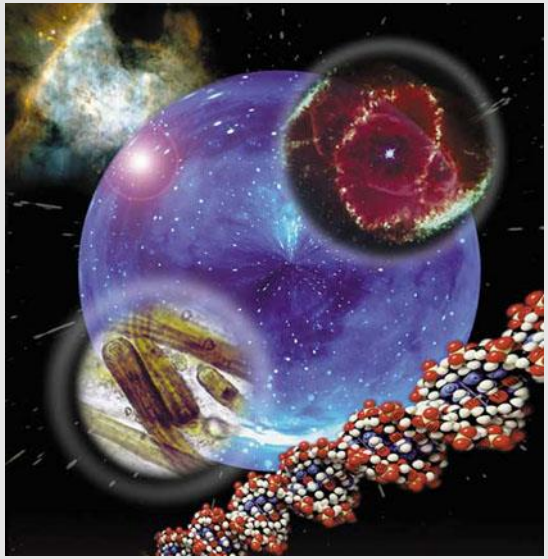
Ελληνική
Ερασιτεχνική
Αστρονομική
Ένωση



ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΤΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ιδιότητες & όρια της ζωής

Δυνητικά Κατοικήσιμοι Εξωπλανήτες

Σπυρίδων Βασιλόπουλος, MSc

Medical Biologist

Science Lab Technician @ Deree, ACG

Assistant Advisor @ Deree Astronomy Club, AGC

Ελληνική Ερασιτεχνική Αστρονομική Ένωση, Αστεροσκοπείο Πεντέλης, 24/9/2023

Welcome to **DAC**…

Deree Astronomy Club is a space adventure for all students who are ready to explore the secrets of the Universe. During the club meetings, the amateur astronomers of our College explore different branches of **Astronomy**, attend **interesting talks**, watch **educational documentaries**, prepare **projects**, and many more. The Astronomy Club also aims to engage students in many events and activities such as **field trips to museums, observatories,** and **stargazing nights**. Our goal is to give students the opportunity to deepen their knowledge and experience the real astronomy…but most importantly to enjoy it!

https://www.acg.edu/events/astronomy-night/

Σας ευχαριστούμε πολύ για την υποστήριξη του event!

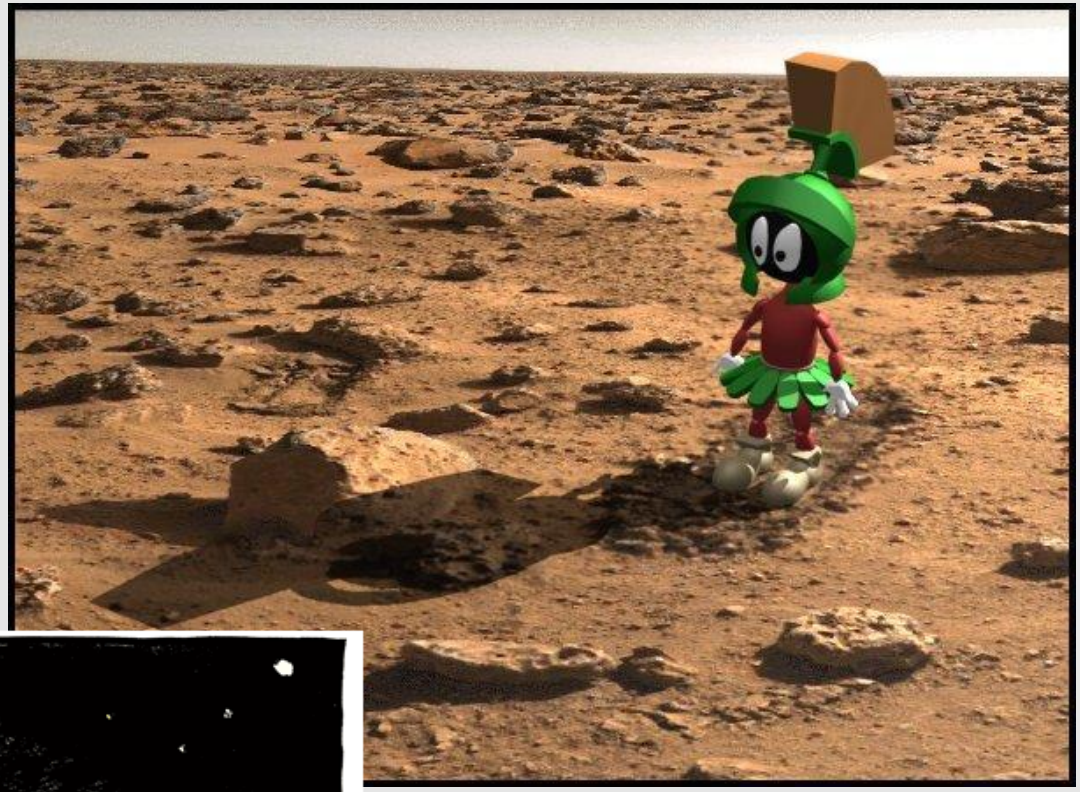
- **Η Αστροβιολογία είναι η μελέτη της ζωής στο σύμπαν.** Ερευνά την **προέλευση**, την **εξέλιξη**, την **κατανομή** και το **μέλλον** της ζωής στη Γη. Αντικείμενο της Αστροβιολογίας είναι επίσης και η μελέτη για **πιθανή ύπαρξη ζωής πέρα από τη Γη**.

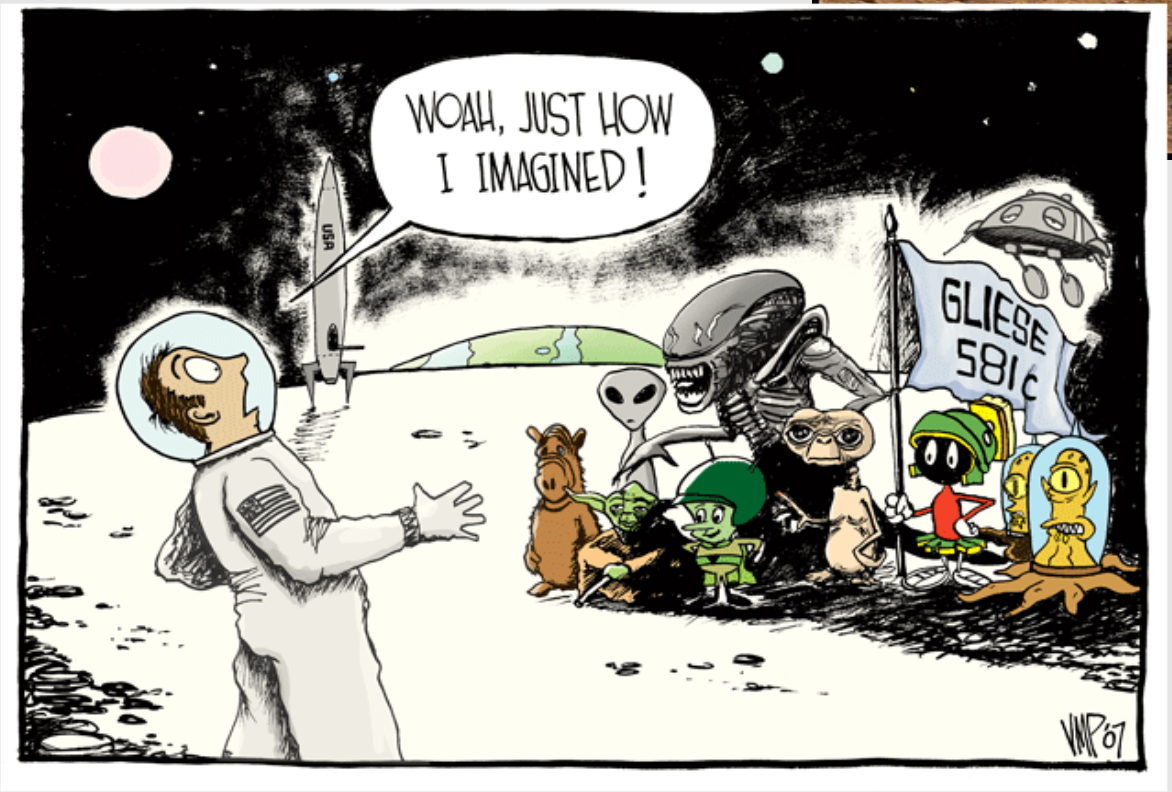
1) Πως δημιουργήθηκε και εξελίχθηκε η ζωή στη Γη;

2) Υπάρχει ζωή σε άλλους πλανήτες στο Σύμπαν; Αν ναι, πως μπορούμε να την εντοπίσουμε;

3) Ποιο είναι το μέλλον της ζωής στη Γη (και πέρα από τη Γη);

(Des Marais et al., 2008)




WOAH, JUST HOW I IMAGINED!
USA
GLIESE 581c
VMP '07

Οι σημαντικότερες σύγχρονες τάσεις στην Αστροβιολογία

- **Οργανική σύνθεση** και εξέλιξη της ζωής στη Γη.

- Τα **όρια** της ζωής.
  - *Αναζήτηση περιβαλλόντων με **ακραίες συνθήκες**.*
  - *Τα μέρη αυτά μπορεί να έχουν συνθήκες **ανάλογες** με αυτές σε άλλους πλανήτες (π.χ. Άρης, Εξωπλανήτες).*

- **Βιο-υπογραφές (biosignatures):** Ο τρόπος που αναζητούμε τη ζωή.

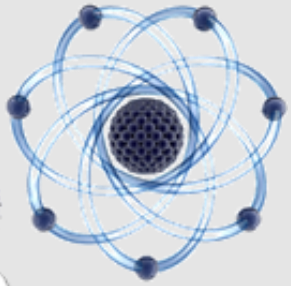
- Δημιουργία και εξέλιξη των **(εξω)πλανητικών συστημάτων**.

- **Δυνητικά κατοικήσιμοι Εξωπλανήτες**.

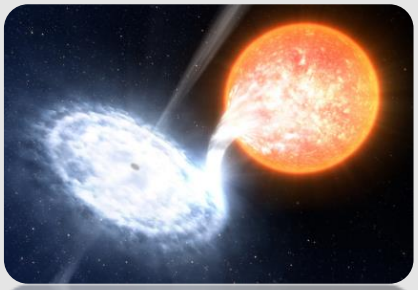
Αστροβιολογία

Κοσμολογία

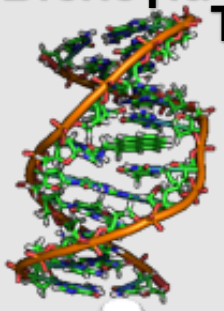
Φυσική



Αστροφυσική



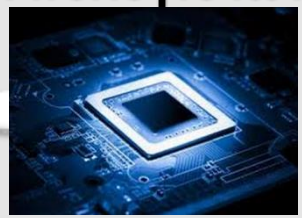
Βιολογία



Τηλεπικοινωνίες

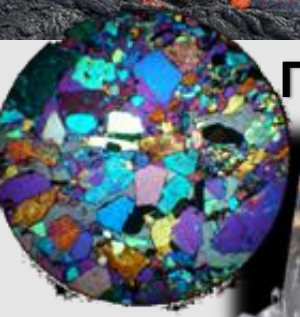
Ιατρική

Επιστήμη Υπολογιστών



Γεωλογία

Πετρολογία



Ορυκτολογία

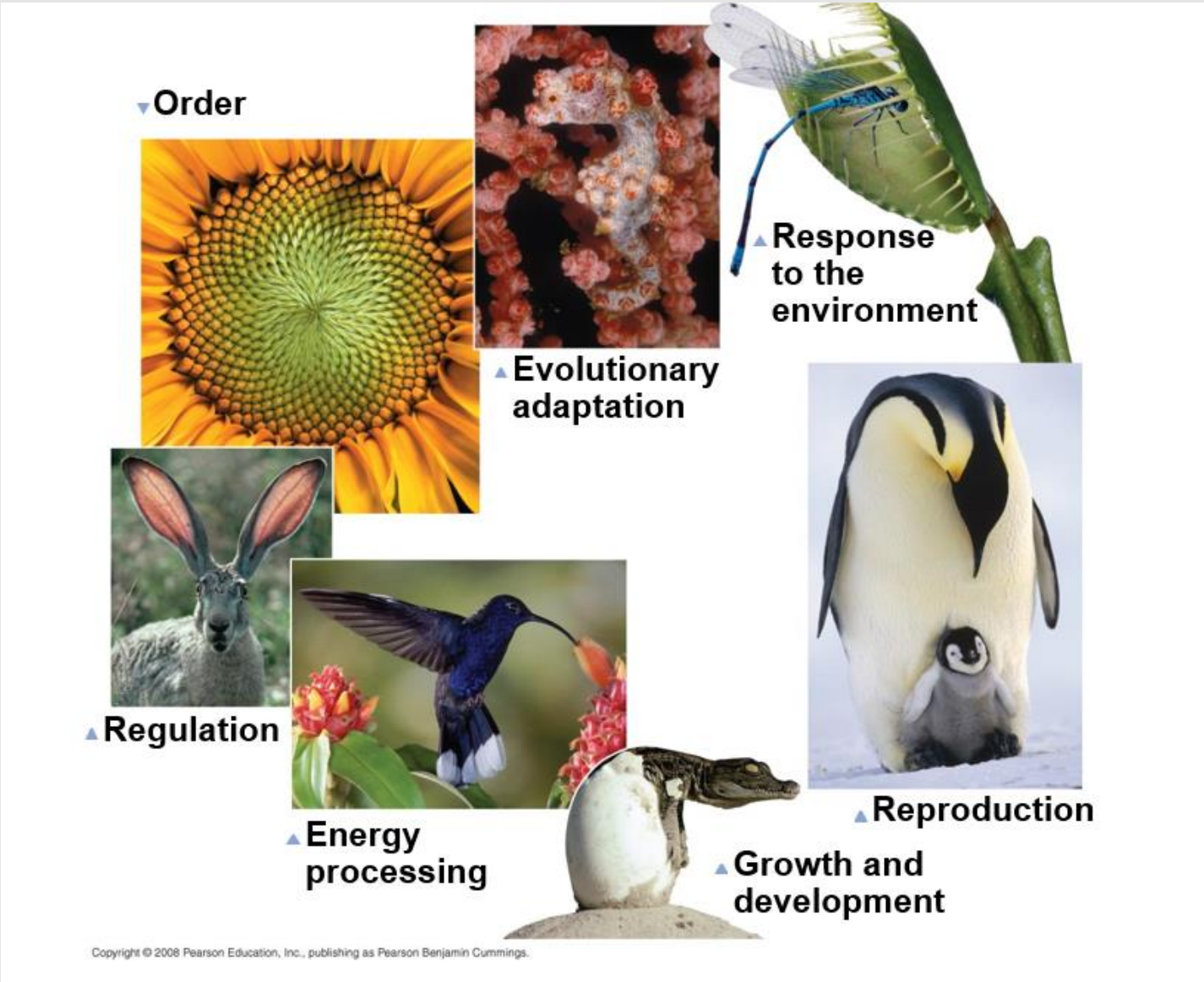
Πλανητολογία

Οργανολογία
(Αναλυτικά μηχανήματα)

Αεροναυπηγική

Μηχανική &Ρομποτική

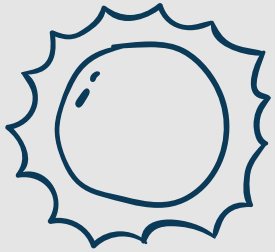
Biology for Astronomers
1. Τι είναι η ζωή;



Biology for Astronomers
1. Τι είναι η ζωή;

Ιδιότητες της ζωής…

1. **Αναπαραγωγή**. Μεταφορά της γενετικής πληροφορίας από γενιά σε γενιά + ποικιλομορφία.



