

天外行星 - 外星生命的傳說

Exoplanets - Legends of alien life

劉潤東 Y-T Lau, Ph.D

2019-09-04



科學與傳說 Science & Legend

- 至今仍未發現地球以外的生命，也沒有證據表明外星生命曾經來過地球

No life beyond Earth has ever been found; there is no evidence that alien life has ever visited our planet

[Marc Kaufman, NASA Science writer]





EXOPLANET EXPLORATION
Planets Beyond Our Solar System

August 20, 2019

By Pat Brennan, NASA's Exoplanet Exploration Program

Rocky Planet Swelters Under Three Red Suns 岩石行星在三個紅太陽下悶熱運行

三顆紅矮星 3 red dwarfs
行星 Planet LTT 1445 A b
距離: 22 light years
公轉週期: 5 days



ESO/M. Kornmesser

<https://exoplanets.nasa.gov/news/1598/discovery-alert-rocky-planet-swelters-under-three-red-suns/>

大綱 Outline

- 發射太空望遠鏡 Launch space telescope
- 尋找類地行星 Search for Earth-like Exoplanets
- 確認生命的必要條件 Identify conditions for life
- 構想外星生命 Conceive alien lives
- 嘗試建立聯繫 Try to establish contact
- 做個業餘科學家 Be an amateur scientist

