



Hình 1. Ảnh minh họa các hành tinh trong hệ TRAPPIST-1 dựa trên các dữ liệu hiện tại về kích thước, khối lượng và quỹ đạo của chúng (nguồn: NASA/JPL-Caltech)

“Hệ mặt trời thứ 2” và triển vọng của sự sống

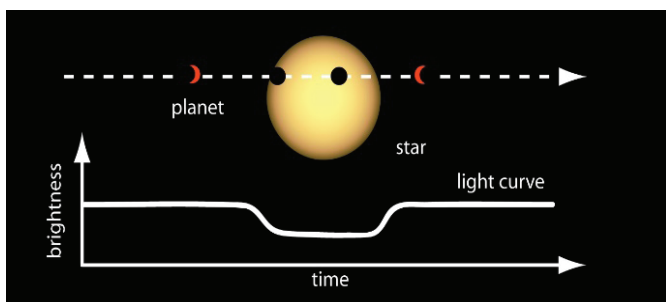
Ngày 22/2/2017, NASA đã chính thức công bố khám phá về hệ hành tinh TRAPPIST-1 nằm trong chòm sao Bảo Bình, cách trái đất khoảng 39 năm ánh sáng. Đây là lần đầu tiên con người phát hiện được một hệ hành tinh với 7 hành tinh đá có kích thước và khối lượng cỡ trái đất, 3 trong số đó nằm trong “khu vực tiềm năng cho sự sống”. Bài viết phân tích kết quả và ý nghĩa của khám phá này, đồng thời đặt ra những vấn đề cho hướng nghiên cứu tiếp theo trong tương lai.

Từ những quan sát sao lùn cực lạnh...

Tháng 5/2016, Michael Gillon cùng nhóm nghiên cứu thông báo phát hiện 3 ngoại hành tinh (hành tinh nằm ngoài hệ mặt trời) có kích thước cỡ trái đất quay xung quanh TRAPPIST-1 (một ngôi sao lùn cực lạnh) khi sử dụng kính thiên văn cỡ nhỏ TRAPPIST đặt tại La Silla, Chile [1]. Đây là ngôi sao rất nhỏ và khó quan sát trong dải ngân hà của chúng ta, với khối lượng chỉ bằng 8% khối lượng mặt trời và “rất lạnh” (nhiệt độ bề mặt ngôi sao lùn này chỉ bằng một nửa nhiệt độ bề mặt của mặt trời). Để hình dung một cách đơn giản, chính Michael trong phát biểu sau này của mình tại buổi họp báo ở NASA đã ví von: Nếu mặt trời của chúng ta là một quả bóng rổ, TRAPPIST-1 chỉ là một quả bóng golf! Đây là một thông báo đầy hứng khởi, tuy vậy vào thời điểm đó không một ai nghĩ rằng chỉ chưa đầy một năm sau, nhóm nghiên cứu lại tiếp tục đưa ra một khám phá quan trọng khác cũng về hệ hành tinh này. Đó là sự kiện công bố việc phát hiện ra sự tồn tại của 7 hành tinh đá có kích thước cỡ trái đất, trong đó có 3 hành tinh nằm trong “khu vực có triển vọng cho sự sống”, được NASA công bố cuối tháng 2 vừa qua [2].

Theo định nghĩa của các nhà thiên văn học, “khu vực có triển vọng cho sự sống” là khu vực nằm xung quanh ngôi sao chủ, nơi nhiệt độ trung bình của hành tinh cho phép nước tồn tại và duy trì ở dạng lỏng trên bề mặt [3].

Khi quan sát ngôi sao TRAPPIST-1, Michael và các đồng nghiệp thấy rằng độ sáng của nó bị giảm đi sau một chu kỳ nhất định. Điều đó gợi ý rằng: Một hành tinh khi quay xung quanh ngôi sao này đã chặn một phần ánh sáng phát ra từ ngôi sao bởi chính kích thước của mình và từ sự “mờ đi” này, họ cũng đồng thời tính toán và kết luận: Phải tồn tại ít nhất 3 hành tinh quay quanh ngôi sao mới có thể tạo ra được sự “mờ đi” như quan sát! Nhóm nghiên cứu sau đó đã sử dụng kính thiên văn không gian Spitzer của NASA để thực hiện kế hoạch “Giám sát hệ sao và hành tinh TRAPPIST-1 liên tục không ngừng nghỉ trong 20 ngày”. Spitzer cùng những kính thiên văn khác dưới mặt đất đã giúp cho nhóm nghiên cứu phát hiện 44 lần ngôi sao chủ bị mờ đi, nhiều hơn những gì mà họ suy đoán trước đó, gợi ý về sự tồn tại của nhiều hơn nữa những hành tinh chưa được khám phá trong hệ hành tinh này.



