

Astrobiology

Nguồn gốc và sự tiến hóa của sự sống

Vassilissa Vinogradoff, Beatriz García, Rosa M. Ros

International Astronomical Union

CNRS, Aix-Marseille Université, PIIM laboratory, Marseille, France.

CONICET/Universidad Tecnológica Nacional, Mendoza, Argentina

Universidad Politécnica de Cataluña, Spain



Định nghĩa sinh học vũ trụ

Sinh học vũ trụ không phải là một môn học mà là một hoạt động liên ngành xung quanh câu hỏi về nguồn gốc và sự tiến hóa của sự sống trên Trái đất và sự hiện diện có thể có của nó ở các phần khác của Vũ trụ; Nó bao gồm tất cả các lĩnh vực quan tâm đến vấn đề này, từ thiên văn học đến sinh học, bao gồm địa chất và hóa học, mà còn cả lịch sử và triết học khoa học.



Etimology: Exobiology và Astrobiology

Với cuộc chạy đua không gian và các sứ mệnh thám hiểm mặt trăng và sao Hỏa đầu tiên, nguy cơ ô nhiễm sinh học xuất hiện.

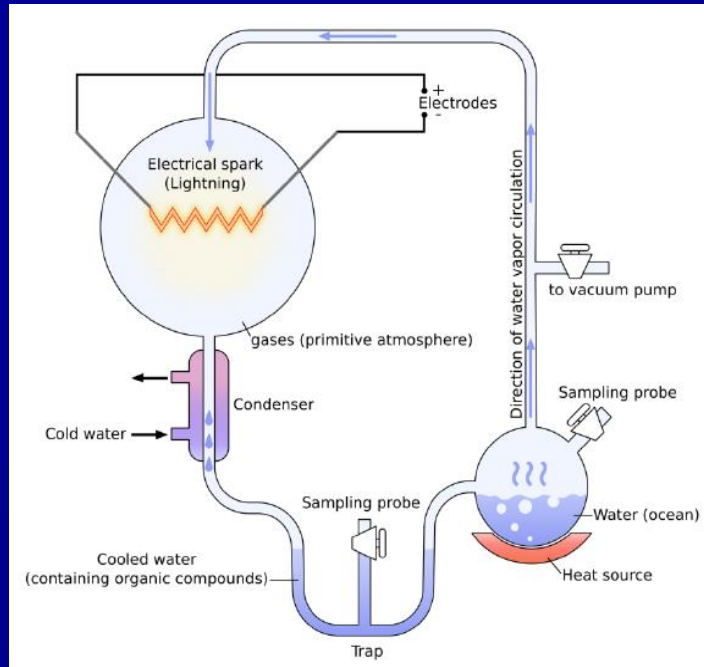
Đầu tiên, các nhà khoa học giả định rằng vi khuẩn không có khả năng chịu được các điều kiện của không gian.

Ngày nay chúng ta biết rằng đây không phải là trường hợp và, ví dụ, tardigrades có khả năng chống lại các điều kiện khắc nghiệt, bao gồm cả những điều kiện trong không gian, và đây không phải là một trường hợp cá biệt.



Gấu nước (tardigrade),
Hypsibius exemplaris
(Tín dụng: B. Goldstein & V. Madden)

Etimology: Exobiology và Astrobiology



Sơ đồ thí nghiệm Miller-Urey.
(Tín dụng: S. La Barre)

Với thí nghiệm tiên phong của Miller-Urey bắt đầu các nghiên cứu hóa học để tổng hợp các phân tử prebiotic đầu tiên trong phòng thí nghiệm

Một môn học quan trọng mới cho việc tìm kiếm nguồn gốc của sự sống thông qua thám hiểm không gian xuất hiện:

Exobiology, thuật ngữ được giới thiệu bởi Joshua Lederberg vào năm 1960.

Thuật ngữ "Sinh học vũ trụ" đã được IAU thông qua vào năm 2015.

Mục tiêu sinh học vũ trụ

- Xác định Cuộc sống là gì.
- Xác định nguồn gốc của sự sống.
- Hãy tìm những dấu chân lâu đời nhất của nó.
- Hiểu cơ chế tiến hóa của nó trên Trái đất.
- Tìm kiếm sự sống trong vũ trụ.



Xác định cuộc sống



Câu hỏi này đòi hỏi các
lập luận khoa học,
Nhưng nó cũng là một
câu hỏi triết học.

Sự sống là một đặc điểm của một sinh vật sống phân biệt cái sau với một sinh vật chết hoặc một sinh vật không sống, được phân biệt cụ thể bởi khả năng

- **Lớn lên.**
- **Chuyển hóa.**
- **Phản ứng với các kích thích.**
- **Thích nghi.**
- **Sao chép.**