2. **Προσαρμογή και Εξέλιξη**. Μέσω της Φυσικής Επιλογής.

3. **Ανταλλαγή ύλης και ενέργειας με το περιβάλλον**.

4. **Μεταβολισμός**.

5. **Κυτταρική οργάνωση**. Το **κύτταρο** είναι η θεμελιώδης **δομική** και **λειτουργική μονάδα της ζωής**.

(Ma, 2016)

(Reece et al., 2009, Campbell Biology 7th ed.)

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής

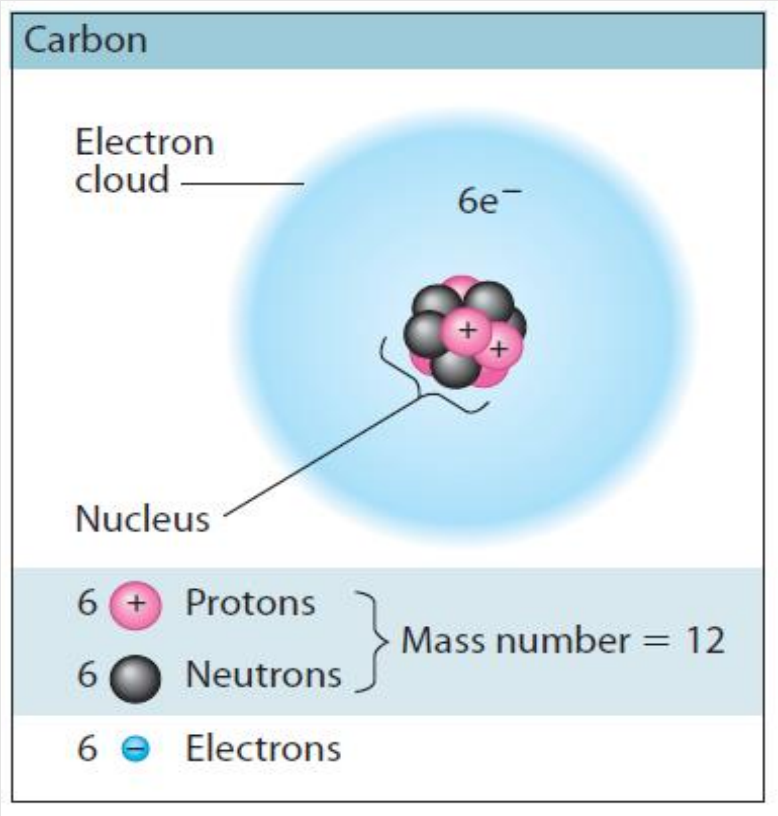
Α. Χημικά στοιχεία

1 H 1.01																	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.91	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.21	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.03	89 Ac 227.03	104 Rf (261)	105 Ha (262)	106 Sg (263)	107 Ns (262)	108 Hs (266)	109 Mt (266)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)						

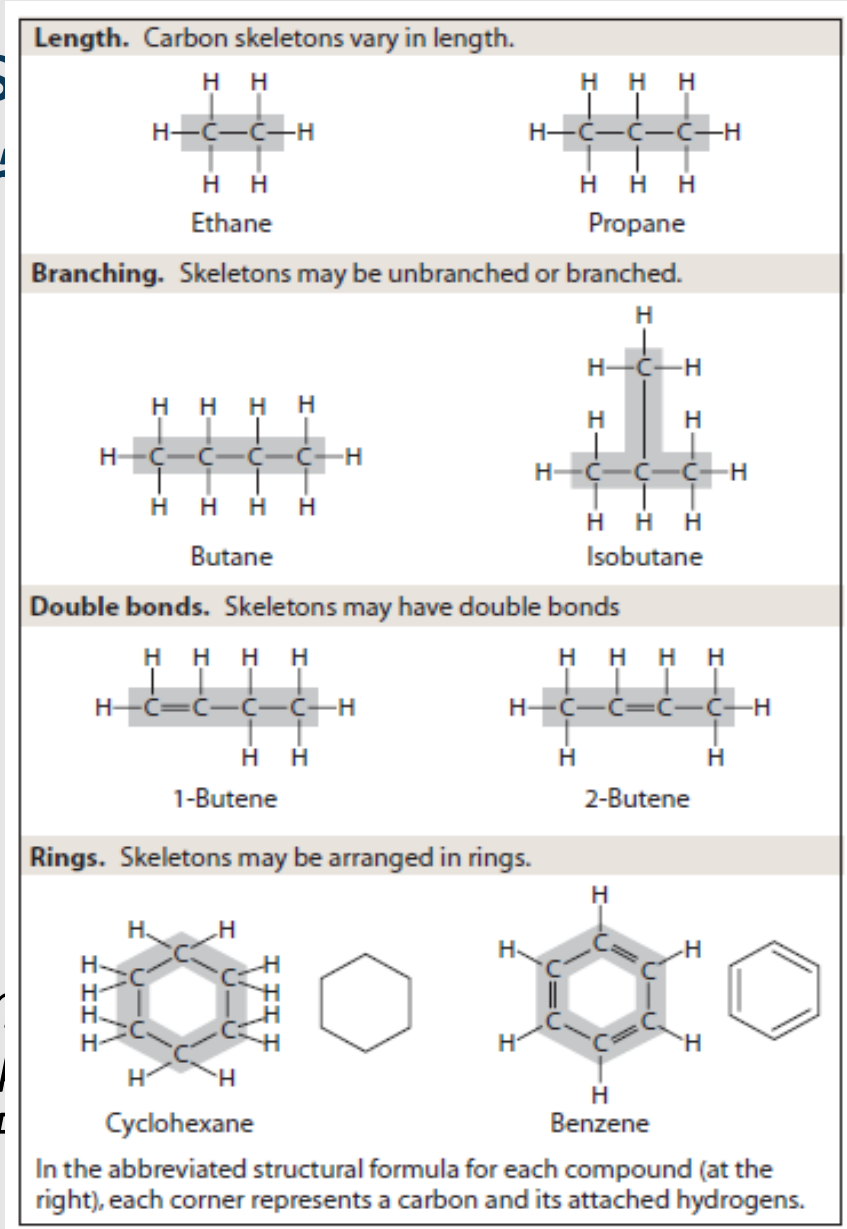
58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
90 Th 232.03	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωή

Α. Χημικά στοιχεία



2020)

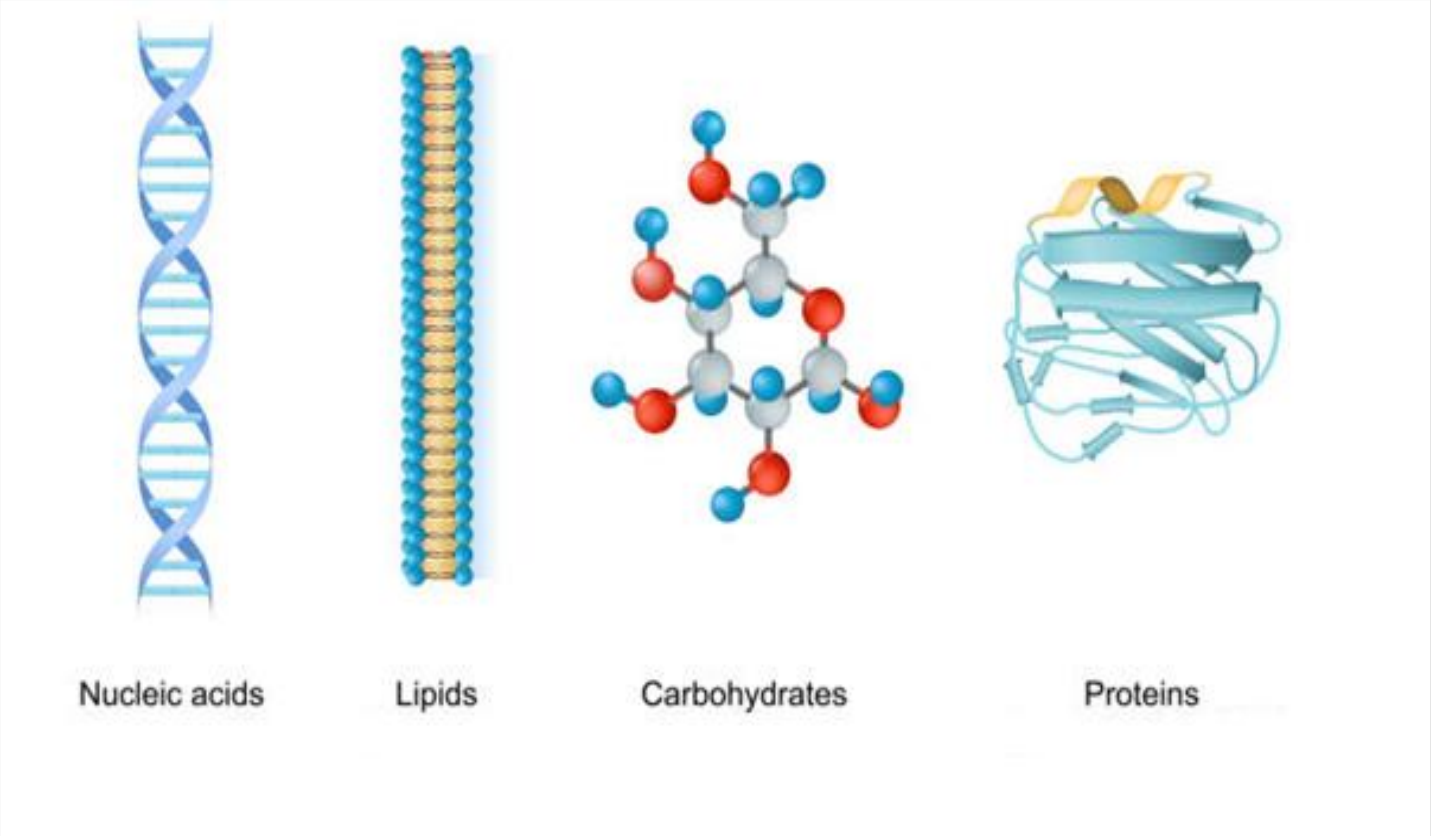


▲ Figure 3.1B Four ways that carbon skeletons can vary

Campbell Biology, 7th ed.

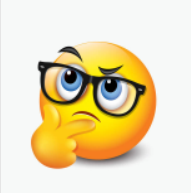
Campbell Biology, 7th ed.

Biology for Astronomers

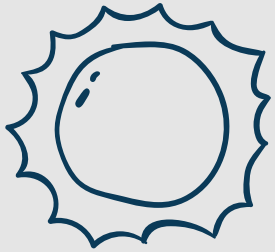


Βιολογικά μακρομόρια στα κύτταρα

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής



Ζωή που βασίζεται στο πυρίτιο?



- Η **βιοχημεία της ζωής σε εξωγήινα περιβάλλοντα** μπορεί να είναι αρκετά **διαφορετική** σε σχέση με τη βιοχημεία της ζωής στη Γη.
- **Χημική συγγένεια** μεταξύ άνθρακα και πυριτίου.
- Το πυρίτιο είναι το **8ο πιο άφθονο χημικό στοιχείο** στο σύμπαν.
- <u>Όμως</u>: Μόρια αποτελούμενα από Si και H είναι **ασταθή στο νερό**. Επιπλέον, το πυρίτιο συνήθως δεν σχηματίζει γραμμικές αλυσίδες.