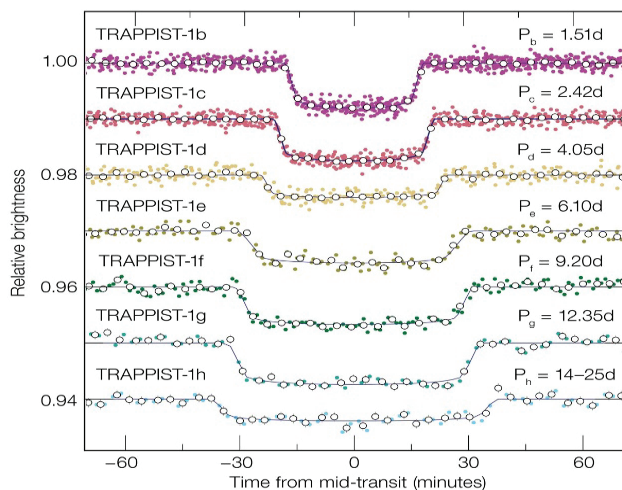
Hình 2. Minh họa độ sáng quan sát được của một ngôi sao bị giảm (phần lõm) khi một hành tinh đi qua trước bề mặt của ngôi sao và chắn một phần ánh sáng của ngôi sao này tới trái đất (nguồn: NASA)

...Tới những hành tinh mới được khám phá

Sau những phân tích cẩn thận, các số liệu đã cho thấy sự tồn tại của 7 ngoại hành tinh có kích thước giống với trái đất (tên gọi lần lượt là TRAPPIST 1b, c, d, e, f, g và h) quay quanh ngôi sao lùn cực lạnh loại M (hình 1) [2]. Do chu kỳ quay quanh ngôi sao chủ của chúng rất ngắn (dưới 20 ngày đối với các hành tinh từ b tới g) dẫn đến số lần ánh sáng từ ngôi sao bị chặn bớt lại khi một hành tinh đi qua nhiều hơn so với suy đoán ban đầu. Các đo đạc chính xác về những lần “mờ đi” này đã cung cấp rất nhiều thông tin về quỹ đạo, kích thước và cả khối lượng của các hành tinh. Sau đây là những vấn đề chúng ta đã có thể kết luận bước đầu và những vấn đề còn bỏ ngỏ.

Những kết luận trước mắt

- Theo tỷ lệ kích thước/khối lượng, hệ hành tinh này không tương đồng với hệ mặt trời của chúng ta, thay vào đó là một phiên bản tí hon tương đương với sao Mộc và các mặt trăng: Hành tinh nằm xa nhất (h) chỉ cách ngôi sao 0,06 AU (khoảng cách trung bình từ trái đất tới mặt trời), có nghĩa là không gian từ trái đất của chúng ta tới mặt trời đủ sức để “nhét” được 16 hệ hành tinh như thế này! Để so sánh hãy lấy sao Thủy, hành tinh nằm gần nhất với mặt trời cũng nằm cách 0,39 AU. Một cách hình tượng hơn, nếu một người đứng trên bề mặt của một hành tinh nào đó trong hệ hành tinh này, họ có thể nhìn thấy các hành tinh khác với kích thước lớn hơn mặt trăng nhìn từ trái đất.



Hình 3. Số liệu từ kính không gian Spitzer cho thấy độ sáng của ngôi sao thay đổi trong khi một hành tinh đi qua trước bề mặt ngôi sao (nguồn: ESO/Gillon et al. 2017)

Nhìn ra thế giới

- Các hành tinh này cũng quay quanh quỹ đạo tròn xung quanh ngôi sao theo cùng một hướng chuyển động. Chúng có thể đã được hình thành lâu hơn 500 triệu năm về trước cùng với ngôi sao.