Sự đa dạng của các sinh vật sống trên trái đất

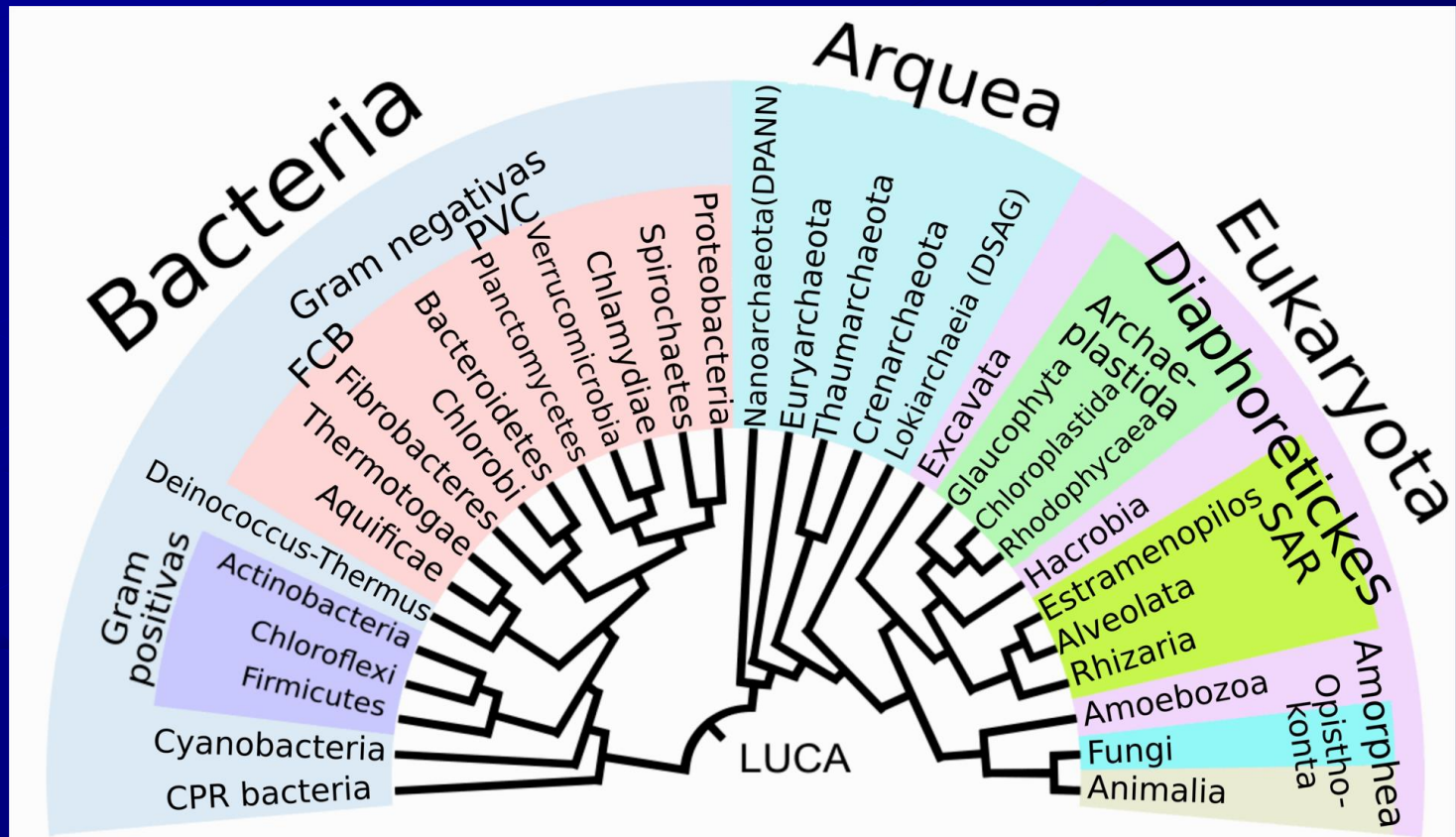
Ví dụ duy nhất được biết đến về sự sống là sự sống trên mặt đất.

Sinh học vũ trụ tập trung nhiều nỗ lực vào việc nghiên cứu sự sống trên mặt đất trong mọi môi trường, đặc biệt là ở những môi trường khắc nghiệt nhất, chẳng hạn như suối thủy nhiệt dưới nước, hồ nước muối hoặc những nơi đóng băng.

Loại môi trường này có thể là một sự tương tự tốt cho các vị trí ngoài trái đất.

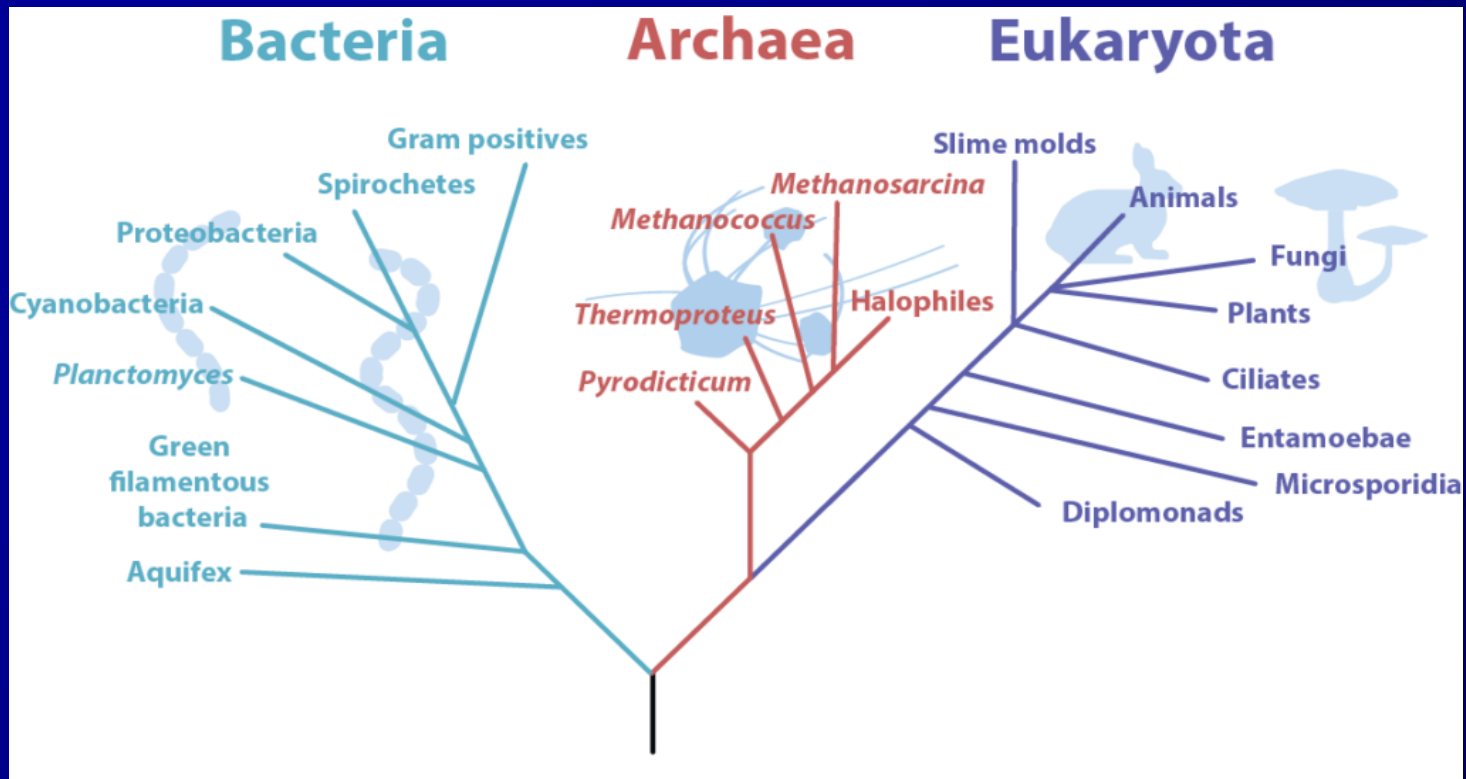


Để hiểu rõ hơn về giới hạn của các sinh vật sống và các cơ chế hoạt động trong môi trường khắc nghiệt, các nhà khoa học tìm cách xác định sự đa dạng phát sinh loài và trao đổi chất của các sinh vật sống.