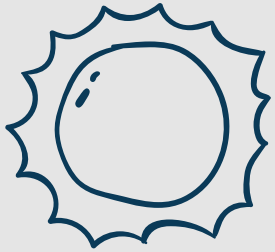
- Υπάρχει πιθανότητα για μορφές ζωής που η βιοχημεία τους να στηρίζεται στο πυρίτιο και σε κάποιον **διαλύτη διαφορετικό από το νερό;**

(Petkowski et al., 2020)

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής

Β. Ένας υγρός διαλύτης

- **Επιτρέπει στα μόρια: κίνηση – αλληλεπίδραση**
  ⟶ χημικές αντιδράσεις, πολύπλοκες ενώσεις.
  (Petkowski et al., 2020)

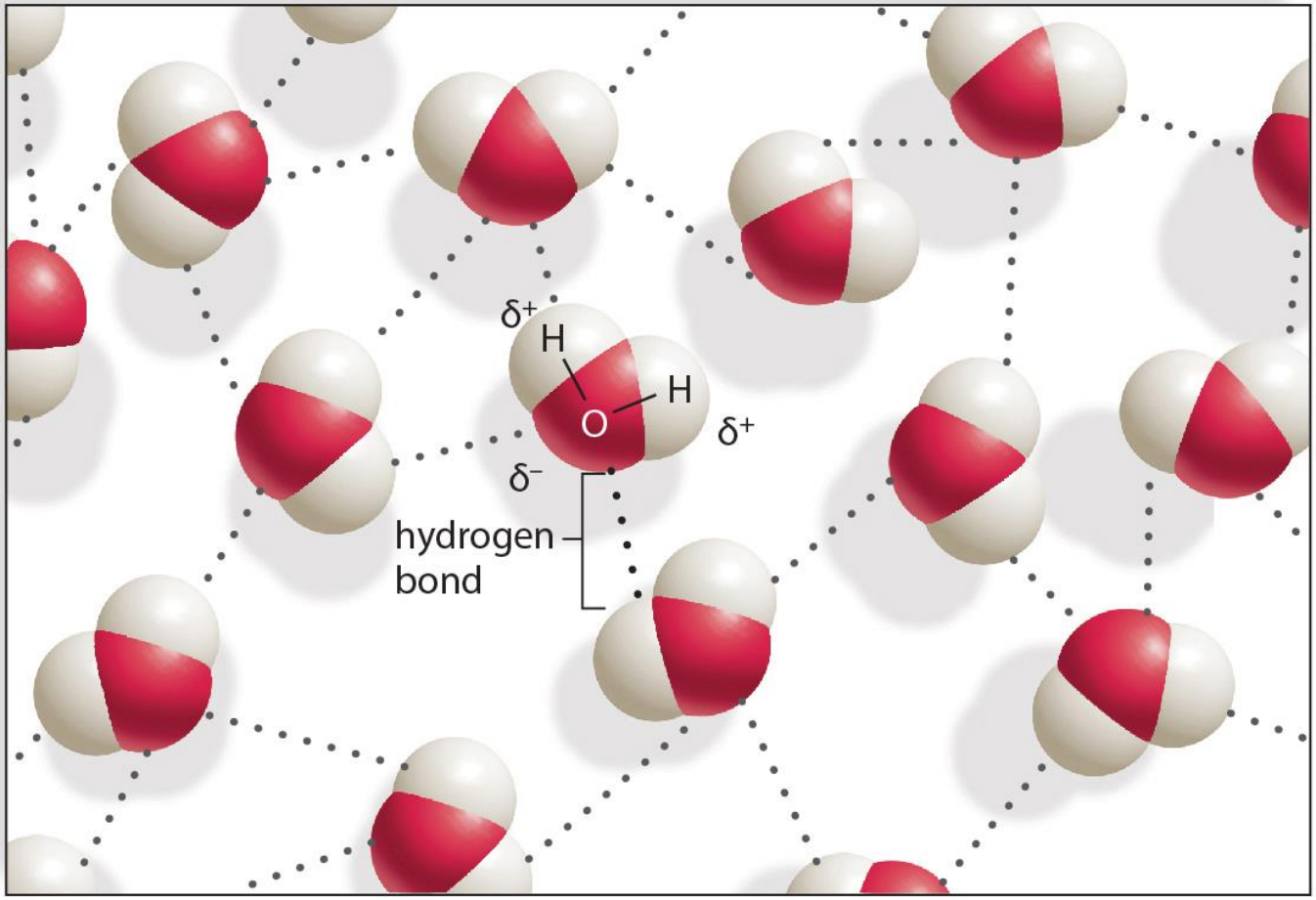


- Παράδειγμα: **σύνθεση πρώτων οργανικών μορίων στη Γη**.

- **Στη Γη: Το νερό είναι ο σημαντικότερος διαλύτης. Είναι το μόριο της ζωής!** *(Pohorille & Pratt, 2012).*
- **Σημαντικές ιδιότητες** λόγω της δομής του.
- Διευκολύνει την **αυτό-συγκρότηση** των κυτταρικών μεμβρανών και των μακρομορίων.
- Συμμετέχει ενεργά σε **μεταβολικές αντιδράσεις.**

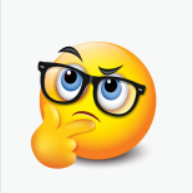
Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής

Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved. No reproduction or distribution without the prior written consent of McGraw-Hill Education.



b. Hydrogen bonding between water molecules

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής



"Εναλλακτικοί" Διαλύτες;

- Αμμωνία
- Μεθάνιο
- Υγρό Άζωτο
- Θειικό οξύ

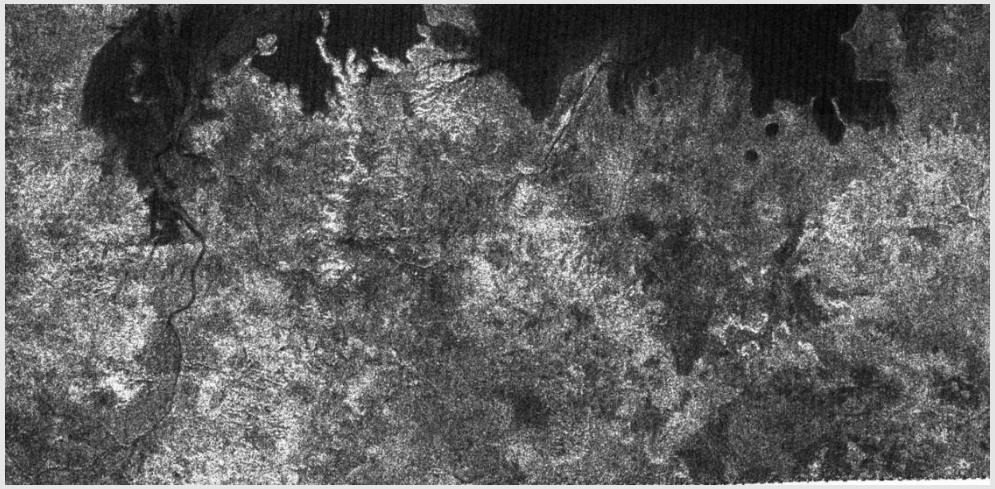
Cryosolvents

(Petkowski et al., 2020)

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωης

Βιοχημεία βασισμένη στο υγρό μεθάνιο;

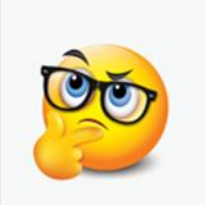
- Ενώσεις όπως το **μεθάνιο**, το **αιθάνιο** και το **υγρό άζωτο** ίσως να είναι τα πιο άφθονα υγρά σε αρκετά εξωπλανητικά συστήματα.



Large hydrocarbon lakes on Titan, captured by Cassini spacecraft. (By: www.esa.int)

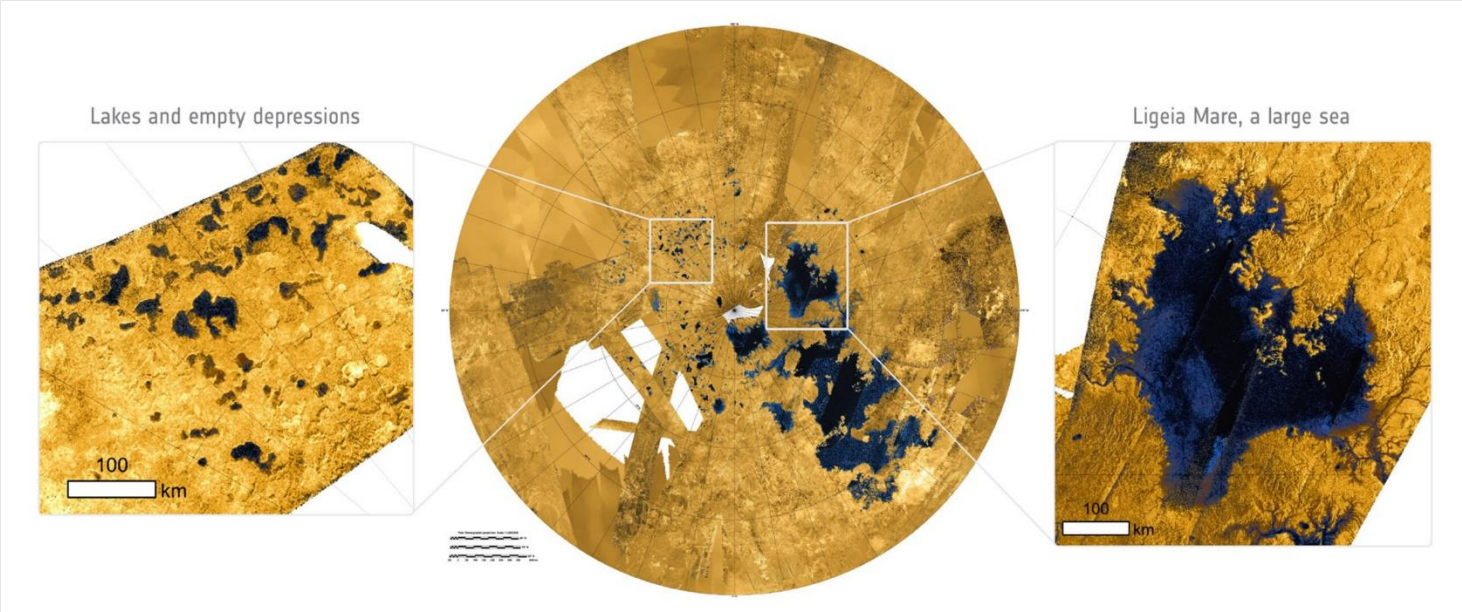
(Ballesteros et al., 2019)

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής



Λίμνες υγρού μεθανίου στον Τιτάνα – θα μπορούσαν να φιλοξενούν κάποιες μορφές ζωής;

- Αποστολή Dragonfly, 2030;



(By: www.esa.int)

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής

Ζωή που να βασίζεται στο μεθάνιο;

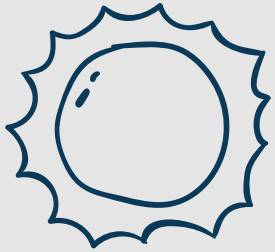
- Το μεθάνιο είναι υγρό σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-182ºC έως -161ºC).
- **Χαμηλός ρυθμός των βιοχημικών αντιδράσεων**. (Si??)
- **Χαμηλή διαλυτότητα των χημικών ενώσεων σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες** (μειώνεται περαιτέρω με την αύξηση του μοριακού βάρους).
  Αυτό ισχύει και για τις ενώσεις που βασίζονται στο πυρίτιο.

- **Σημαντικό**: Η ζωή απαιτεί έναν διαλύτη που να μπορεί να διαλύσει μια μεγάλη ποικιλία χημικών ενώσεων (**solubility barrier**).

(Petkowski et al., 2020)

Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής

Θειικό οξύ ως διαλύτης;



- **Ιδιαίτερα τοξικό, αδύνατο να μπορεί να υποστηρίξει τη βιοχημεία της ζωής όπως τη γνωρίζουμε.**

- Βασικό συστατικό στα **σύννεφα της Αφροδίτης** (πυκνά νέφη θειικού οξέος, ήπια θερμοκρασία, ύψος μέχρι και 60Km).

- **Μπορεί να υπάρξει ζωή στα νέφη της Αφροδίτης;** Θα μπορούσε να εξελιχθεί η ζωή σε πλανήτες που έχουν λίμνες θειικού οξέος στην επιφάνεια τους;

- **Βιοχημεία βασισμένη στο πυρίτιο;** Πολλές ενώσεις του πυριτίου φαίνεται να είναι πιο σταθερές στο πυκνό θειικό οξύ απ' ότι στο νερό.