- Kích thước của các hành tinh này tương tự với trái đất (b, c, e, f, g) hoặc sao Hỏa (d, h), vì vậy kích cỡ của chúng khoảng 75% tới 110% kích thước trái đất.

- Chúng là các hành tinh đá với khối lượng riêng khoảng 60 tới 117% khối lượng riêng của trái đất.

- 3 hành tinh trong số này (e, f, g) có thể có nhiệt độ phù hợp đủ để nước lỏng tồn tại trên bề mặt với giả thiết chúng cũng có bầu khí quyển giống như trái đất.

Những vấn đề chưa thể kết luận

- Đây không phải là lần đầu tiên chúng ta tìm được một hệ hành tinh nằm ngoài hệ mặt trời. HR8832 và HD10180 cũng có 7 hành tinh đã được tìm ra và trong cả 2 trường hợp này, các ngoại hành tinh tìm được đều là các hành tinh khí khổng lồ với khối lượng gấp 10 lần trái đất và khối lượng ngôi sao chủ tương đương như mặt trời của chúng ta. Kepler-90 cũng có 7 hành tinh, nhưng trong số đó nhiều hành tinh lớn hơn trái đất và có thể chỉ chứa toàn băng và khí. Điều quan trọng ở đây là: Đây là lần đầu tiên chúng ta phát hiện **7 hành tinh đá** quay quanh một ngôi sao lùn loại M và có thể có khí hậu ôn hòa. Với việc có rất nhiều ngôi sao loại này trong dải ngân hà của chúng ta, có thể có rất nhiều những thế giới giống như trái đất ngoài kia! Nói một cách khác, khả năng tìm kiếm một “trái đất thứ hai” là anh em với hành tinh của chúng ta đã được tăng lên rất nhiều sau khám phá này.

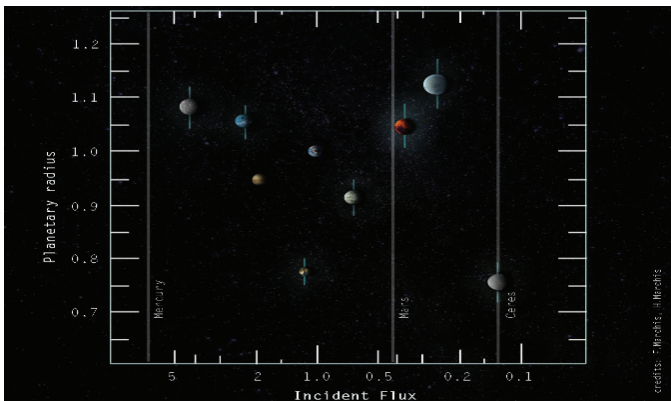
- Hành tinh anh em với trái đất? Không, câu trả lời chắc chắn là không. Chúng ta chưa phát hiện ra trong 7 hành tinh kia có hành tinh nào có sự sống như trái đất. Các đo đạc cung cấp rất nhiều thông tin thú vị, và chúng ta có thể tự tin kết luận chúng là các hành tinh đá. Tuy vậy, việc chúng nằm trong “khu vực tiềm năng cho sự sống” chưa thể khẳng định chắc chắn được bề mặt các hành tinh này có nước ở dạng lỏng và xa hơn nữa là có tồn tại sự sống nếu chỉ dựa vào thông tin hiện có. Hai ví dụ nổi bật là sao Hỏa và sao Kim, hai hành tinh “hàng xóm” với trái đất của chúng ta. Chúng nằm trong “khu vực tiềm năng cho sự sống” của hệ mặt trời, thậm chí đã từng có nước lỏng trên bề mặt tại một số thời điểm trong quá khứ, nhưng hiện tại, một hành tinh với bầu khí quyển quá dày và nóng, chứa toàn CO₂ và nhiệt độ lên tới hơn 400°C (sao Kim) và với hành tinh còn lại, chúng ta vẫn chưa hiểu tường tận điều gì đã thực sự xảy ra với bầu khí quyển của sao Hỏa khiến nước trên bề mặt đã bị bốc hơi. Do vậy, một yếu tố đóng vai trò quan trọng để giúp nước có thể tồn tại trên bề mặt là bầu khí quyển của hành tinh và đây là thông tin mà

chúng ta chưa biết với 7 hành tinh mới khám phá này. Còn quá sớm để nói liệu đại dương như trái đất có thể có trên bề mặt của bất kỳ một hành tinh nào trong số chúng.