(Tín dụng: Wikipedia)





(Tín dụng: open.oregonstate.education)

Một trong những nhánh của cây sự sống được quan tâm đặc biệt là vi khuẩn cổ (hay vi khuẩn cổ), khác với vi khuẩn nhân sơ do trình tự RNA ribosome của chúng và đặc biệt thích nghi với môi trường khắc nghiệt (về áp suất, nhiệt độ, độ mặn, chất dinh dưỡng, v.v.).



Tìm kiếm dấu vết lâu đời nhất của sự sống trên Trái đất: Khó khăn

- 1) Trái đất là một hành tinh "sống" (kiến tạo, xói mòn) và do đó đã phát triển rất nhiều kể từ khi hình thành cách đây 4,5 tỷ năm. Dựa trên phả hệ của các loài, các sinh vật sống đầu tiên phải là những sinh vật đơn bào tương tự như vi khuẩn.
- 2) Các sinh vật nguyên thủy phải có kính hiển vi. Dấu vết lâu đời nhất đã được chứng minh của sự sống trên Trái đất có niên đại 3,48 tỷ năm và được phát hiện ở Úc.
- 3) Khó khăn trong việc giải thích và so sánh với các hệ thống phi sinh học, có thể đã hình thành dấu vân tay tương tự như chữ ký sinh học hoặc hình thái.



Hóa học prebiotic và sự chuyển đổi từ không sống sang sống

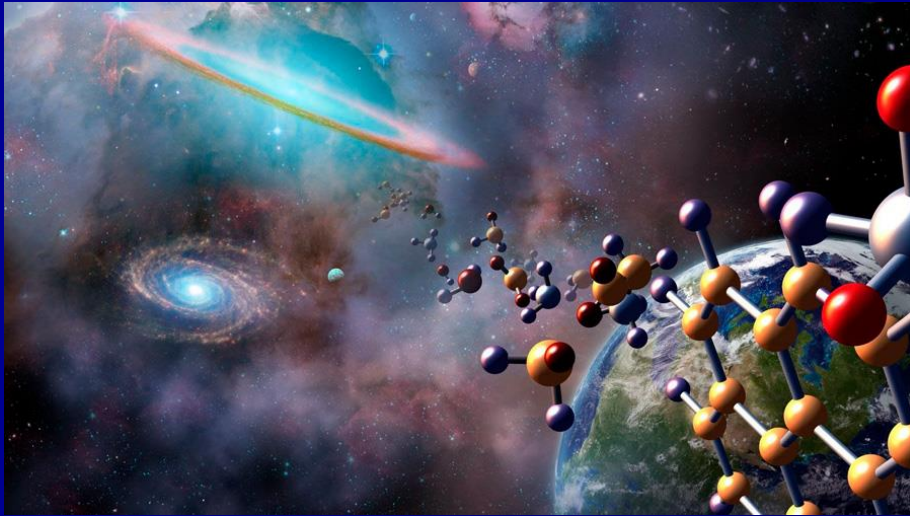
Ngày nay, trong tất cả các loài sống trên Trái đất, trong số tất cả sự đa dạng hiện có, có những khối cơ bản được tạo thành từ C, H, N và O

Các khối này là protein, cơ sở sao chép, DNA (axit deoxyribonucleic), mang thông tin di truyền và amphiphiles, tạo thành thành tế bào để ngăn cách.

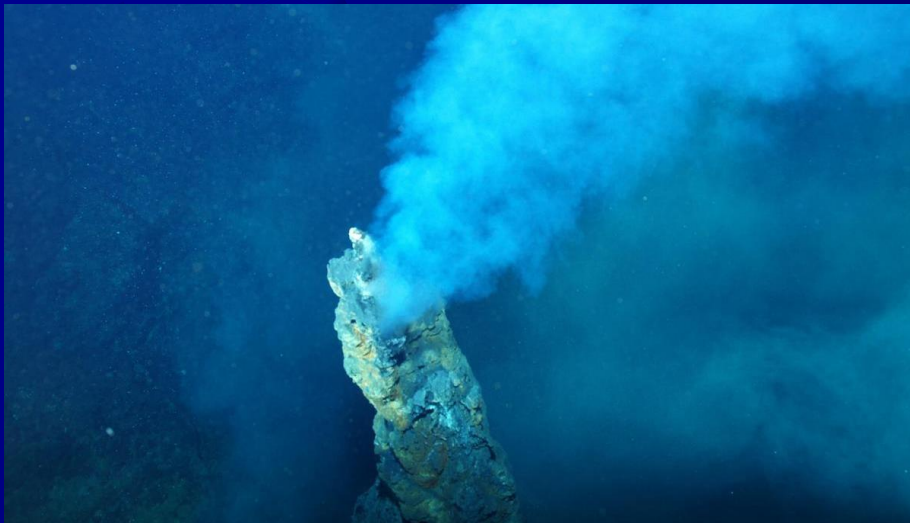
Do đó, những viên gạch nguyên tố mà mọi loài sống trên Trái đất có là năm loại phân tử (đôi khi được gọi là gạch của sự sống), axit amin, bazơ nitơ, đường, phốt pho, lipid (hoặc axit béo).



Hóa học prebiotic và sự chuyển đổi từ không sống sang sống



Những yếu tố này rất cần thiết cho sự sống trên mặt đất và nghiên cứu về nguồn gốc của chúng cho phép chúng ta đưa ra nhiều hạn chế hơn đối với nguồn gốc của sự sống.