(Ballesteros et al., 2019 ; Petkowski et al., 2020)

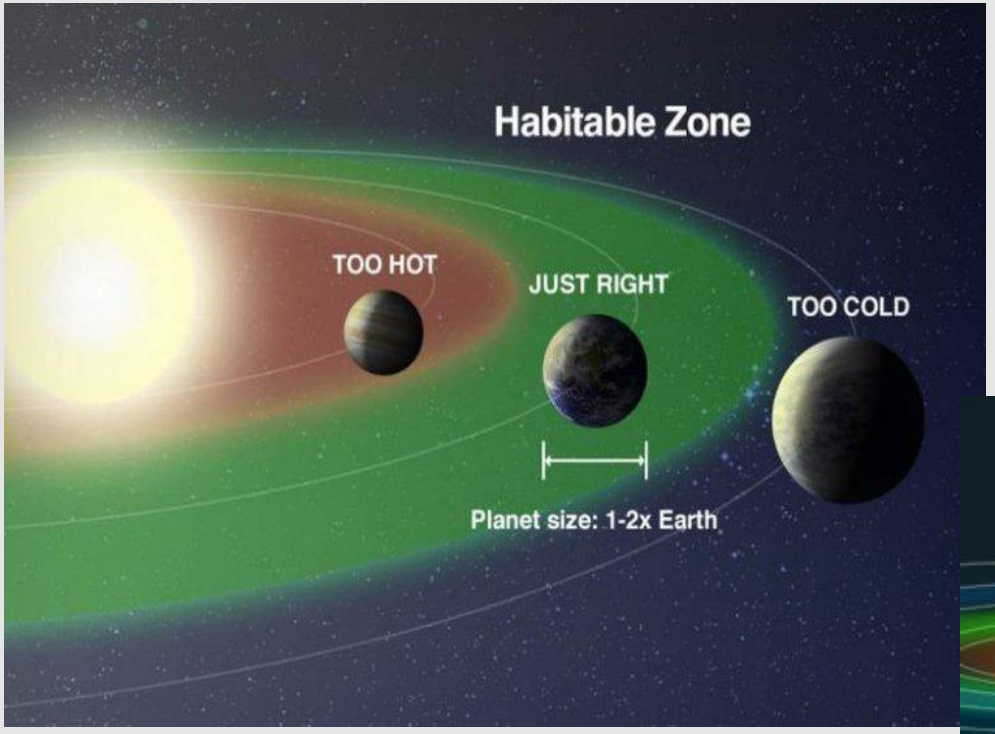
Biology for Astronomers
2. Οι απαιτήσεις της ζωής

Γ. Ένας κατάλληλος πλανήτης

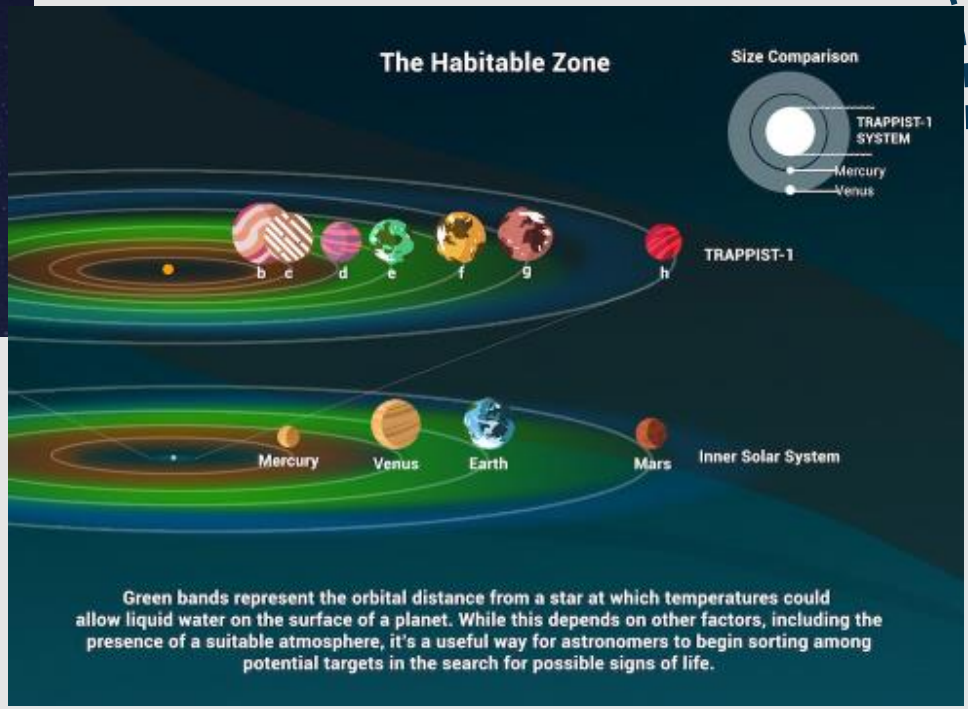
- Μέχρι σήμερα έχουν ανακαλυφθεί **πάνω από 5500 εξωπλανήτες**.
- Κριτήρια για να χαρακτηριστεί ένας εξωπλανήτης <u>δυνητικά κατοικήσιμος</u>: **απόσταση από το μητρικό άστρο**, **μάζα και η σύσταση του πλανήτη**, **ατμόσφαιρα**.
- **Κατάλληλη θερμοκρασία για ύπαρξη υγρού νερού και ύπαρξη ατμόσφαιρας**.
- **Ήσυχη «γειτονιά»**
  - Κατάλληλο μητρικό άστρο.
  - Προστασία από αστεροειδείς.
  - Όχι πολλά γειτονικά άστρα (βαρύτητα, εκρήξεις)

Biology for Astronomers

Η Κατοικήσιμη Ζώνη

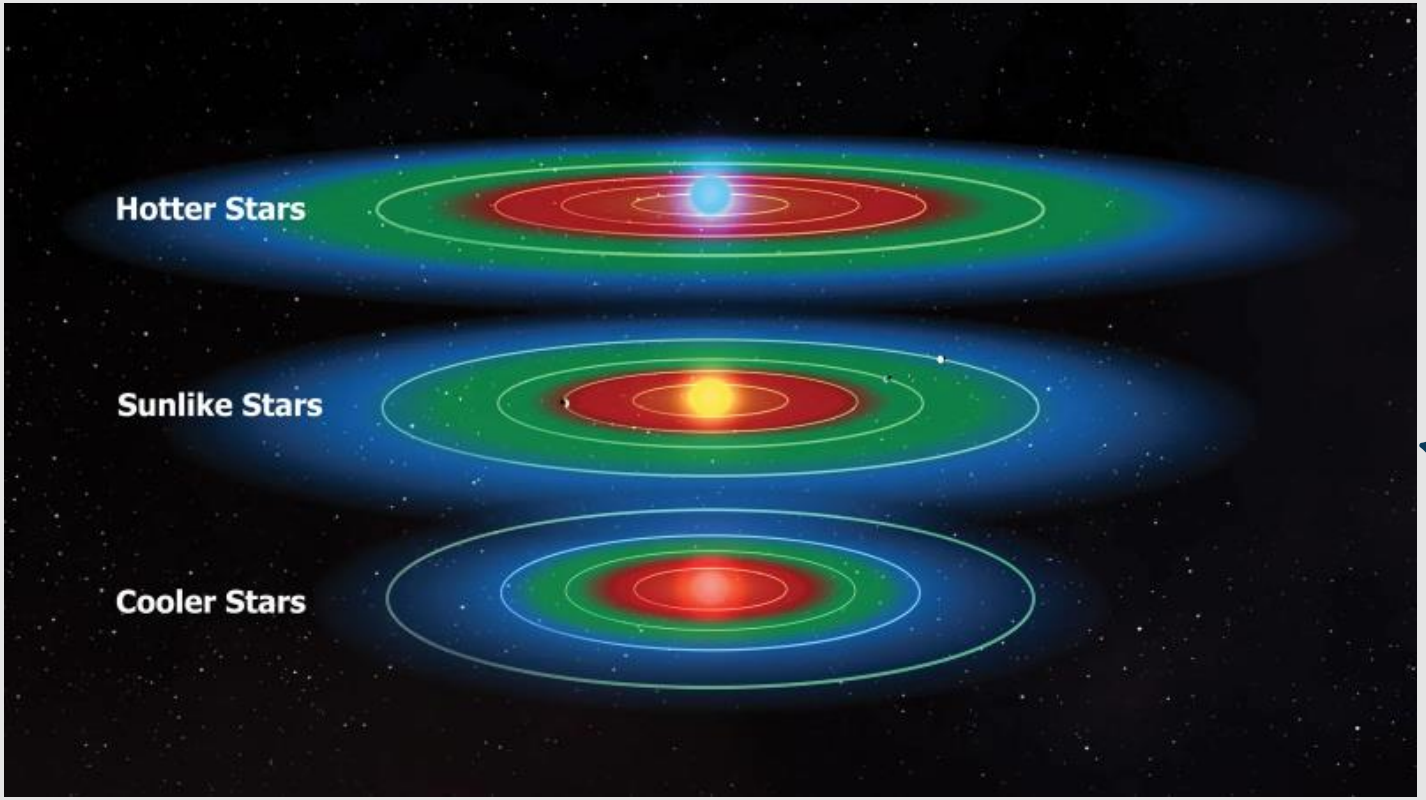


(By: exoplanets.nasa.gov)



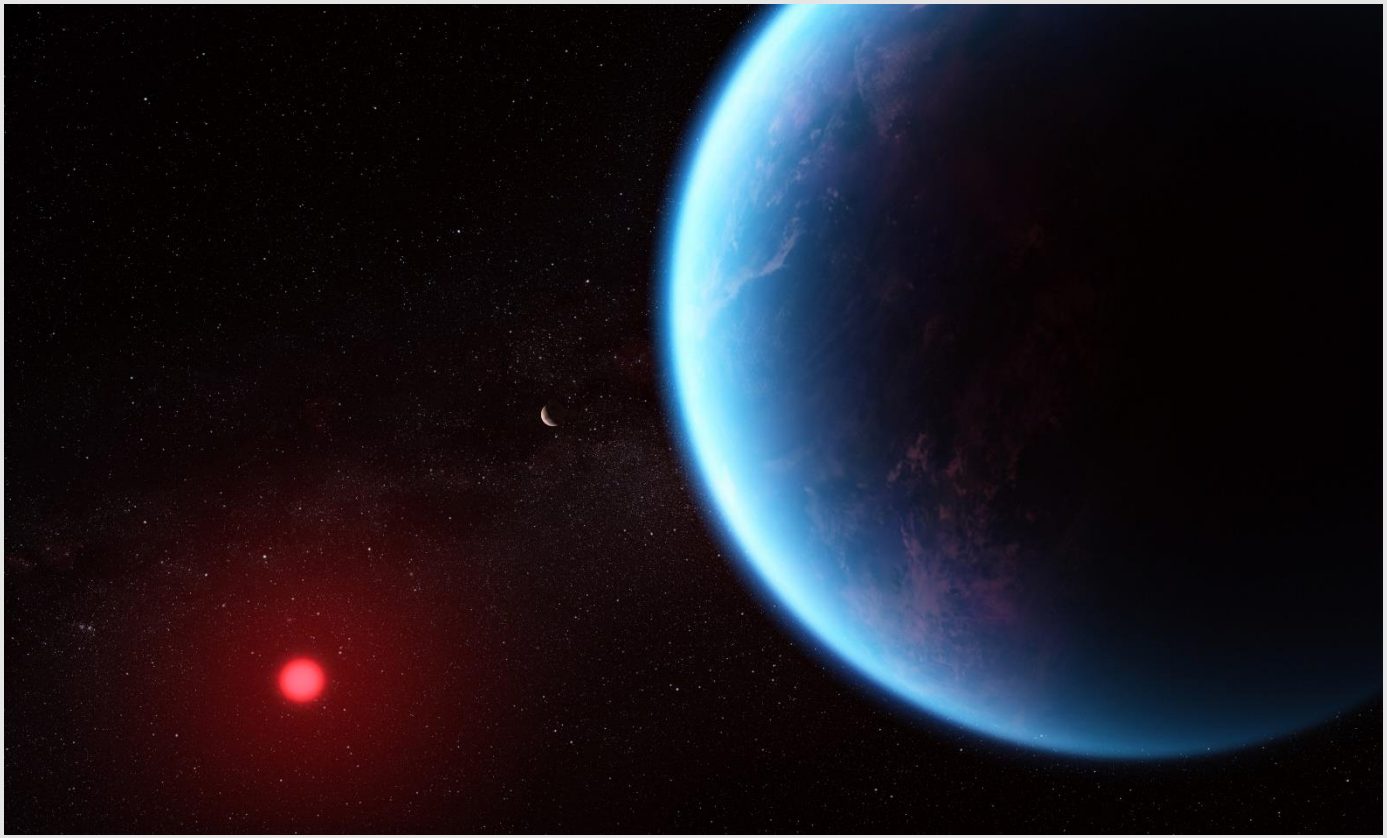
Biology for Astronomers

Η Κατοικήσιμη Ζώνη



(By: exoplanets.nasa.gov)

Biology for Astronomers

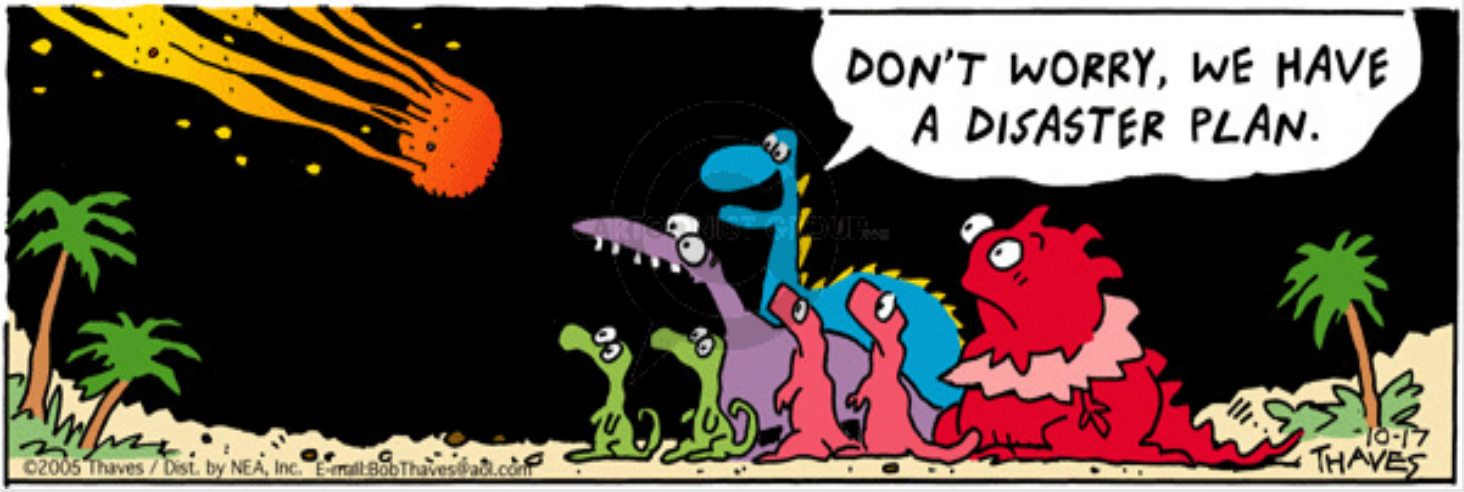


Ο πλανήτης K2-18b, 124 έτη φωτός μακριά από τη Γη!

