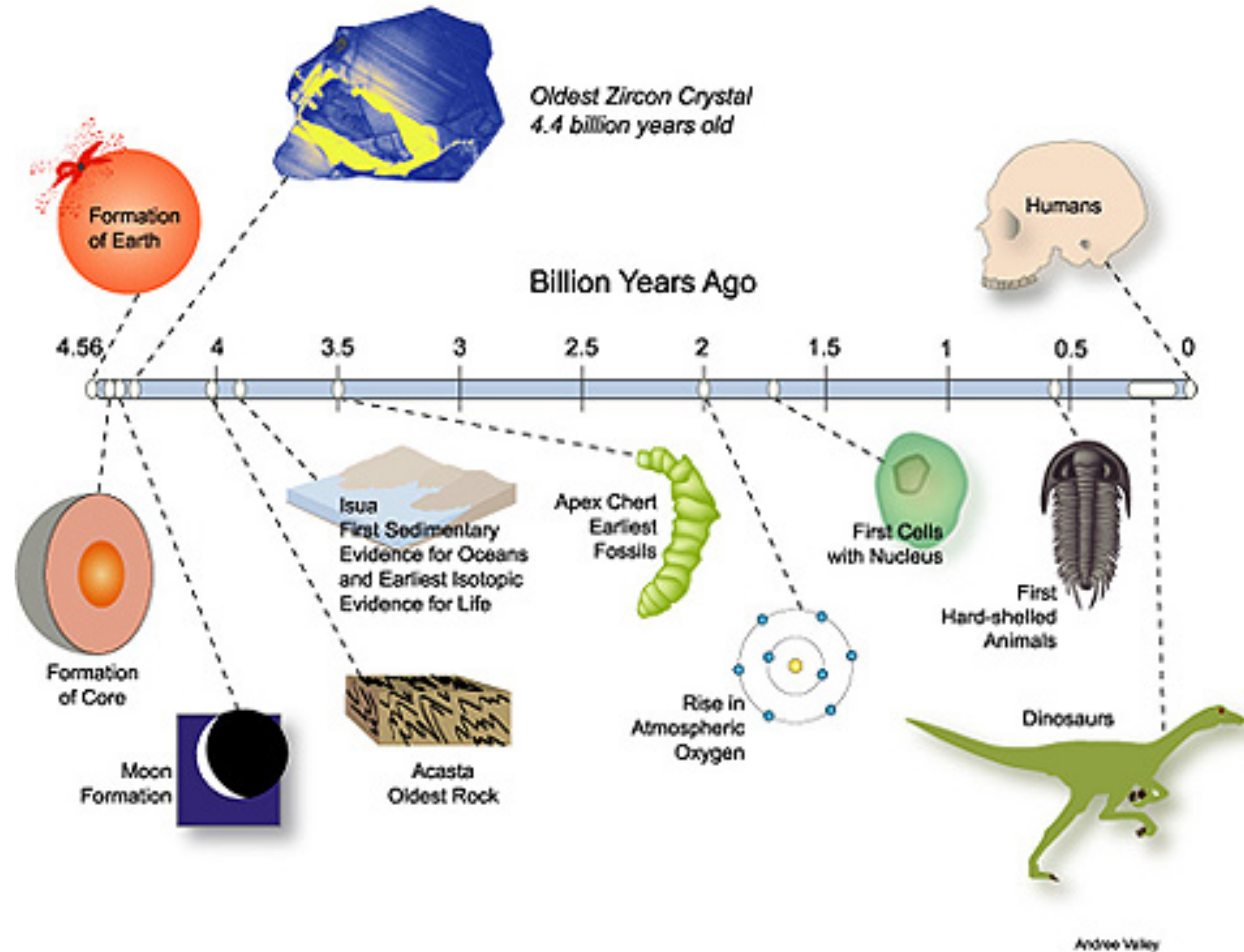


FIGURE 4.4. Steps in the origin of life.