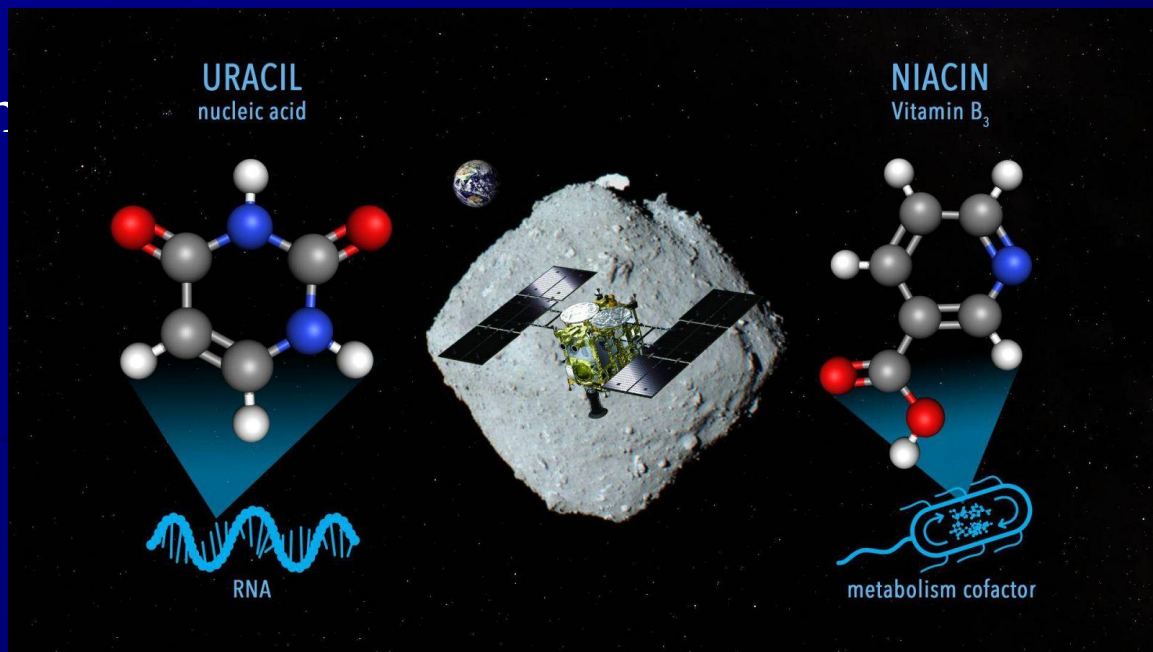


Về mặt phi sinh học, các phân tử này có thể đã hình thành trong bầu khí quyển của Trái đất, nhưng cũng trong các lỗ thông thủy nhiệt.



Hóa học prebiotic và sự chuyển đổi từ không sống sang sống

Một giả thuyết khác đề xuất rằng các phân tử này có thể được mang đến bởi các thiên thể (thiên thạch), đến từ các tiểu hành tinh và sao chổi: thiên thạch đã được chứng minh là có sự phong phú hữu cơ tuyệt vời.



Đại diện của tiểu hành tinh Ryugu
(Tín dụng: NASA Goddard / JAXA / Dan Gallagher)

Hóa học prebiotic và sự chuyển đổi từ không sống sang sống



Khi rơi xuống Trái đất, các thiên thạch có thể đã vận chuyển một phần nước và các nguyên tố siderophile được tìm thấy trên bề mặt của chúng sau khi biệt hóa 4,5 tỷ năm trước.



Chưa có dạng sống nào được tìm thấy trong các vật thể này, nhưng chúng chứa hàng ngàn phân tử đa dạng và đa dạng như những phân tử cần thiết trong tổng hợp phi sinh học.



Hóa học prebiotic và sự chuyển đổi từ không sống sang sống



Sẽ không có sự tách biệt nghiêm ngặt giữa một hệ thống phi sinh học và một hệ thống sinh học, mà là một sự liên tục, đi qua hóa học prebiotic nói trên.

Làm thế nào và ở đâu sự sống phát sinh trên Trái đất vẫn là câu hỏi ngoại sinh học phức tạp nhất và các con đường hóa học có thể có rất nhiều đến nỗi không rõ ràng rằng một ngày nào đó câu trả lời sẽ được tìm thấy.



Tìm kiếm cuộc sống ở khắp mọi nơi

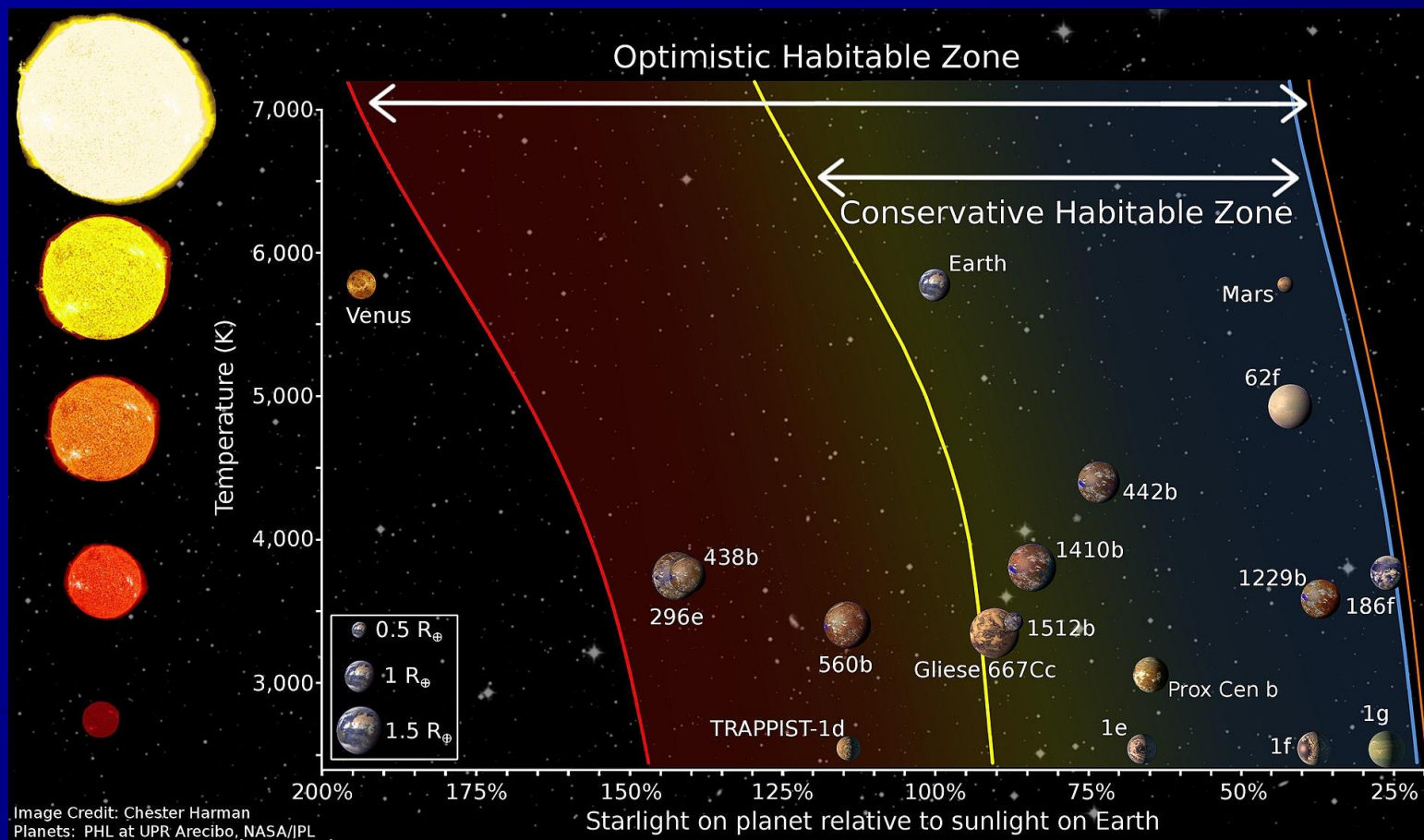
Sự sắp xếp hóa học của các nguyên tử trong Vũ trụ đã chỉ đạo việc sử dụng carbon, nitơ và oxy cho sự sống trên Trái đất. Sẽ là hợp lý khi các nguyên tử này sẽ giống nhau đối với các dạng sống khác trong vũ trụ, nhưng với cấu trúc có thể khác của các phân tử hữu cơ so với sự sống trên Trái đất.