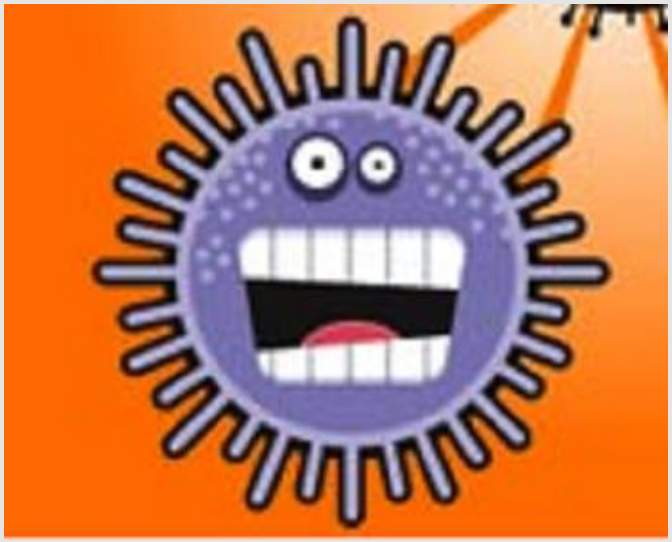
[Webb Discovers Methane, Carbon Dioxide in Atmosphere of K2-18 b | NASA]

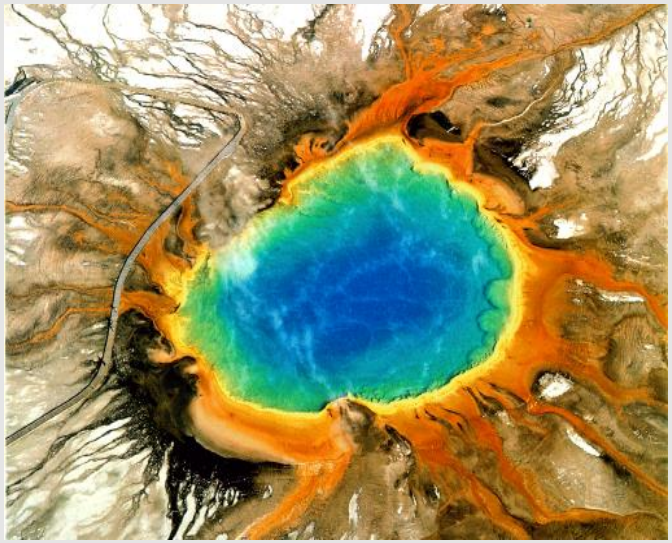
Biology for Astronomers
2. Requirements for life

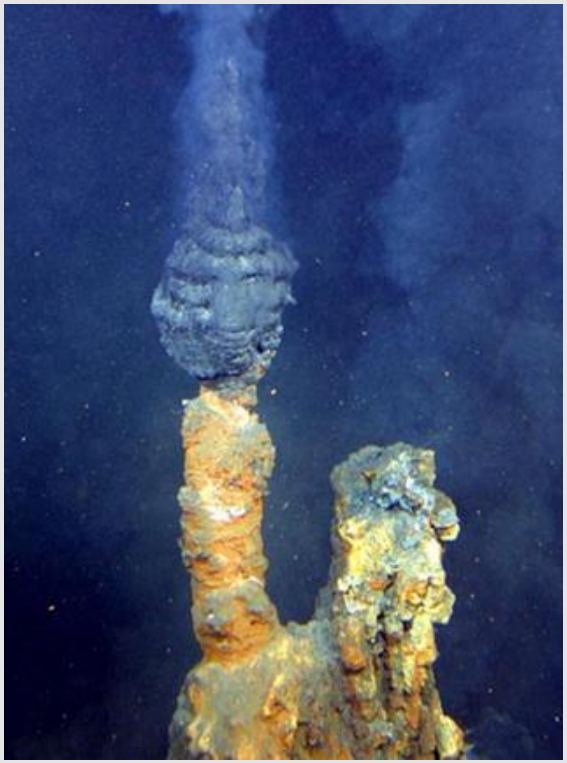
[HOW JUPITER & SATURN SAVE EARTH FROM ASTEROIDS || THE UNIVERSE EXPLORER - YouTube]



Part B: Life on the edge!







- **Extremophiles (Ακραιόφιλοι οργανισμοί)**: Οργανισμοί που ζουν σε περιβάλλοντα με **συνθήκες** που θα ήταν **ακραίες** και επιβλαβείς για την πλειοψηφία της ζωής στη Γη. Οι περισσότεροι από αυτούς είναι προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί.

- **Τι ορίζουμε ως ακραίο περιβάλλον?**

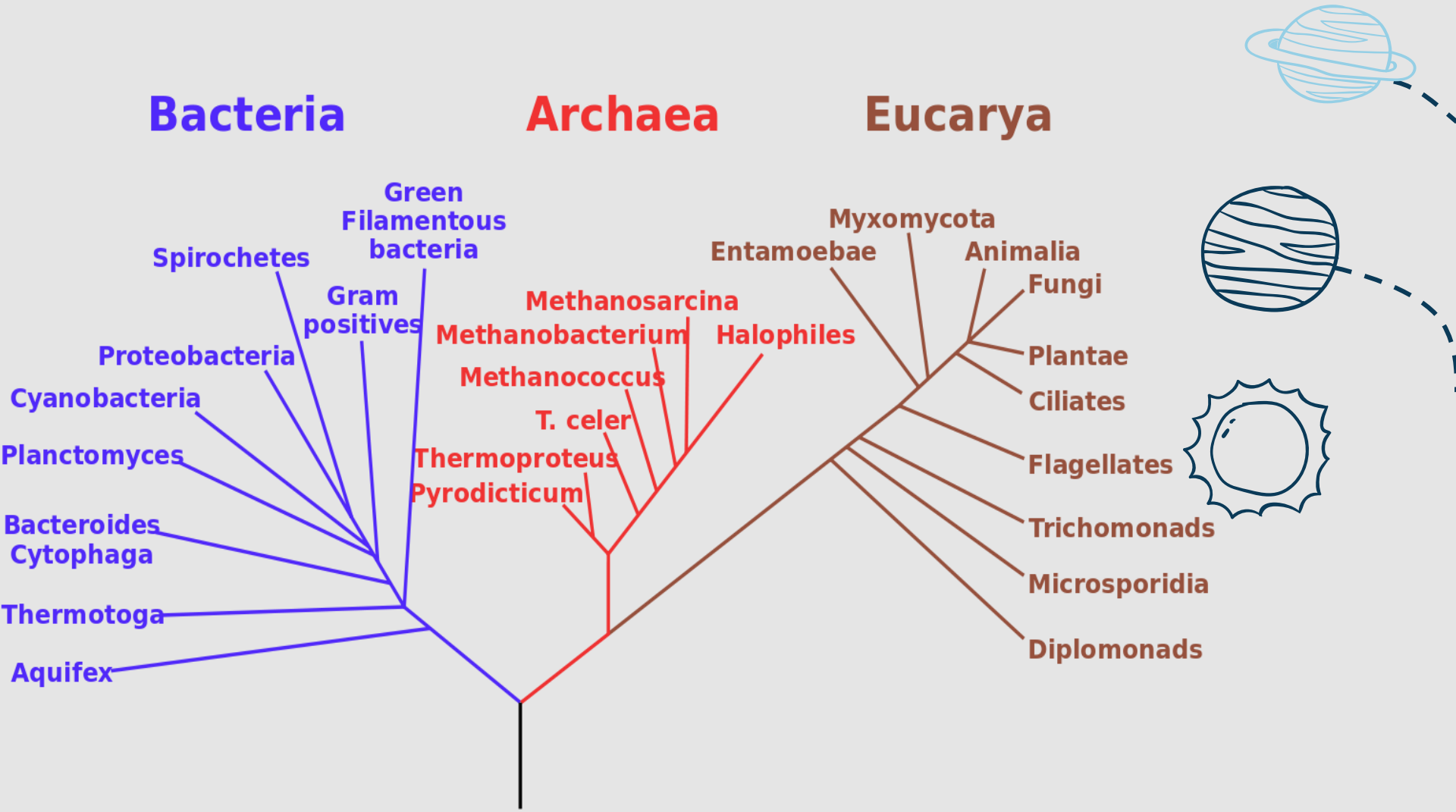
- **Σημασία της μελέτης των ακραιόφιλων:**

1) Κατανόηση των ορίων της ζωής.

2) Αναζήτηση ζωής σε άλλους πλανήτες.

3) Εφαρμογές στη Μοριακή Βιολογία και Βιοτεχνολογία**.**

(Coker, 2019 ; Merino et al., 2019)


Bacteria
Archaea
Eucarya
Green Filamentous bacteria
Spirochetes
Gram positives
Proteobacteria
Cyanobacteria
Planctomyces
Bacteroides Cytophaga
Thermotoga
Aquifex
Methanosarcina
Methanobacterium
Halophiles
Methanococcus
T. celer
Thermoproteus
Pyrodicticum
Myxomycota
Entamoebae
Animalia
Fungi
Plantae
Ciliates
Flagellates
Trichomonads
Microsporidia
Diplomonads

Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved. No reproduction or distribution without the prior written consent of McGraw-Hill Education.

Domain Archaea

Sulfolobus, an archaean

- Prokaryotic cells of various shapes
- Adaptations to extreme environments
- Absorb or chemosynthesize food
- Unique chemical characteristics

b.

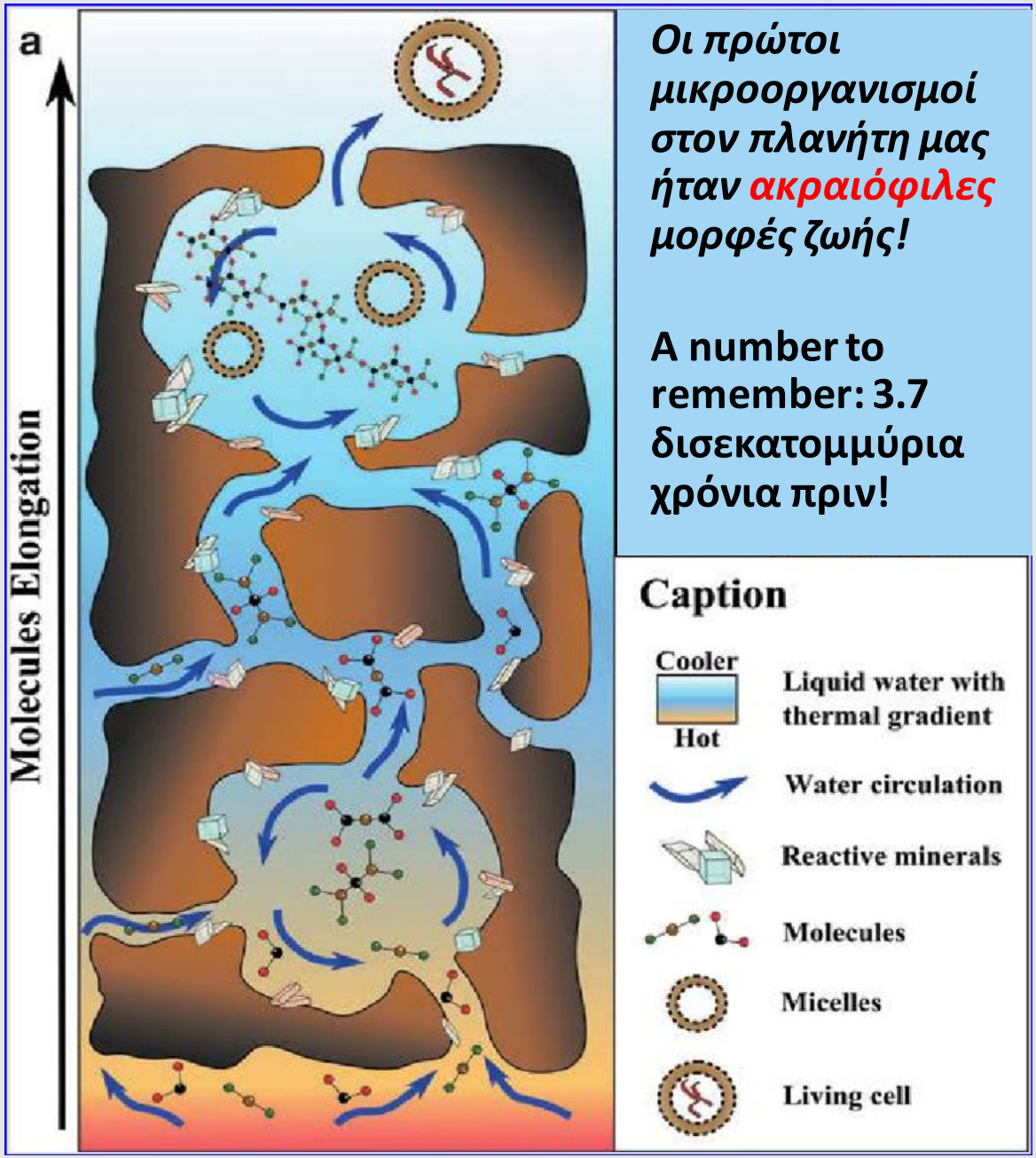
©Eye of Science/Science Source

(Inquiry into Life, 16th ed.)

Περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τους ζωντανούς οργανισμούς

- **Θερμοκρασία**
- **pH**
- **Πίεση**
- **Αλατότητα**
- **Ακτινοβολίες**
- Ανάλογα με το οικοσύστημα, **συγκεκριμένοι** παράγοντες επιδρούν περισσότερο στους ζωντανούς οργανισμούς σε σχέση με τους άλλους (π.χ. στις θερμοπηγές η θερμοκρασία).

(Coker, 2019 ; Merino et al., 2019)



Οι πρώτοι μικροοργανισμοί στον πλανήτη μας ήταν ακραιόφιλες μορφές ζωής!

A number to remember: 3.7 δισεκατομμύρια χρόνια πριν!

(Coker, 2019 ; Merino et al., 2019)

Extremophiles

1. ΘΕΡΜΟΦΙΛΑ

- Ζουν σε: **Υδροθερμικές πηγές στα βάθη των ωκεανών, ηφαίστεια, θερμοπηγές, θερμοπίδακες (geysers)**.