4.4, modified from Joyce G.F., *Nature* **418**: 214–221, © 2002 Macmillan, www.nature.com

Evolution © 2007 Cold Spring Harbor Laboratory Press

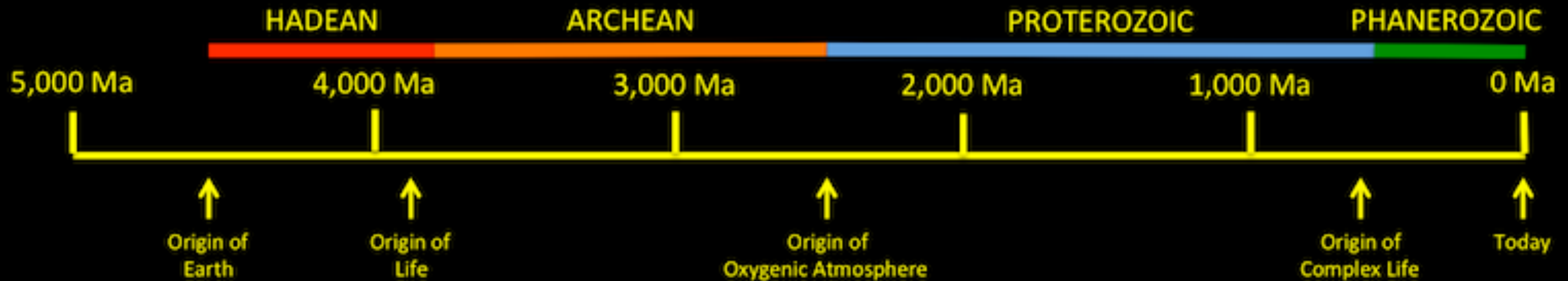
Historia życia na Ziemi



Eony

Timeline of Earth's History

The geologic evolution of our planet is divided in four Eons. The Visible Paleo-Earth imagery shows the last 750 million years, a period where life became complex, larger, and populated the continents.

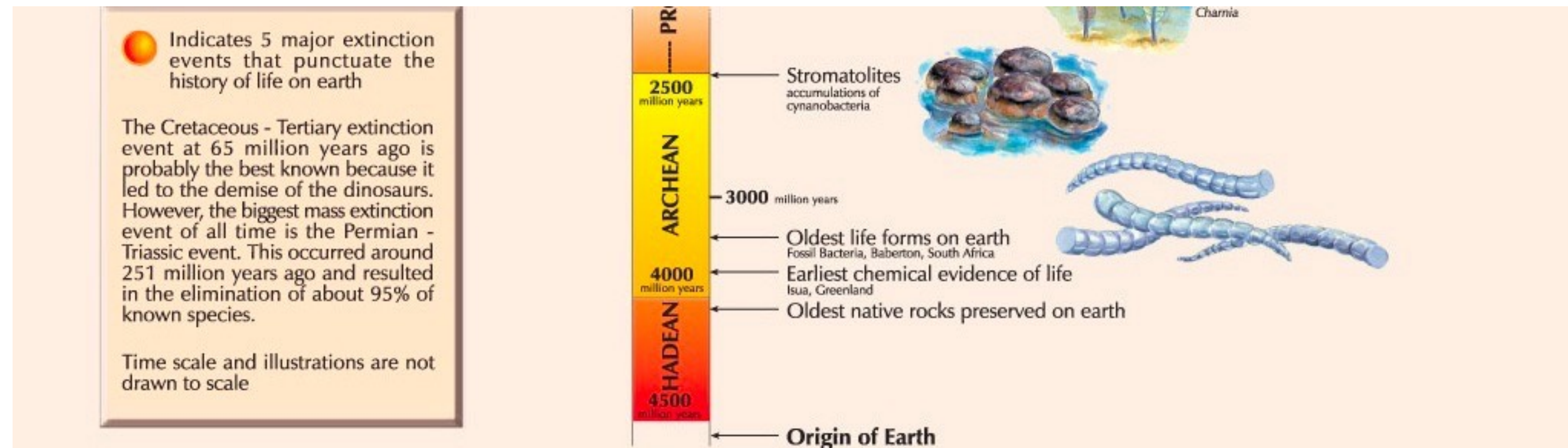


Ma = million years ago

Credit: Planetary Habitability Laboratory (phl.upra.edu)