Để tìm kiếm sự sống ở những nơi khác, bạn phải biết những gì cần tìm kiếm và một trong những cơ sở của Sinh học vũ trụ, nhưng cũng là điểm yếu của nó, là tìm kiếm sự sống tương tự về mặt sinh học chúng ta.



Tìm kiếm cuộc sống ở khắp mọi nơi

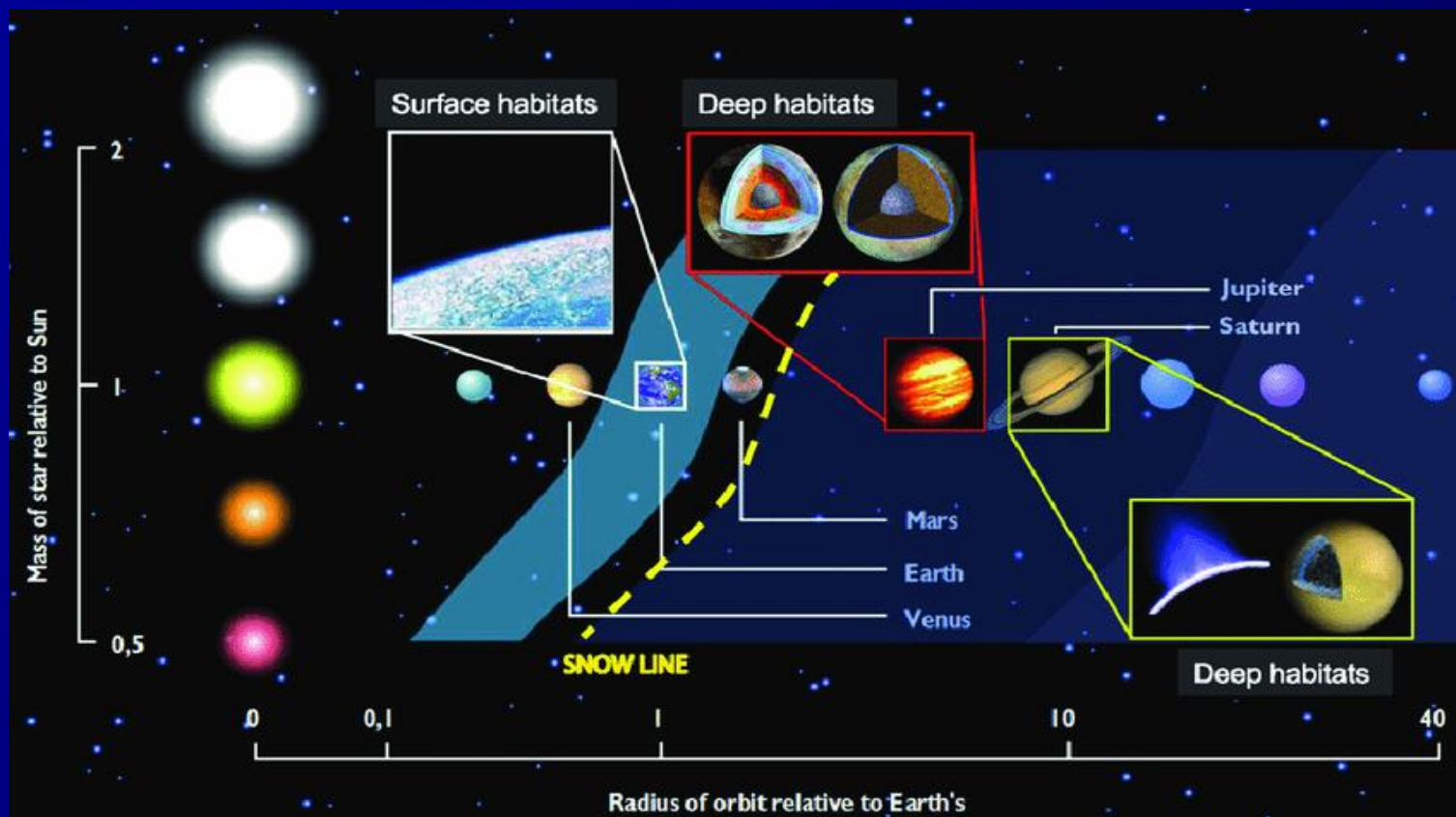


Khái niệm về khả năng sinh sống là một chủ đề tranh luận, định nghĩa của nó được liên kết với các điều kiện cho phép sự xuất hiện và tiến hóa của sự sống (trên cạn) duy nhất mà chúng ta biết.



Tìm kiếm cuộc sống ở khắp mọi nơi

Việc mở rộng vùng có thể ở được đến môi trường ngầm là một ví dụ về nghiên cứu về khả năng tồn tại sự sống trong những môi trường này của hệ mặt trời.

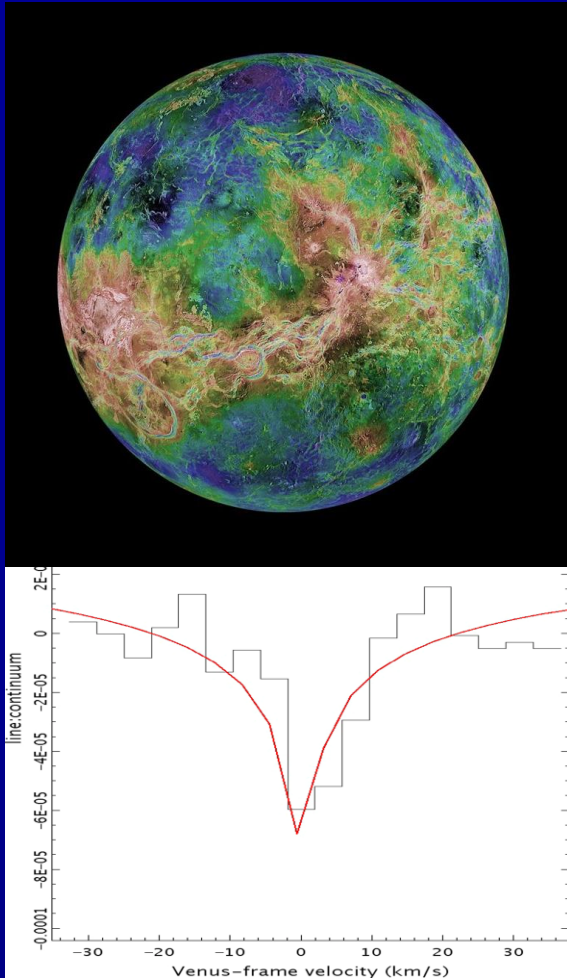


Các cơ quan trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học thiên văn của chúng