Extremophiles

1. ΘΕΡΜΟΦΙΛΑ

- Αναπτύσσονται σε T > 45°C .
  - Υπερθερμόφιλα: T > 8O^{o}C.
- **Record holder:** *Geogemma barossii* strain 121 – 121 μέχρι 130°C.
- Γνωρίζετε κάποιο άλλο παράδειγμα?
- Ειδικές **προσαρμογές** στο **DNA** και στις **πρωτεΐνες** τους, ώστε να αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες.

(Coker, 2019 ; Merino et al., 2019)

Extremophiles

2. ΨΥΧΡΟΦΙΛΑ

- Έχουν απομονωθεί από: **παγετώνες**, **πολικές περιοχές παγωμένες λίμνες, μόνιμο πάγο στις κορυφές ψηλών βουνών.**

Photo Credit: Perito Moreno Glacier, Argentina - Luca Galuzz
Chryseobacterium greenlandensis - Penn State.
For more information visit http://astrobiology.nasa.gov/

National Aeronautics and Space Administration

Chryseobacterium greenlandensis is a very small bacterium. It has survived for up to 120,000 years within the ice of a Greenland glacier. It has been found nearly two miles below the surface.

Extremophiles

2. ΨΥΧΡΟΦΙΛΑ

- Αναπτύσσονται σε T < 15ºC .
  - **Cryophiles**: όρος που χρησιμοποιείται όταν δεν αναφερόμαστε σε βακτήρια.

- **Record holder:** *Planococcus halocryophilus* – ζει ακόμα και στους -25ºC και μπορεί να διαιρείται στους -15ºC.

- Συγκεκριμένες **προσαρμογές**, ώστε να μην παγώνει το κυτταρόπλασμα και να διατηρείται η ρευστότητα των κυτταρικών μεμβρανών.

(Tendulkar et al., 2021)

Extremophiles

3. ΟΞΕΟΦΙΛΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΟΦΙΛΑ

- Περιβάλλοντα με ακραίο pH στη Γη: **ορυχεία, γεωθερμικές πηγές και θερμοπηγές, νερά με υψηλή αλατότητα.**

3. ΟΞΕΟΦΙΛΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΟΦΙΛΑ

- **Record holders:** *Picrophilus oshimae, Picrophilus torridus, Sulfolobus* species – αναπτύσσονται σε pH κοντά στο 0.7.
- **Record holder:** *Serpentinomonas sp* strain *B1,* – pH opt = 11.

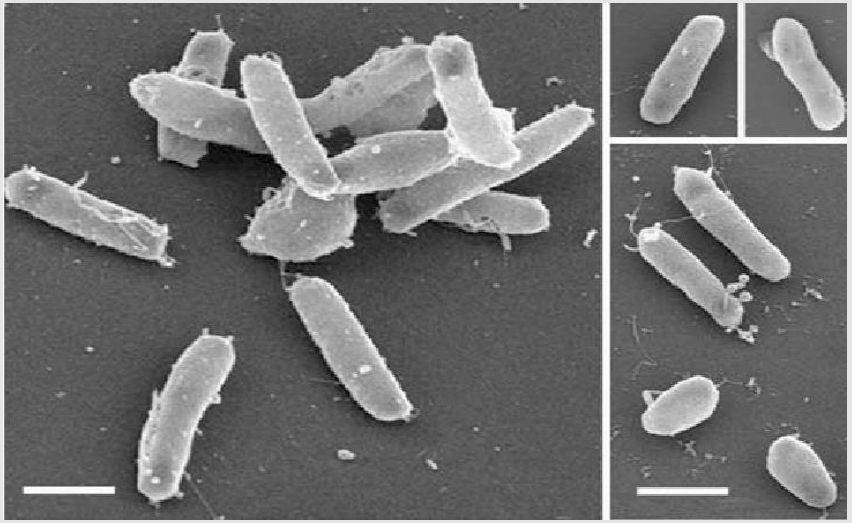
(Coker, 2019 ; Merino et al., 2019)

Extremophiles

4. ΑΛΑΤΟΦΙΛΑ

- Αναπτύσσονται σε **περιβάλλοντα υψηλής αλατότητας**.
- **Record holder:** *Halarsenatibacter silvermanii*, στην Αλμυρή Λίμνη Searls στις ΗΠΑ – 35% NaCl.
- Άλλα μέρη: **Μεγάλη Αλμυρή Λίμνη (Great Salt Lake, Utah), Λίμνη Mono, Νεκρά Θάλασσα, και οι Αλμυρές Λίμνες στη Χιλή.**

(Coker, 2019 ; Merino et al., 2019)



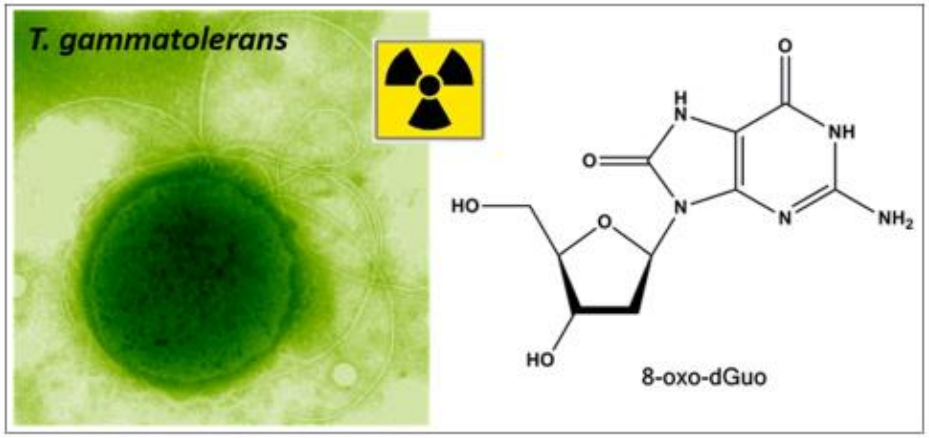
Halobacterium salinarum, bacteriorhodopsin – by: researchgate.net

Extremophiles

5. ΡΑΔΙΟΑΝΘΕΚΤΙΚΑ

- Ανθεκτικά στη **UV και γ ακτινοβολία**.

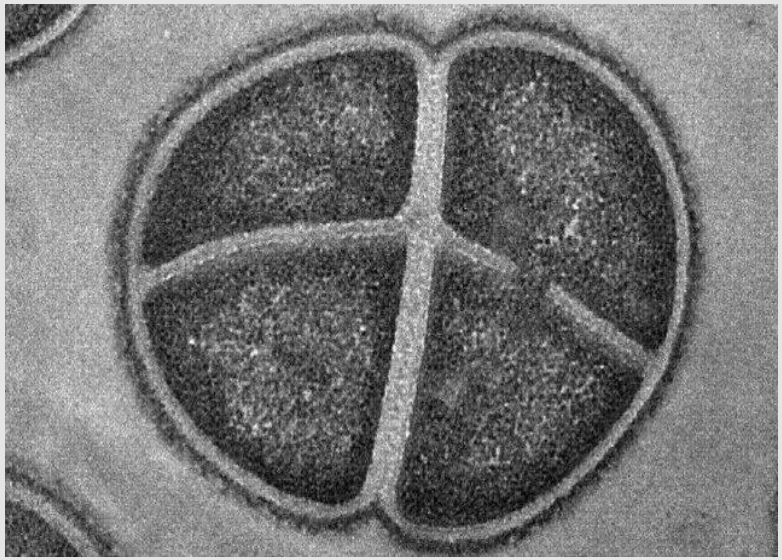
- **Impressive record holder 1:**

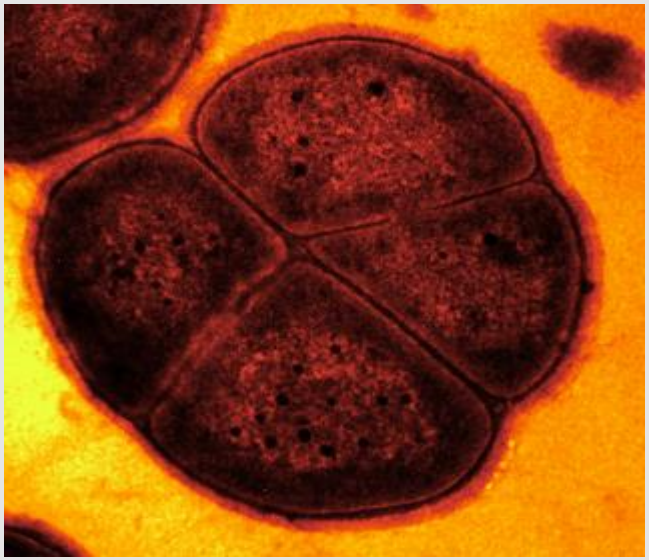


Thermococcus gammatolerans can withstand up to 30 kGy of γ radiation.
by: pubs.acs.org

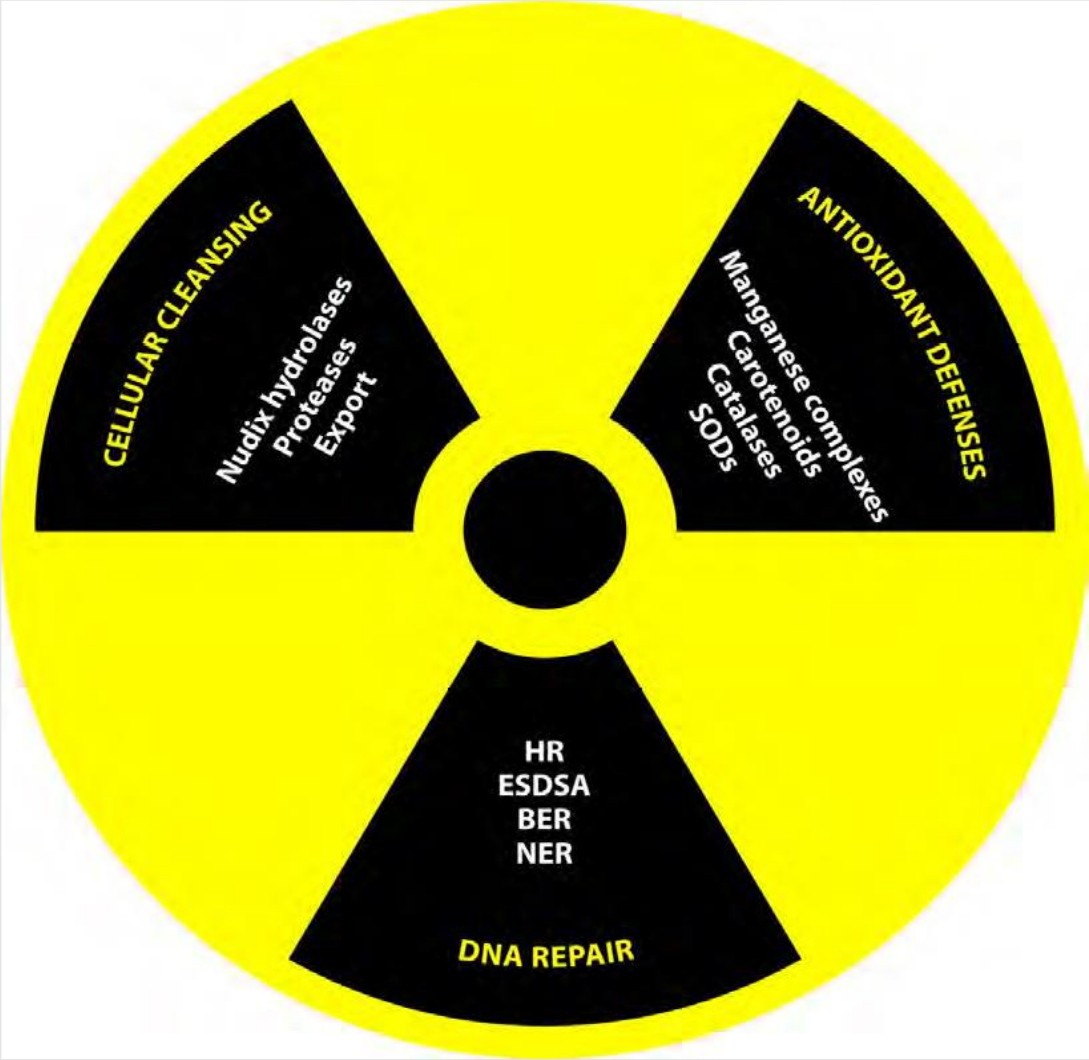
Extremophiles

- **Impressive record holder 2 (ο πρωταθλητής!):**





***Deinococcus radiodurans,* the world's toughest bacterium!**
by: researchgate.net



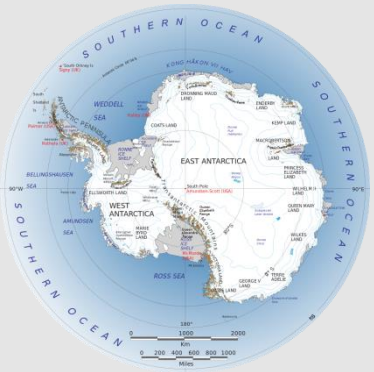
Οι προσαρμογές των Ραδιοανθεκτικών μικροοργανισμών αποτελούν αντικείμενο εντατικών ερευνών! Πολύ σημαντικές αναμένεται να είναι οι εφαρμογές στην **προστασία του περιβάλλοντος (bioremediation)** και στις **Βιοϊατρικές επιστήμες**.