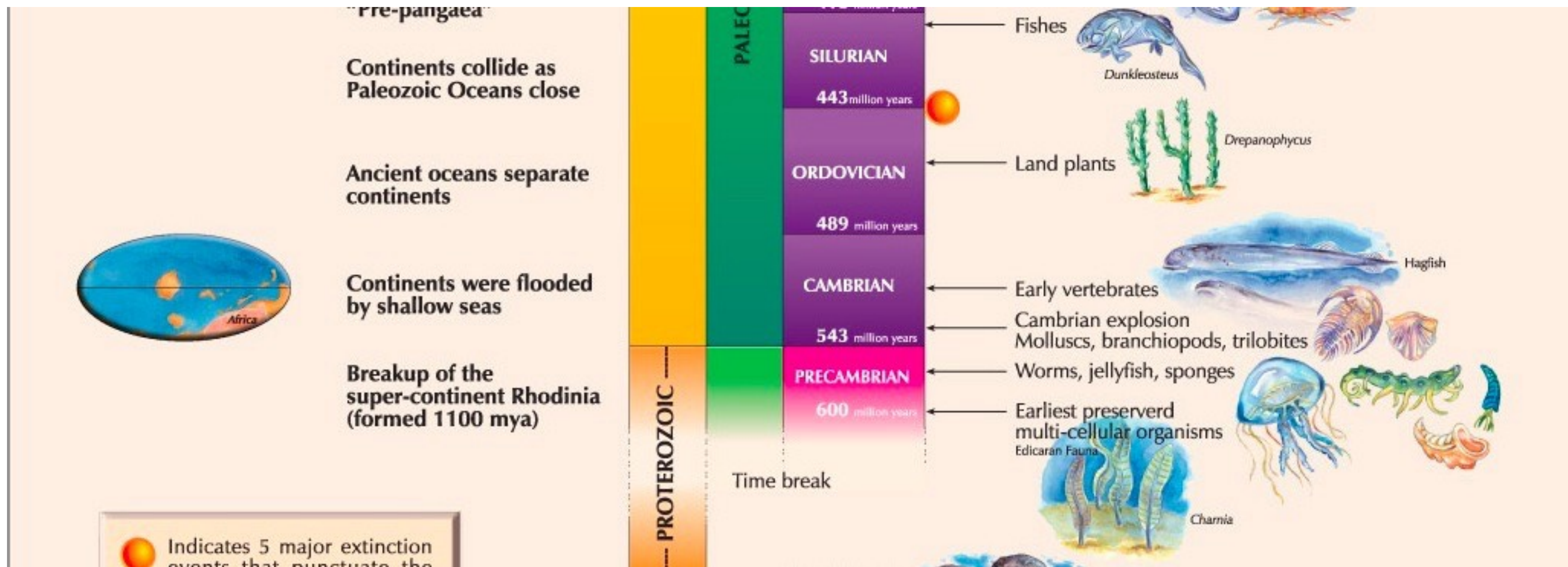
Gdyby Ziemia istniała 1 rok...

- 1. I – powstaje Ziemia
- 25 II – pierwsze formy życia?
- 20 III – pierwsze skamieniałe komórki (sinice)
- 13 VI – Tlen w atmosferze
- 17 VII - Eukarionty



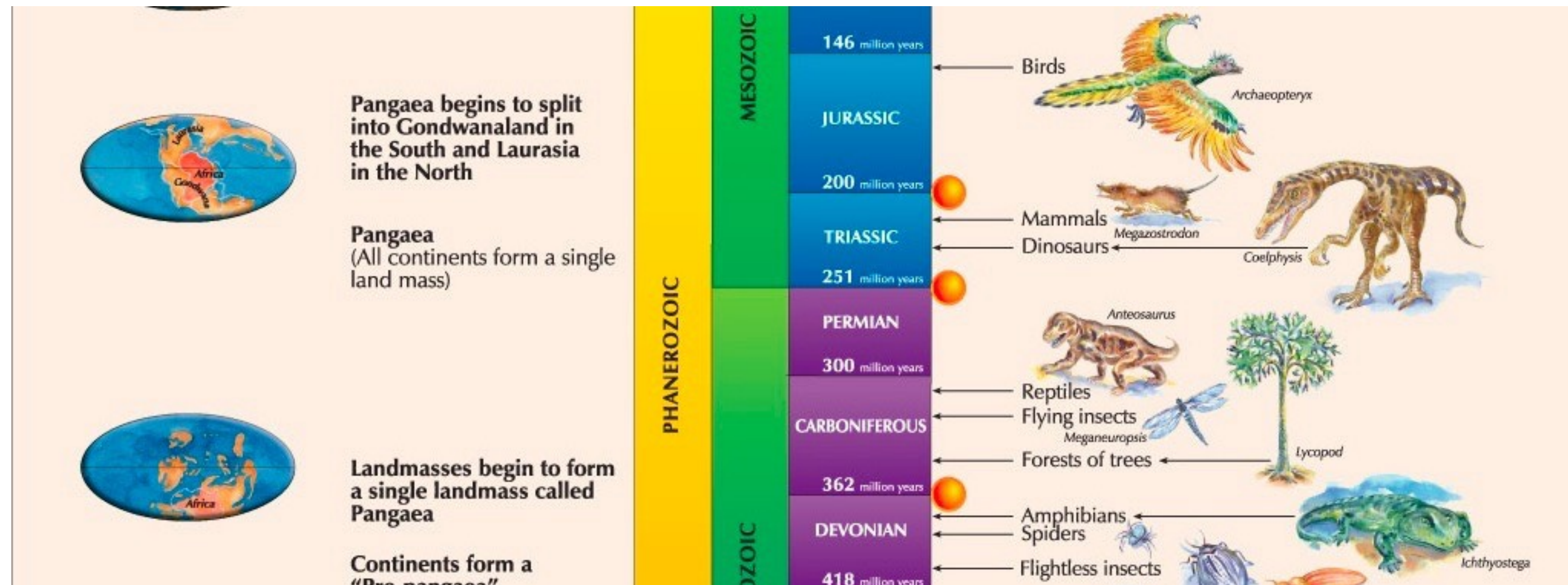
Gdyby Ziemia istniała 1 rok...