Các nghiên cứu sinh học vũ trụ sau đó quan tâm đến sự xuất hiện có thể có của sự sống trong những môi trường này, ngoài Trái đất, được định nghĩa là có thể ở được



Các hành tinh trong Hệ Mặt trời và mối quan tâm sinh học thiên văn của chúng: SAO KIM



"Hành tinh chị em" của chúng ta có hóa học hữu cơ tương đối phức tạp, với các phân tử lưu huỳnh và phốt pho trong bầu khí quyển cực kỳ dày đặc bao gồm hơn 96% CO₂.

Nó không được tìm thấy trong vùng có thể ở được của hệ mặt trời và nó thiếu một thành phần thiết yếu: nước trên bề mặt của nó.

Nước khử trùng (HDO) (Tín dụng: Greaves, JS, Richards, AMS, Bains, W. et al.)



Các hành tinh trong Hệ Mặt trời và mối quan tâm sinh học thiên văn của chúng: SAO KIM

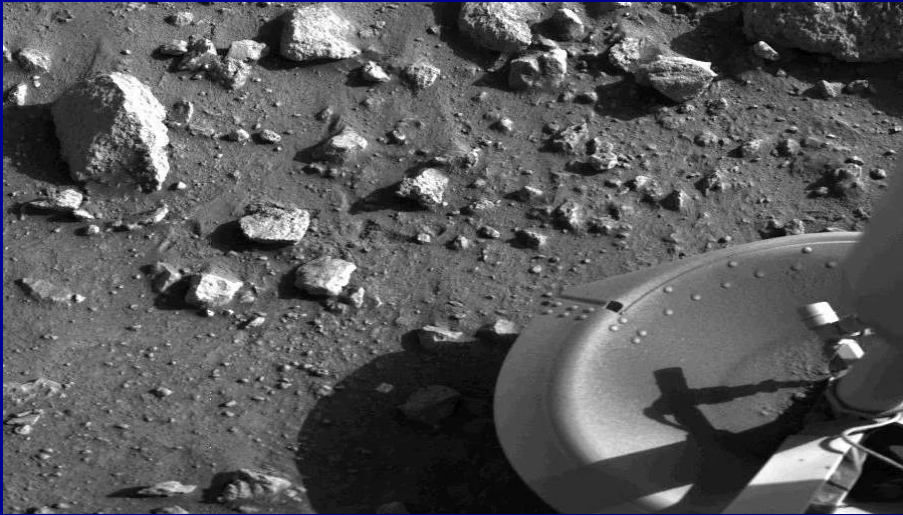
Sao Kim được hưởng lợi từ các đầu vào ngoại sinh như Trái đất sau khi hình thành, nó có thể có nước lỏng trên bề mặt và bầu khí quyển giàu nước cách đây 4,5 tỷ năm và trong một thời gian.

Hiện tại bề mặt của nó chỉ là núi lửa hoạt động với nhiệt độ khoảng 460°C .

Nếu sự sống phát triển vào thời điểm thuận lợi nhất, người ta đề xuất rằng nó tồn tại dưới dạng vi sinh vật trong các đám mây của bầu khí quyển, với nhiệt độ $\sim 75^{\circ}\text{C}$



Các hành tinh trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học thiên văn của chúng: MARS

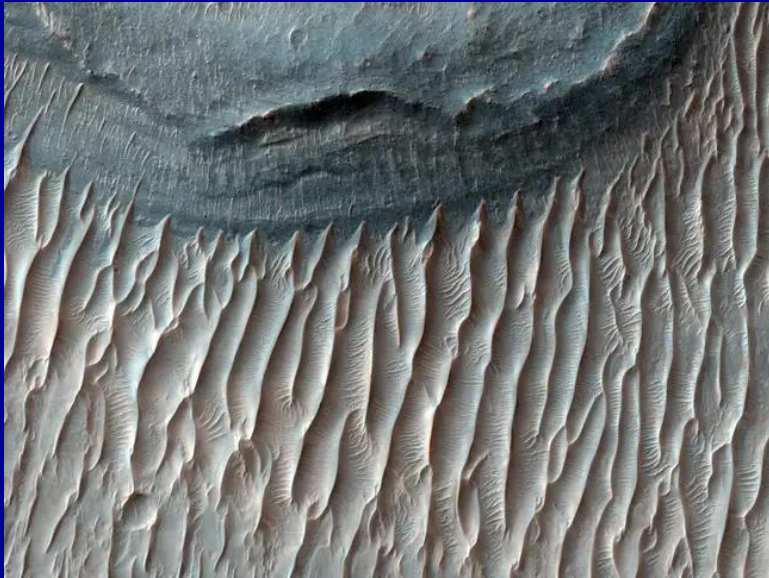


Hành tinh này thường được đề xuất là nơi tốt nhất trong hệ mặt trời đã có, hoặc vẫn có, điều kiện cho sự sống.

Sự tồn tại của sự sống vi sinh vật đã được xem xét vào những năm 70 trong quá trình chuẩn bị sứ mệnh Viking: các tàu đổ bộ được trang bị các dụng cụ có khả năng thực hiện các thí nghiệm nhằm làm nổi bật sự sống trên sao Hỏa, phát hiện hoạt động sinh học quang hợp hoặc cung cấp chất dinh dưỡng cho vi khuẩn sao Hỏa, với các phản ứng tiêu cực.



Các hành tinh trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học thiên văn của chúng: MARS



Tín dụng: Curiosity, NASA / JPL)

Người Viking đã xác nhận sự hiện diện của nước lỏng trong quá khứ của sao Hỏa, quan sát các kênh, sông khô và thung lũng đuôi gai.

Nước có thể vẫn còn trên bề mặt của nó trong ít nhất một tỷ năm và vẫn còn hiện diện trong các khoáng chất hiện đang bao phủ bề mặt.

Ở các cực có nước đá trong các mũ cực và người ta nghi ngờ rằng nước có mặt với số lượng lớn hơn trong lớp vỏ sao Hỏa



Các hành tinh trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học thiên văn của chúng: MARS

Sự sống có thể đã phát triển trên sao Hỏa cùng lúc với trên Trái đất và có lẽ vẫn tồn tại dưới lòng đất.