Rio Tinto, Spain

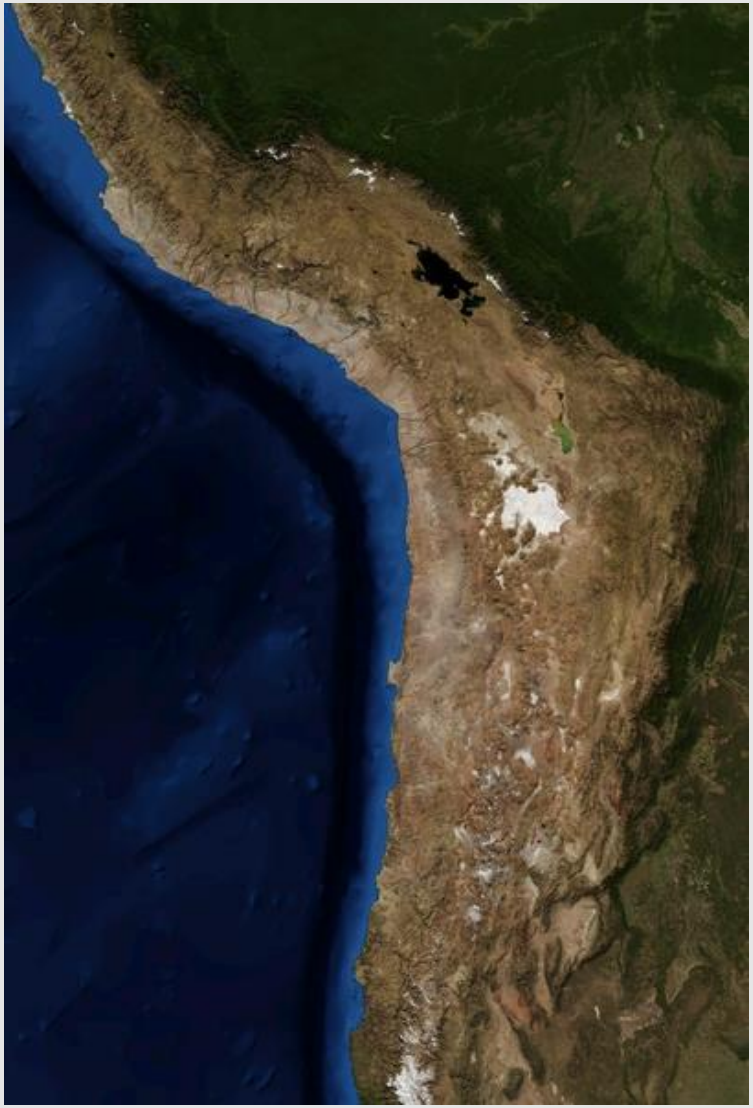
Ορυχεία Σιδήρου, Εξαιρετικά όξινο περιβάλλον.

South pole (Antarctica)

Χαμηλές θερμοκρασίες, Υψηλή UV ακτινοβολία, υψηλή αλατότητα στο έδαφος.



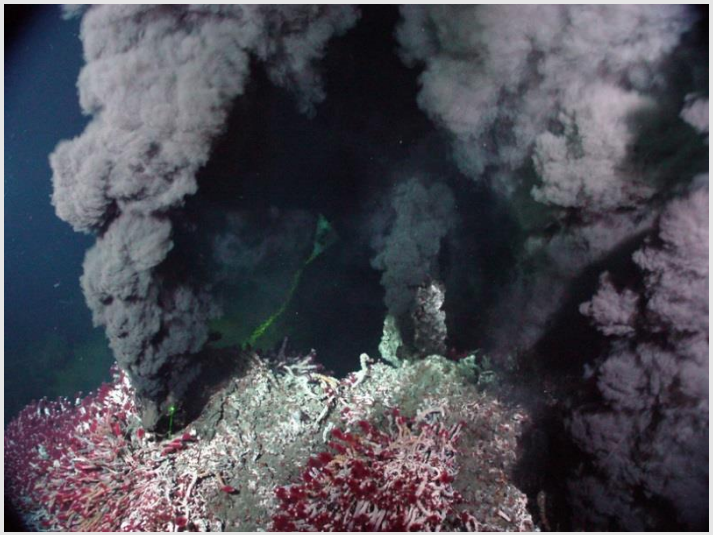
Atacama Desert, Chile



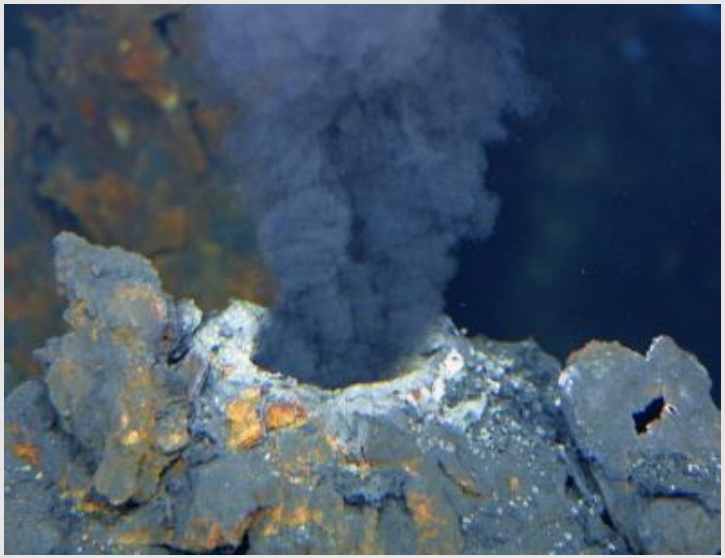
Licancabur, Chile

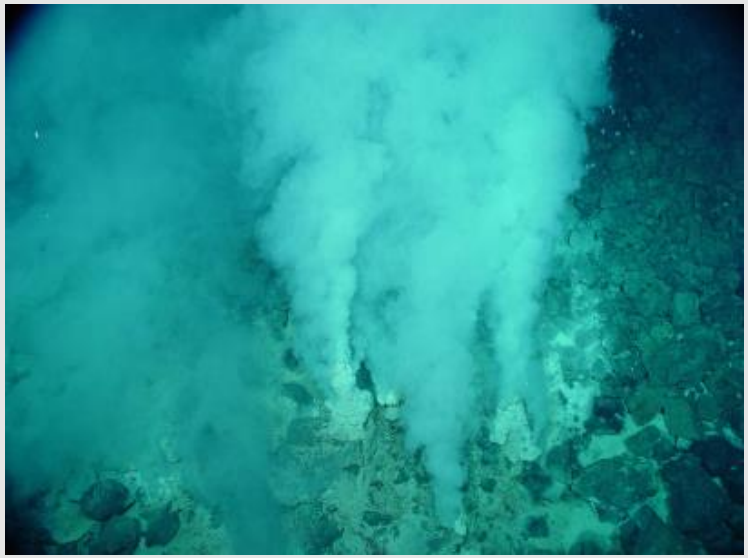
Το μέρος αυτό έχει θεωρηθεί ως ανάλογο των αρχαίων λιμνών του Άρη.

Deep Sea Hydrothermal Vents



Τα μέρη όπου φαίνεται να ξεκίνησε η ζωή στη Γη!

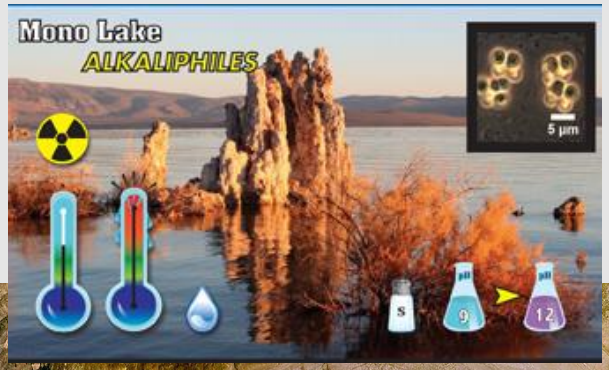


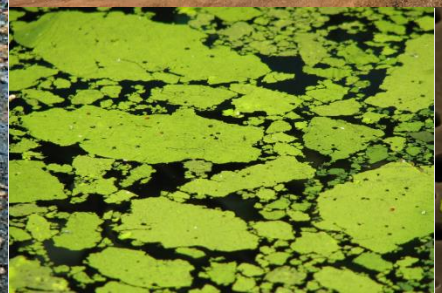


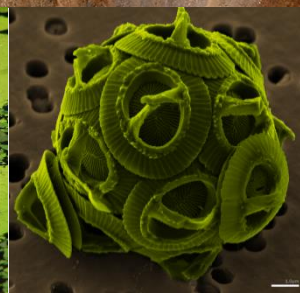
Yellowstone, Wyoming, USA.

Lake Mono, California, USA

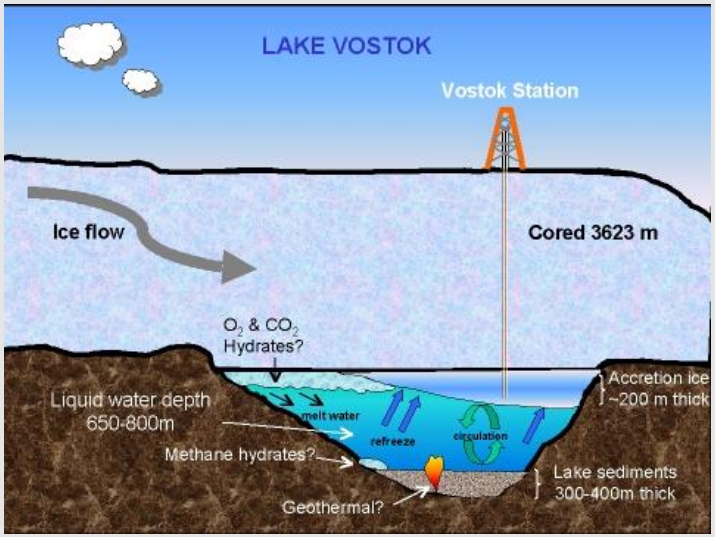
Αλκαλικό pH, αλατότητα, βακτήρια που ζουν παρουσία Αρσενικού.