- 3 IX – pierwsze wielokomórkowce (glony)
- 8 XI – wielokomórkowe zwierzęta
- 15 XI – eksplozja kambryjska – różnorodność zwierząt
- 21 XI - ryby
- 24 XI – rośliny na lądzie
- 27 XI – rośliny naczyniowe i stawonogi na lądzie



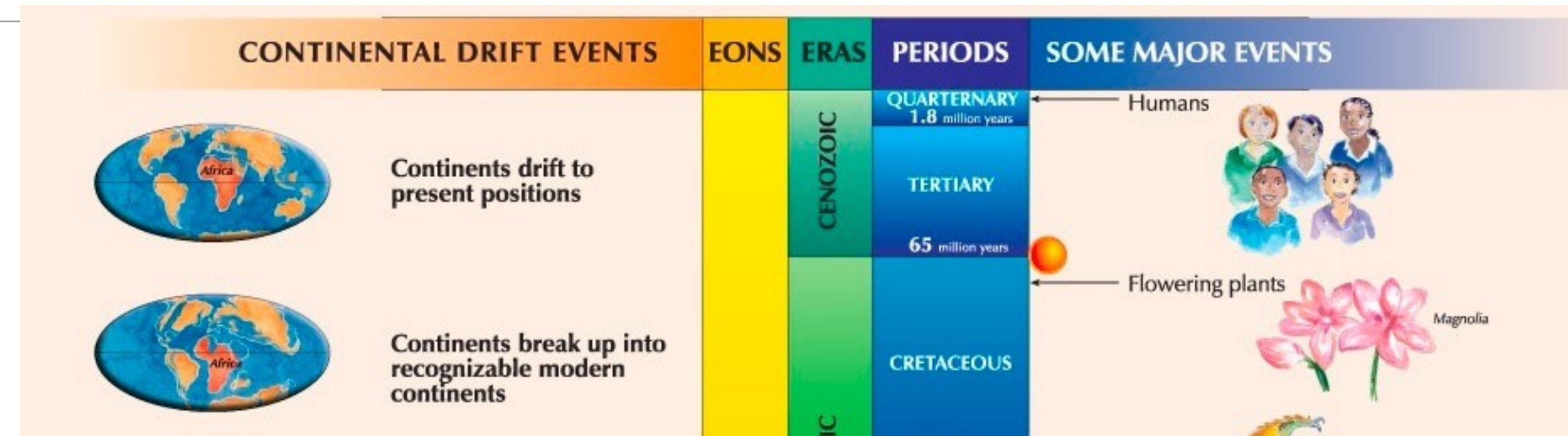
Gdyby Ziemia istniała 1 rok...

- 2 XII – płazy na lądzie
- 9 XII - Perm, wielkie wymieranie, gady
- 19 XII - ptaki
- 13 – 26 XII - dinozaury



Gdyby Ziemia istniała 1 rok...

- 26 XII – wymierają dinozaury
- 28 XII – małpy
- 31 XII, 14:00 – rozdzielenie linii przodków ludzi i szympansów
- 31 XII, 20:00 – *Homo erectus*
- 31 XII, 23:30 – nasi przodkowie opuszczają Afrykę
- 31 XII, 23:54 – zasiedlenie Europy





Copyright © 2005 David Farley

A Cretaceous Christmas