Tìm kiếm sự sống trên sao Hỏa sẽ cung cấp nhiều câu trả lời về sự xuất hiện của sự sống trên hành tinh của chúng ta.

Nếu sự sống tồn tại trên sao Hỏa, ngay cả dưới dạng vi sinh vật và vì hành tinh này không còn hoạt động địa chất, nên có thể phát hiện ra nó dưới dạng hóa thạch dấu vết trên bề mặt hoặc thậm chí hy vọng rằng nó tồn tại và tồn tại dưới lòng đất.



Các thiên thể trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học thiên văn của chúng: VỆ TINH

Trong những thập kỷ gần đây, các cơ quan sinh học vũ trụ có thể ở được khác đã được phát hiện bên ngoài hàng rào tiểu hành tinh: các vệ tinh của các hành tinh khí khổng lồ.

Các hành tinh khổng lồ được quan tâm hạn chế đối với sinh học vũ trụ vì chúng không có bề mặt và do đó không có đá.

Các vệ tinh của họ cũng rất quan trọng để hiểu nguồn gốc và sự tiến hóa của Hệ Mặt trời.



Vệ tinh trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học vũ trụ của chúng

Xung quanh Sao Mộc: Ganymede, Callisto và Europa.

Xung quanh Sao Thổ: Enceladus và Titan.

Được tiết lộ nhờ tàu thăm dò Cassini-Huygens (1997-2017), đã đến thăm những thế giới này trong 15 năm, các vệ tinh băng giá của Sao Thổ gây ngạc nhiên bởi sự đa dạng của chúng và sự phong phú của nước lỏng mà chúng chứa.

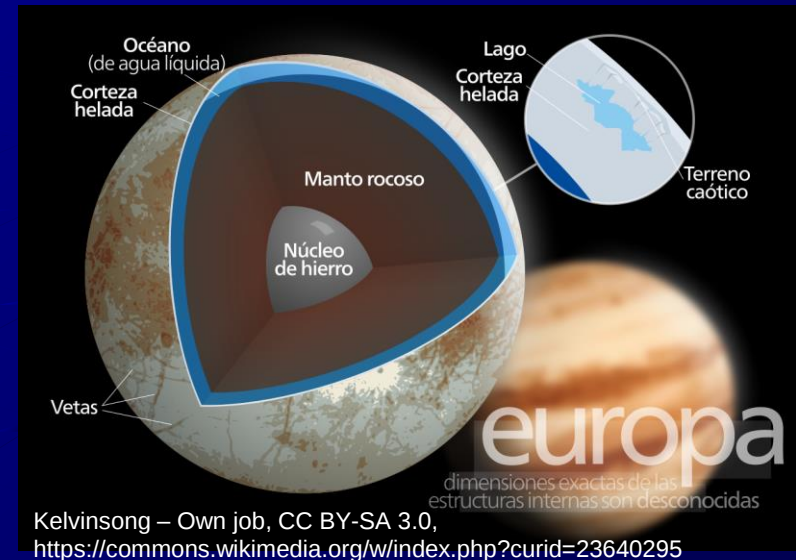


Vệ tinh trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học vũ trụ của chúng

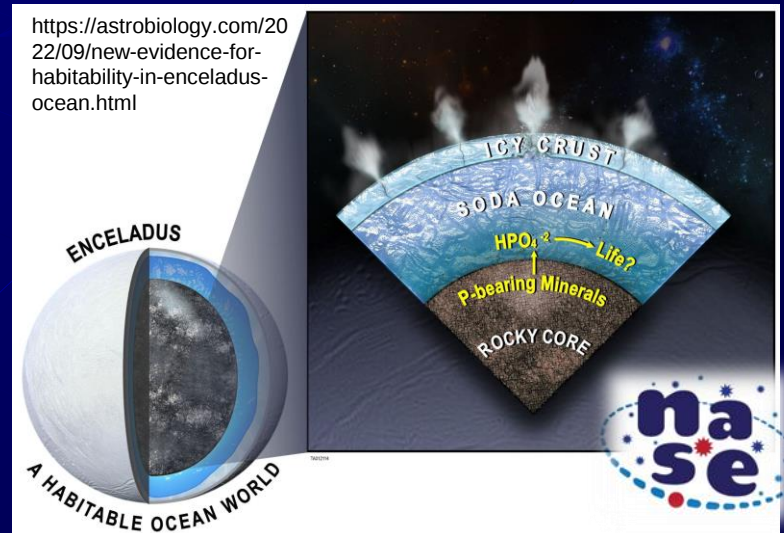
Europa sẽ chứa một đại dương lớn hơn mười lần so với Trái đất, trong khi nhỏ hơn ba lần so với hành tinh của chúng ta.

Enceladus Vào năm 2014, các mạch nước phun trên bề mặt của nó, kéo dài tới 100 km so với bề mặt của nó, đã được phát hiện.

Quan sát này đã tiết lộ sự hiện diện của một đại dương dưới lớp băng.



<https://astrobiology.com/2022/09/new-evidence-for-habitability-in-enceladus-ocean.html>



Các vệ tinh trong Hệ Mặt trời và lợi ích sinh học thiên văn của chúng: TITAN

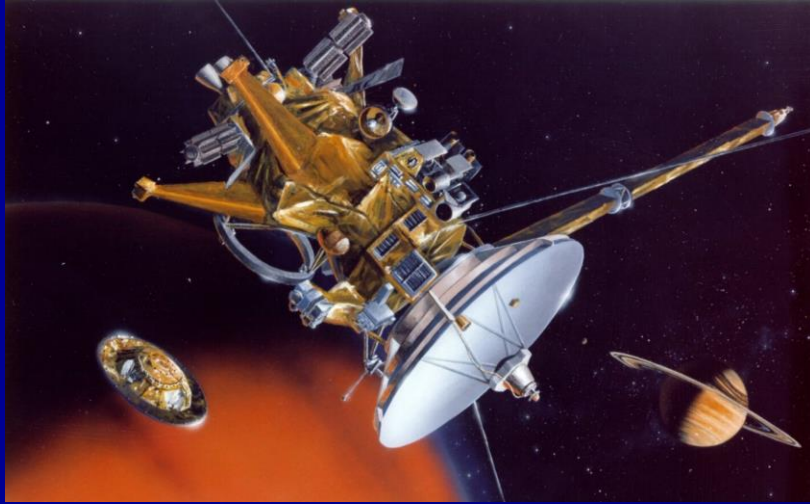
Vệ tinh lớn nhất của sao Thổ, Titan, trình bày một lượng lớn chất hữu cơ hình thành trong bầu khí quyển của nó.