Triển vọng cho sự sống?

Một trong những điều kiện quan trọng quyết định một hành tinh có triển vọng cho sự sống đó là lượng năng lượng mà hành tinh này nhận được từ ngôi sao chúng quay quanh tính trên một đơn vị bề mặt. Khoảng cách xa nhất tính từ ngôi sao của khu vực “triển vọng cho sự sống” dựa trên các mô phỏng khí hậu và địa vật lý tương ứng với vị trí giới hạn mà bất kỳ một lượng khí gây hiệu ứng nhà kính nào như CO_2 cũng không làm nhiệt độ bề mặt của hành tinh tăng lên [4, 5]. Đối với một ngôi sao như TRAPPIST-1 với nhiệt độ bề mặt khoảng 2.500°C , điều kiện này tương ứng quỹ đạo khoảng 0,048 AU hay với chu kỳ để hành tinh hoàn thành hết một quỹ đạo quanh ngôi sao là 13,8 ngày. Còn giới hạn cho khoảng cách gần nhất của “khu vực tiềm năng cho sự sống” là vị trí mà nhiệt độ của hành tinh tăng vọt, dù cho CO_2 không hề tồn tại và nước bị bay hơi toàn bộ. Với một hành tinh kích thước cỡ trái đất, khoảng cách giới hạn này vào khoảng 0,024 AU, tương ứng với thời gian để hành tinh hoàn thành một quỹ đạo quanh ngôi sao là 4,8 ngày. Như vậy đối với hệ TRAPPIST-1, “khu vực tiềm năng cho sự sống” - nơi nước lỏng có thể tồn tại trên bề mặt - được giới hạn trong khoảng từ 0,024 cho tới 0,048 AU.

Nhìn vào dữ liệu có được của các hành tinh trong hệ, 2 hành tinh nằm gần nhất TRAPPIST-1b và c rất khó để có thể tồn tại sự sống. Với kích thước và tốc độ quay gần giống sao Kim, hơn nữa năng lượng bức xạ nhận được của chúng rất cao, hơn cả sao Kim [2], đây là nơi mà sự sống khó thể tồn tại.



Hình 4. Năng lượng mà các hành tinh trong hệ TRAPPIST-1 nhận được tính trên một đơn vị bề mặt cùng với bán kính của chúng được so sánh với trái đất (cả 2 thông số này đều được quy ước là 1 với trái đất để tiện so sánh). Để hình dung, vị trí của sao Kim và năng lượng nhận được bởi sao Hỏa và hành tinh lùn Ceres được thêm vào hình (nguồn: Frank Marchis & Helene Marchis)

Tình hình đối TRAPPIST-1d có vẻ sáng sủa hơn khi quỹ đạo hành tinh này có khả năng nằm trong khu vực “tiềm năng cho sự sống”. Tuy vậy, với chu kỳ quay quanh quỹ đạo chỉ 4 ngày, nhiều khả năng hành tinh này không có đủ khả năng để các đám mây có thể hình thành vào ban ngày - một yếu tố quan trọng giúp phản xạ bớt năng lượng bức xạ nhận được từ ngôi sao và giữ cho mặt đất không quá nóng [6]. Vì vậy, Michael Gillon cùng các đồng nghiệp không xếp hành tinh này vào hành tinh “triển vọng có sự sống” trong bài báo công bố của mình.

Hành tinh TRAPPIST-1e có bán kính tương đương 91% bán kính trái đất, chỉ nhỏ hơn trái đất một chút. Nếu như loại trừ những vấn đề liên quan tới quỹ đạo khá gần với ngôi sao, 1e là một trong những ứng viên tốt nhất đã biết cho một hành tinh “có triển vọng sự sống”.