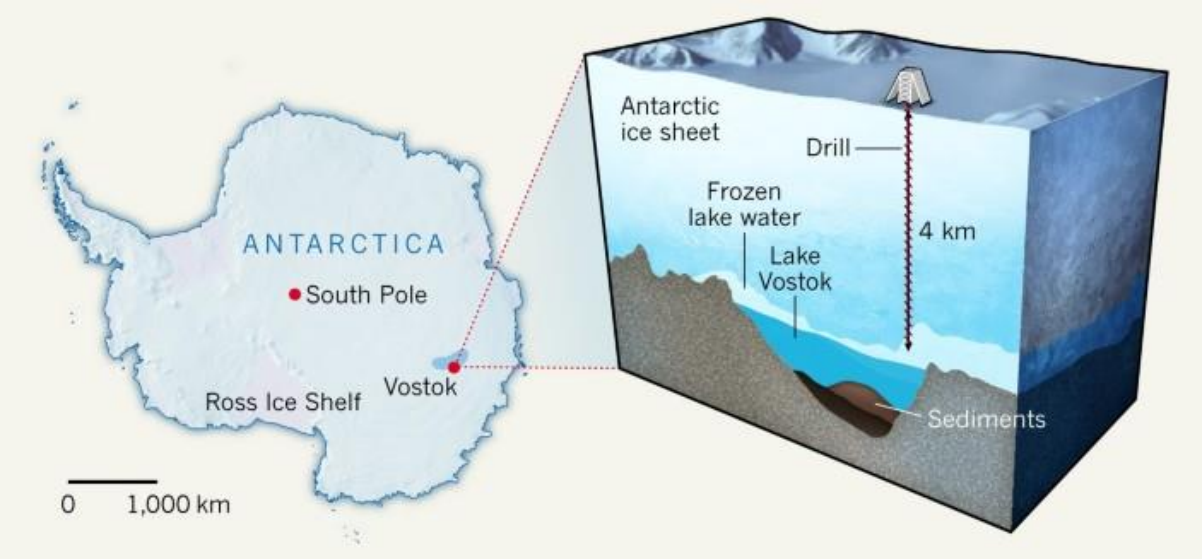






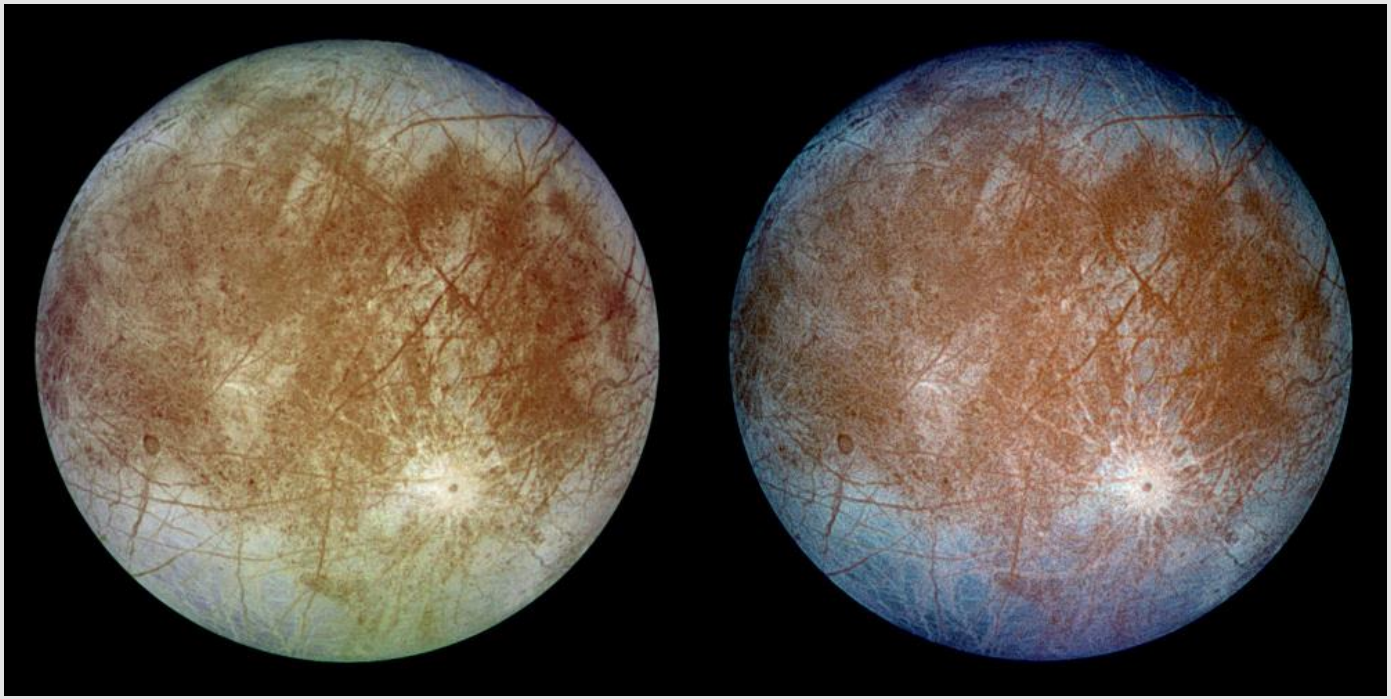
Lake Vostok, Antarctica



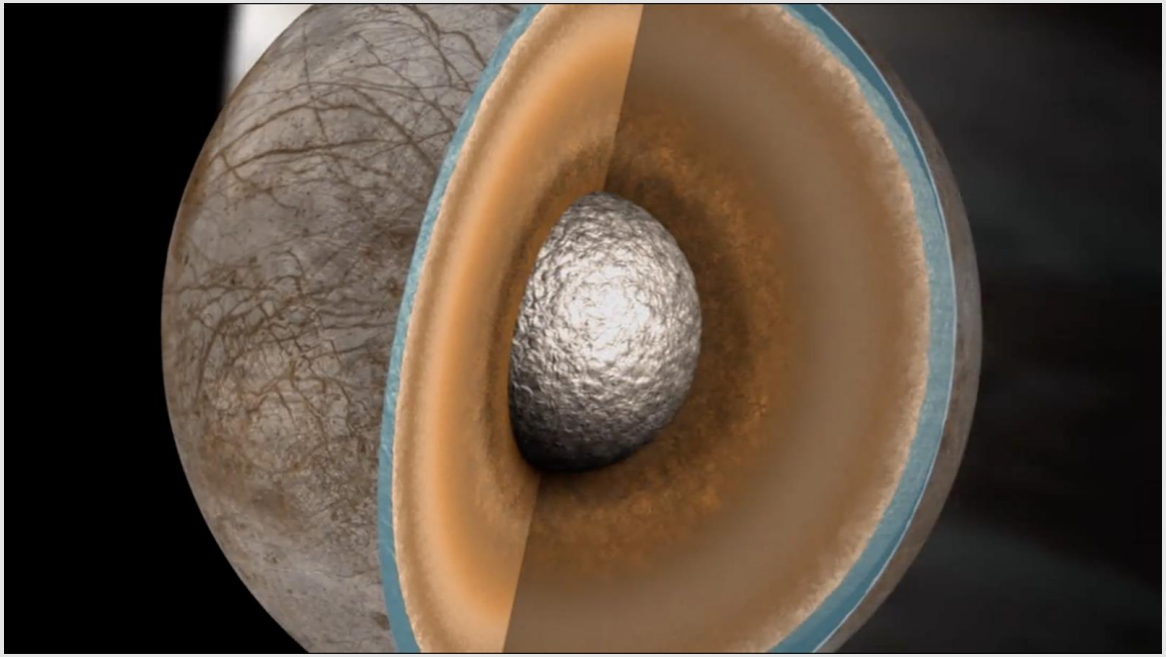


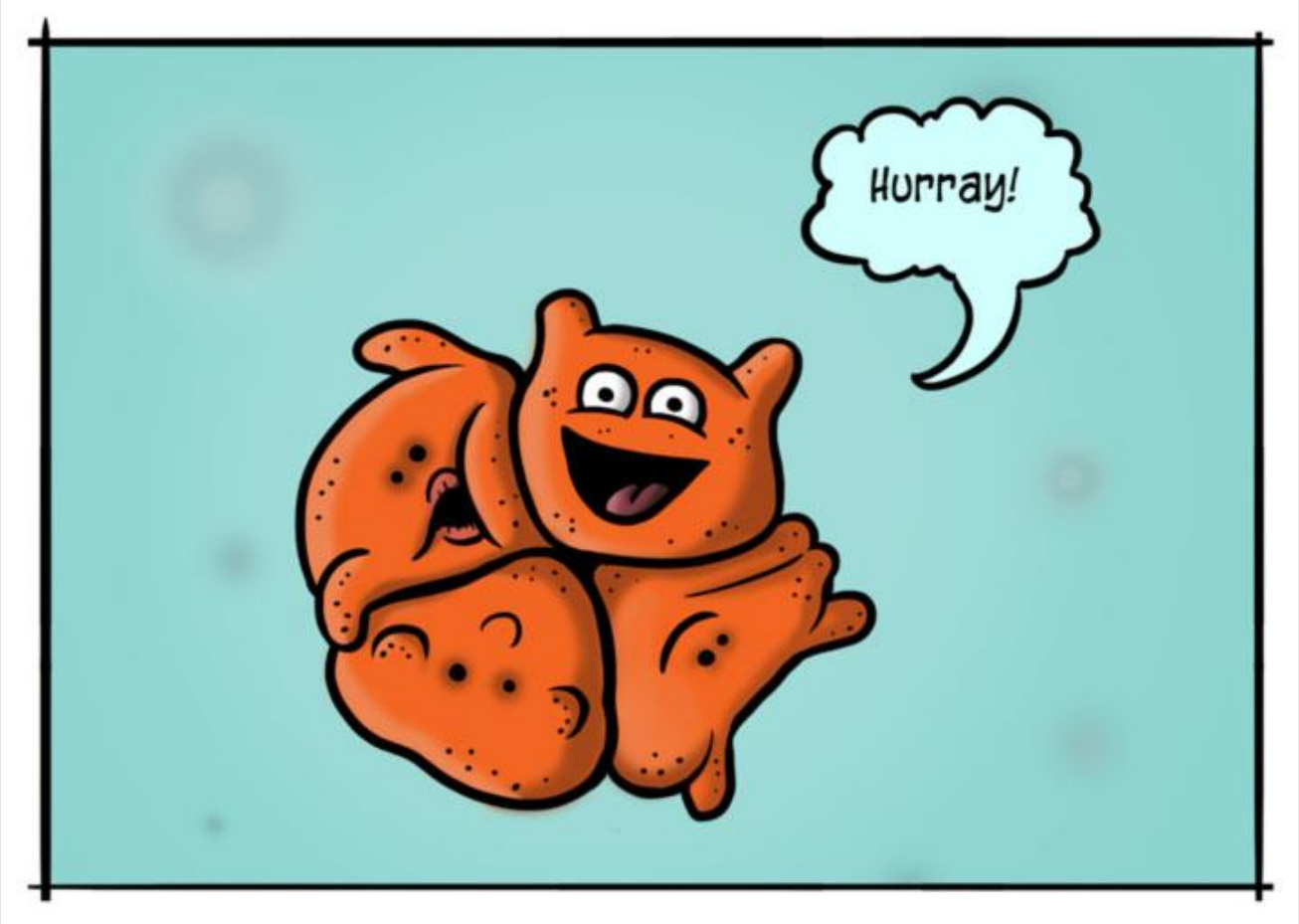
Λίμνη υγρού νερού κάτω από ένα στρώμα πάγου 4km!

Ανάλογο της Ευρώπης (δορυφόρος του Δια)!



Ίσως η αποστολή Juice (Jupiter Icy Moons Explorer) να μας αποκαλύψει ακόμα περισσότερα για τα παγωμένα φεγγάρια του Δια!




Hurray!

Χρήσιμα και Ενδιαφέροντα websites

Homepage | Astrobiology (nasa.gov)

NASA Astrobiology - YouTube

ESA - Astrobiology

Astrobiology in Greece – Αστροβιολογία στην Ελλάδα – Astrobiology Research and Outreach Activities in Greece – Αστροβιολογία στην Ελλάδα

EANA - European Astrobiology Network Association (eana-net.eu)

Exoplanet Exploration: Planets Beyond our Solar System (nasa.gov)

NASA's Eyes

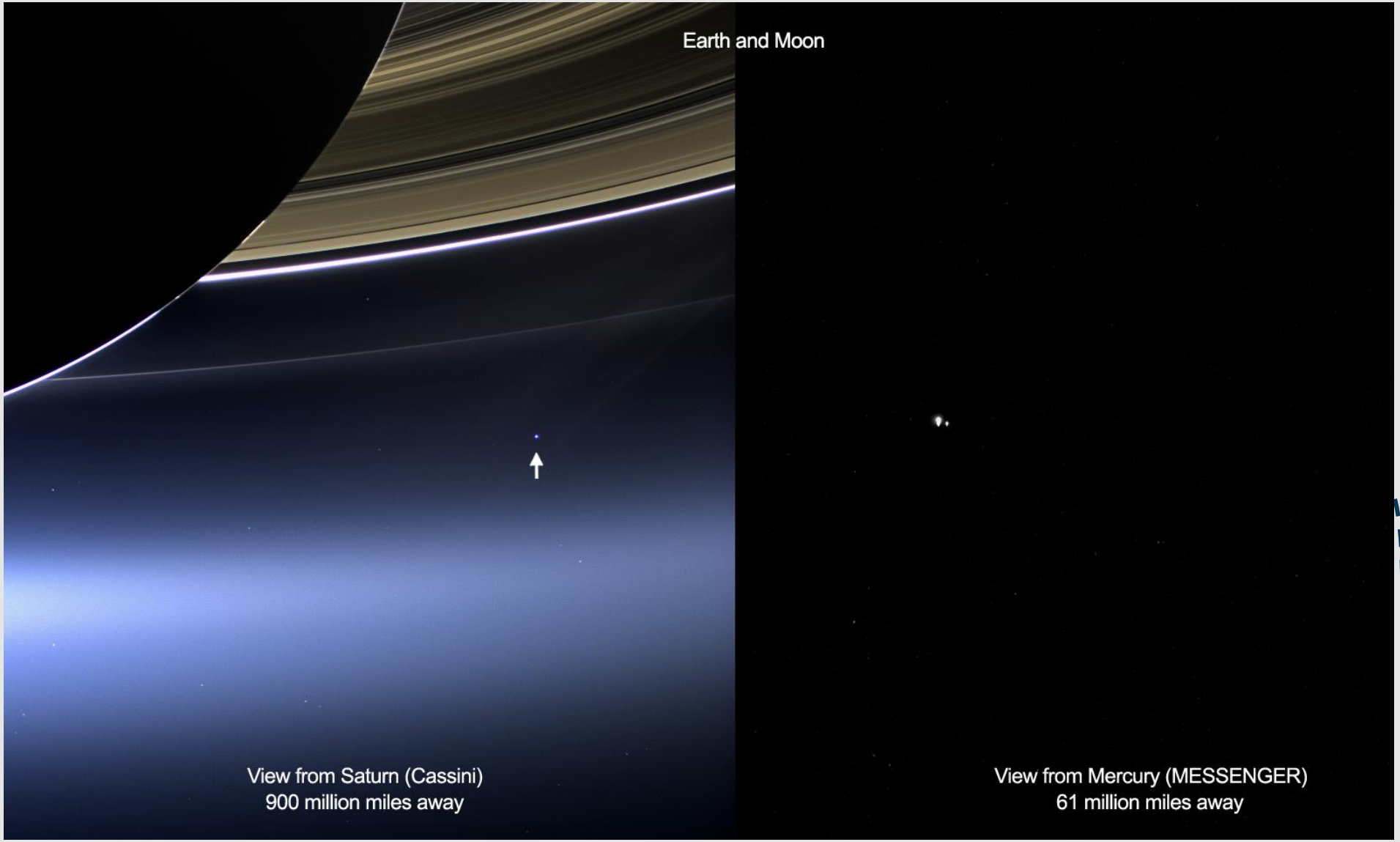
Βιβλιογραφία 1ου μέρους

- Ballesteros FJ, Fernandez-Soto A, Martínez VJ. **Diving into Exoplanets: Are Water Seas the Most Common?** *Astrobiology.* 2019 May;19(5):642-654.
- Des Marais DJ, Nuth JA 3rd, Allamandola LJ, Boss AP, Farmer JD, Hoehler TM, Jakosky BM, Meadows VS, Pohorille A, Runnegar B, Spormann AM. **The NASA Astrobiology Roadmap.** *Astrobiology.* 2008 Aug;8(4):715-30.
- Ma W. **The essence of life.** *Biol Direct.* 2016 Sep 26;11(1):49.
- Petkowski JJ, Bains W, Seager S. **On the Potential of Silicon as a Building Block for Life.** *Life (Basel).* 2020 Jun 10;10(6):84.
- Reece JB, Campbell NA. **Campbell Biology.** 9th ed. Boston: Benjamin Cummings / Pearson; 2011.

Βιβλιογραφία 2ου μέρους

- Coker JA. **Recent advances in understanding extremophiles**. *F1000Res.* 2019 Nov 13;8:F1000 Faculty Rev-1917..
- Des Marais DJ, Nuth JA 3rd, Allamandola LJ, Boss AP, Farmer JD, Hoehler TM, Jakosky BM, Meadows VS, Pohorille A, Runnegar B, Spormann AM. **The NASA Astrobiology Roadmap**. *Astrobiology.* 2008 Aug;8(4):715-30.
- Mader S. and Windelspecht M., 2020. **Inquiry into Life. 16th ed.** New York: McGraw - Hill Education.
- Merino N., Aronson HS, Bojanova DP, Feyhl-Buska J., Wong ML, Zhang S., Giovannelli D. **Living at the Extremes: Extremophiles and the Limits of Life in a Planetary Context**. *Front Microbiol.* 2019 Apr 15;10:780.
- Orellana R., Macaya C., Bravo G., Dorochesi F., Cumsille A., Valencia R., Rojas C., Seeger M. **Living at the Frontiers of Life: Extremophiles in Chile and Their Potential for Bioremediation**. *Front Microbiol.* 2018 Oct 30;9:2309.
- Tendulkar S., Hattiholi A., Chavadar M., Dodamani S. **Psychrophiles: A journey of hope**. *J Biosci.* 2021;46:64. .

What about me?



Σας ευχαριστώ πολύ!