Vào năm 1980 và 1981, các tàu thăm dò Voyager 1 và 2 đã tiết lộ một bầu khí quyển cực kỳ dày đặc bao gồm chủ yếu là nitơ và metan.

Hóa học trong bầu khí quyển của Titan đã được chứng minh là cực kỳ phức tạp, dẫn đến sự hình thành các sol khí hữu cơ lắng xuống bề mặt.



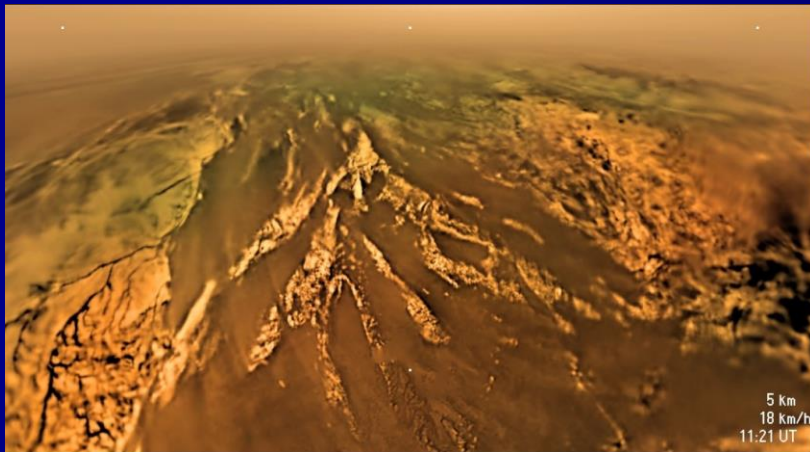
Nhiệm vụ Cassini-Huygens (1997-2017) đã xác nhận hóa học hữu cơ phức tạp trong bầu khí quyển của Titan.



Sứ mệnh Cassini / Huygens (Tín dụng: NASA)

Những hình ảnh ấn tượng thu được về bề mặt được bao phủ bởi các hạt hữu cơ, cồn cát và hồ hydrocarbon.

Các mô hình vật lý thiên văn đã đề xuất rằng Titan có thể chứa một đại dương nước lỏng bên dưới bề mặt của nó và trình bày tất cả các thành phần cần thiết cho sự xuất hiện của hóa học prebiotic phong phú và một dạng sống có thể.

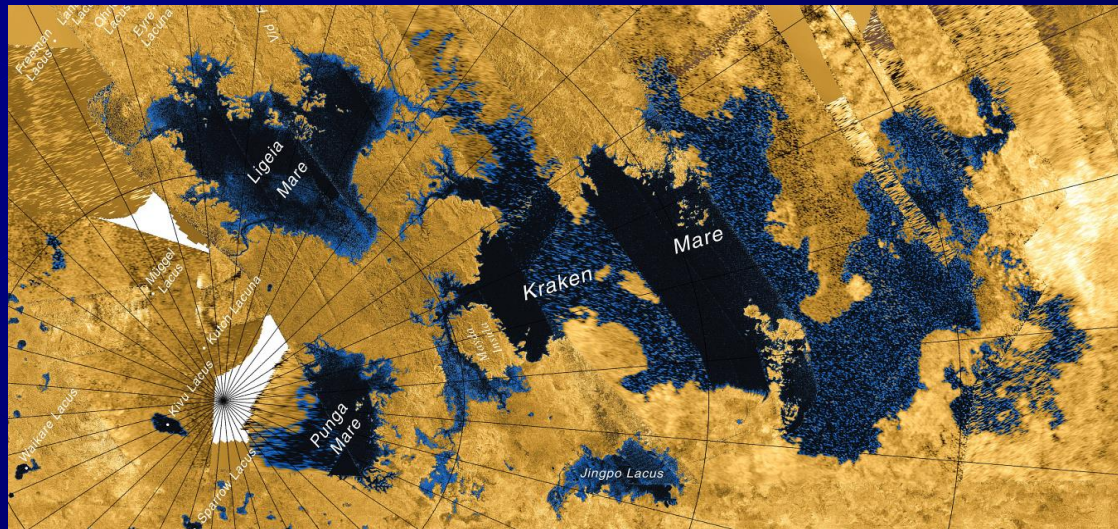


Titan (Tín dụng: Cassini / Huygens, NASA)



Các mô hình địa hóa tiến hóa cho thấy rằng từ hàng triệu năm đầu tiên sau khi hình thành Titan, đại dương ngầm này đã tiếp xúc với khí quyển, trong đó các phân tử phức tạp đầu tiên sẽ được tạo ra.

Bằng cách tương tự với Trái đất, sự hiện diện của các lỗ thông thủy nhiệt được mong đợi trong đại dương Titan này, tạo thành nguồn năng lượng cho các phân tử hữu cơ và môi trường tiềm năng cho các hệ thống prebiotic.



Ngoài hệ mặt trời

5500 ngoại hành tinh (tính đến nay là năm 2024) đã được phát hiện và xác nhận trong thiên hà của chúng ta. Nó giúp chúng ta hiểu được sự hình thành của Hệ Mặt trời của chúng ta và đó có thể là duy nhất.

Với tình trạng kiến thức và tiến bộ hiện tại trong lĩnh vực Sinh học vũ trụ, rất khó để đưa ra giả thuyết về một hành tinh có người ở và sự hiện diện đã được chứng minh của sự sống trong thiên hà của chúng ta hoặc xa hơn nữa.

Dường như ngày càng có nhiều địa điểm tiềm năng cho sự phát triển của sự sống, nhưng còn sự phát triển thực tế của cuộc sống thì sao?



Kết luận

Sinh học vũ trụ cố gắng xác định xem sự sống có thể tồn tại ở các phần khác của vũ trụ hay không và, nếu có, dưới hình thức nào, để cố gắng trả lời một câu hỏi hiện sinh: chúng ta có đơn độc trong vũ trụ không?

Trong nhiều thập kỷ, việc hiểu được sự xuất hiện của sự sống trên Trái đất là rất quan trọng để xác định xem đó là sự trùng hợp ngẫu nhiên hay một hiện tượng có thể tái tạo trong các điều kiện và môi trường cụ thể.



Kết luận

Sự hiểu biết này là cần thiết để rút ra kết luận về khả năng có sự sống ở những nơi khác trong vũ trụ.

Bất chấp những nỗ lực tích cực, vẫn chưa có kết luận nào như vậy được đưa ra.



¡Cảm ơn bạn đã
quan tâm!