Hành tinh tiếp theo, TRAPPIST-1f cũng được đánh giá là “triển vọng có sự sống”. Với năng lượng nhận được chỉ tương đương với sao Hỏa, nhưng do phần lớn bức xạ tới dưới dạng hồng ngoại nên hành tinh này vẫn nằm trong “khu vực triển vọng cho sự sống” quanh ngôi sao chủ. Mặc dù có kích thước khá giống trái đất (bán kính bằng 105% bán kính trái đất), khối lượng riêng thấp của hành tinh này lại gây ra những lo ngại cho các nhà khoa học khi nghiên cứu về sự sống tiềm năng trên đó. Đây có thể là một sao Hải Vương mini với bầu khí quyển đầy hydro bao phủ trên những lớp băng với nhiệt độ/áp suất cao và không thể tồn tại sự sống. Cũng có thể đây là một thế giới với toàn đại dương trên bề mặt, trong khi bầu khí quyển dày và nặng gấp nhiều lần khí quyển trái đất với rất nhiều CO_2 . Quan sát với Hubble có thể loại bỏ một số khả năng nhưng chắc chắn rằng những quan sát với kính thiên văn James Webb (JWST) cũng như nhiều thiết bị khác trong tương lai là điều kiện cần thiết để biết thêm về thế giới này. Tuy vậy, trước khi các quan sát tương lai được tiến hành, nên nhớ rằng khối lượng riêng nhỏ của hành tinh này có thể đã được ước lượng hơi thấp hơn so với giá trị thực (do chúng ta chưa biết khối lượng và bán kính của hành tinh này với độ tin cậy cao) và có thể hành tinh này là một hành tinh đá với khối lượng riêng lớn hơn cả trái đất. Dù tình huống nào xảy ra, các hành tinh nhỏ quay quanh sao lùn đỏ có thể chứa đáng kể một lượng nước và các thành phần khí dễ bay hơi như CO_2 , trái ngược với những tiên đoán trước đó. Do vậy, khám phá này đã làm tăng khả năng tìm được sự sống tồn tại trên các hành tinh quay quanh sao lùn đỏ.

Hành tinh thứ 3 được đánh giá “có tiềm năng cho sự sống” được nhắc tới là TRAPPIST-1g. Với bán kính tương đương 112% bán kính trái đất, và với tỷ lệ năng lượng nhận được là 0,26 so với trái đất, TRAPPIST-1g nằm ở gần rìa ngoài của khu vực “triển vọng cho sự sống”. Một

lần nữa, với các thông tin có được hiện nay, hành tinh này vẫn có khả năng tồn tại sự sống như kết luận của Michael. Còn lại hành tinh cuối cùng trong hệ này, TRAPPIST-1h, vẫn chưa được xác định rõ quỹ đạo, dù có vẻ như quỹ đạo này sẽ nằm ngoài khu vực “triển vọng cho sự sống”.

Cuộc tìm kiếm mới chỉ bắt đầu!

Với những khám phá gần đây về các ngoại hành tinh quay quanh sao lùn, đặc biệt là khám phá TRAPPIST-1, nổi lên những nghi hoặc của các nhà khoa học về khả năng tồn tại của nước cũng như các thành phần khí khác trong bầu khí quyển hành tinh vốn dễ bị bay hơi bởi bức xạ nhận được từ ngôi sao chủ trong thời kỳ đầu hoạt động của ngôi sao này. Một nhóm nghiên cứu độc lập khác, đứng đầu là Peter Wheatley (Đại học Warwick - Anh) đã sử dụng kính thiên văn tia X mang tên Newton của Cơ quan Vũ trụ châu Âu (ESA) để quan sát TRAPPIST-1 và khám phá ra rằng: Năng lượng bức xạ tia X của ngôi sao lùn trong hệ TRAPPIST-1 ở mức tương đương với mặt trời của chúng ta, bất chấp kích thước và nhiệt độ bề mặt khá thấp của ngôi sao lùn này. Do vậy, bức xạ tia X và tia cực tím phát ra có thể ảnh hưởng đáng kể tới bầu khí quyển của những hành tinh nằm gần ngôi sao [7]. May mắn là ở các hành tinh nằm ngoài, đặc biệt là TRAPPIST-1f, rất nhiều nước có khả năng được giữ lại, điều này phụ thuộc vào khối lượng của hành tinh này và một số giả thiết khác [8].

Một quan sát khác với hệ hành tinh này được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu tại Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT) sử dụng kính thiên văn không gian Hubble của NASA cũng góp phần làm rõ thành phần bầu khí quyển của hai hành tinh nằm trong cùng của hệ TRAPPIST-1. Dù Hubble không có khả năng xác định các thành phần cấu tạo nên bầu khí quyển như hơi nước, khí carbonic, hay metan, kính thiên văn này vẫn có thể xác định được khí hydro nếu như hai hành tinh này được bao bọc bởi một bầu khí quyển nóng, khổng lồ như sao Hải Vương cỡ nhỏ [9]. Nhóm nghiên cứu đã thất bại trong việc phát hiện hydro, loại trừ giả thiết TRAPPIST-1b và c có một bầu khí quyển dày đặc hydro, tuy nhiên không loại trừ giả thiết về một bầu khí quyển với các đám mây dày đặc hơi nước hay một bầu khí quyển dày đặc carbonic như sao Kim. Trong khi một kính thiên văn lớn hơn như JWST rất cần thiết để kiểm chứng các khả năng này, Hubble hiện vẫn đang quan sát bầu khí quyển của các hành tinh còn lại trong hệ hành tinh này.

Khám phá về hệ hành tinh TRAPPIST-1 cũng đưa tới một trong những cơ hội lớn trong những thập kỷ tiếp theo cho các nghiên cứu về bầu khí quyển của những hành tinh có kích thước tương tự như trái đất. Kính thiên văn

không gian JWST được phóng vào không gian năm 2018 sẽ giúp các nhà khoa học phát hiện các “dấu tích” của nước, metan, oxy, ozone, và những thành phần khác của bầu khí quyển cần thiết cho sự sống tồn tại. JWST đồng thời sẽ phân tích nhiệt độ của hành tinh và áp suất khí quyển tại bề mặt - những nhân tố quan trọng để kiểm chứng về khả năng sự sống tồn tại trên các hành tinh này.

Chỉ mới năm ngoài thôi, chúng ta đã phát hiện được một hành tinh đá quay quanh Proxima Centauri, ngôi sao gần nhất với hệ mặt trời của chúng ta chỉ cách 4,2 năm ánh sáng [10] và ngày hôm nay, chúng ta lại biết đến sự tồn tại của hệ 7 hành tinh đá, 3 trong đó nằm trong khu vực “tiềm năng cho sự sống”. Khám phá đầy hào hứng này cũng đã mở ra khả năng các hành tinh quay quanh sao lùn đỏ *có thể* chứa một lượng nước lỏng đáng kể trên bề mặt, cũng như về khả năng tìm được sự sống tồn tại trên các hành tinh quay quanh các ngôi sao khối lượng thấp, vốn chiếm đa số trong dải Ngân hà ☞

Trương Tuấn Ngọc

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Gillon, et al. (2016), “Temperate Earth-sized planets transiting a nearby ultracool dwarf star”, *Nature*, (553), pp.221-224.
- [2] M. Gillon, et al. (2017), “Seven temperate terrestrial planets around the nearby ultracool dwarf star TRAPPIST-1”, *Nature*, (542), pp.456-460.
- [3] J.F. Kastinget, et al. (1993), “Habitable Zones around Main Sequence Stars”, *Icarus*, (101), pp.108-128.
- [4] R.K. Kopparapu, et al. (2013), “Habitable zones around main-sequence stars: new estimates”, *The Astrophysical Journal*, 765 (2), Article ID:131.
- [5] R.K. Kopparapu, et al. (2014), “Habitable zones around main-sequence stars: dependence on planetary mass”, *The Astrophysical Journal Letters*, 787(2), Article ID: 129.
- [6] R.K. Kopparapu, et al. (2016), “The Inner Edge of the Habitable Zone for Synchronously Rotating Planets around Low-mass Stars Using General Circulation Models”, *The Astrophysical Journal*, 819(1), Article ID: 84.
- [7] P.J. Wheatley, et al. (2017), “Strong XUV irradiation of the Earth-sized exoplanets orbiting the ultracool dwarf TRAPPIST-1”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 465(1), pp.74-78.
- [8] E. Bolmont, et al. (2017), “Water loss from terrestrial planets orbiting ultracool dwarfs: implications for the planets of TRAPPIST-1”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 464(3), pp.3738-3741.
- [9] J. De Wit, et al. (2016), “A combined transmission spectrum of the Earth-sized exoplanets TRAPPIST-1 b and c”, *Nature*, (537), pp.69-72.
- [10] G. Angala-Escude, et al. (2016), “A terrestrial planet candidate in a temperate orbit around Proxima Centauri”, *Nature*, (536), pp.437-440.