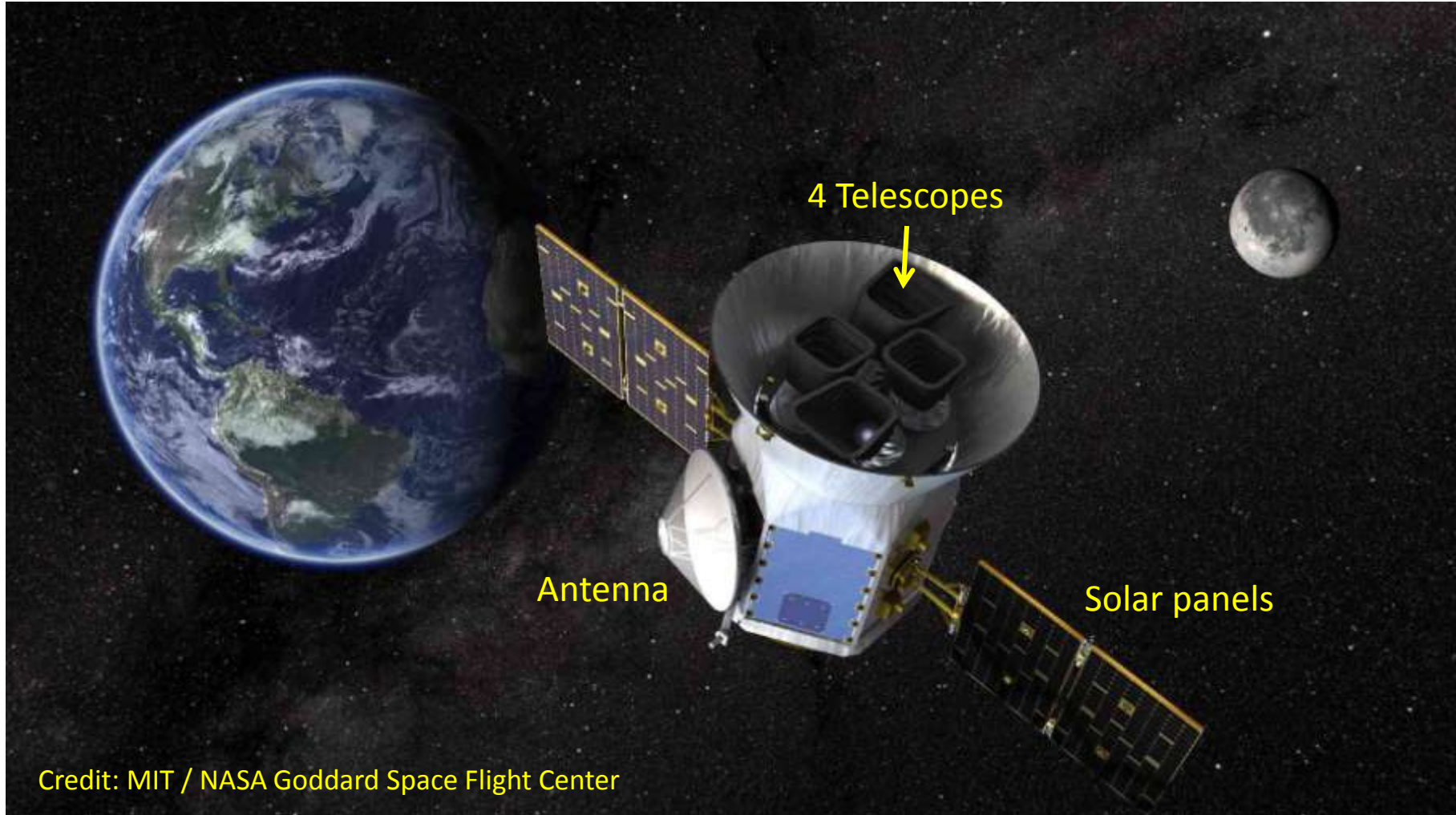
發射太空望遠鏡

Launch space telescope



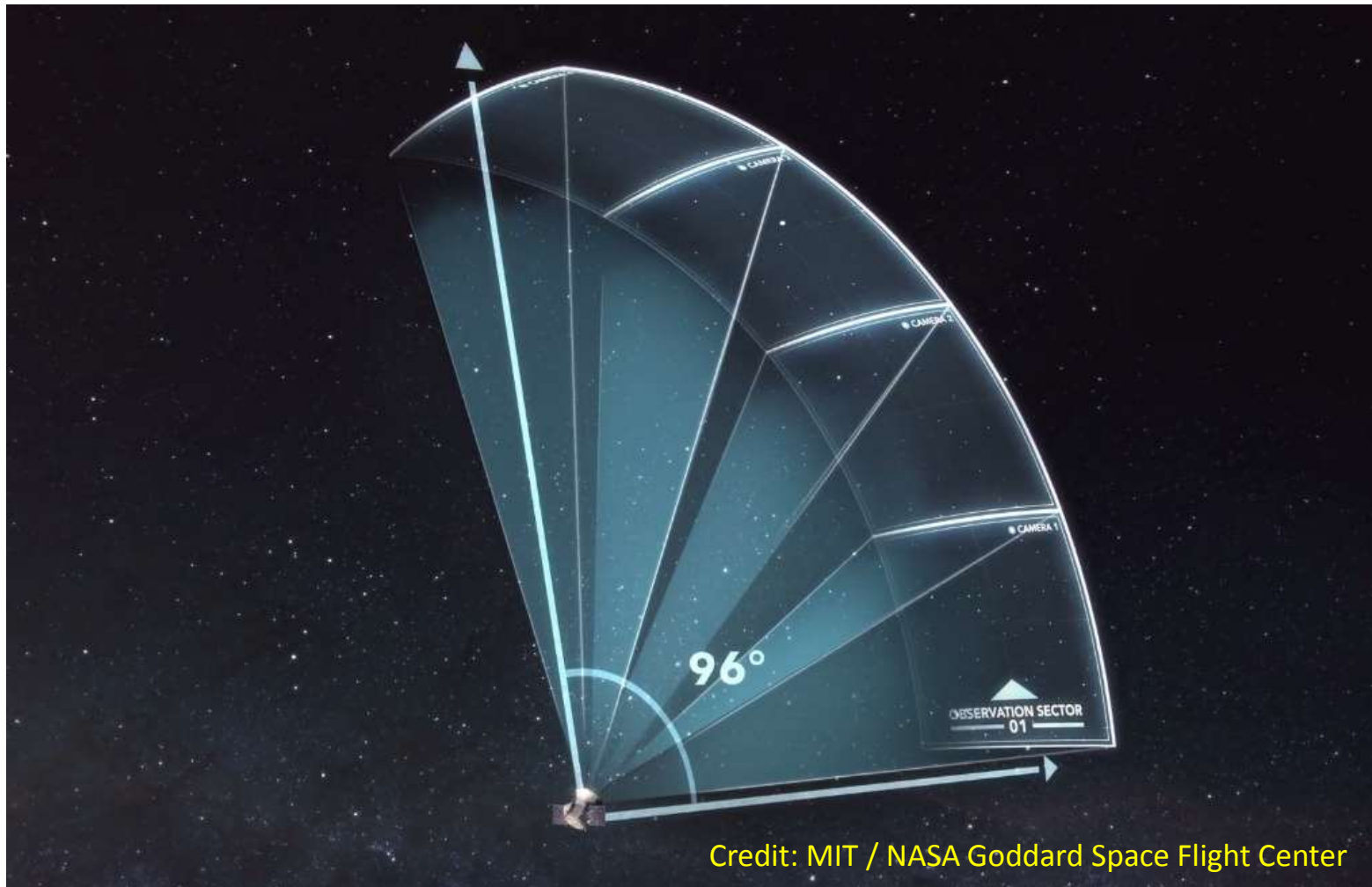
TESS Launch by Falcon

凌日 系外行星 巡天衛星 Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)

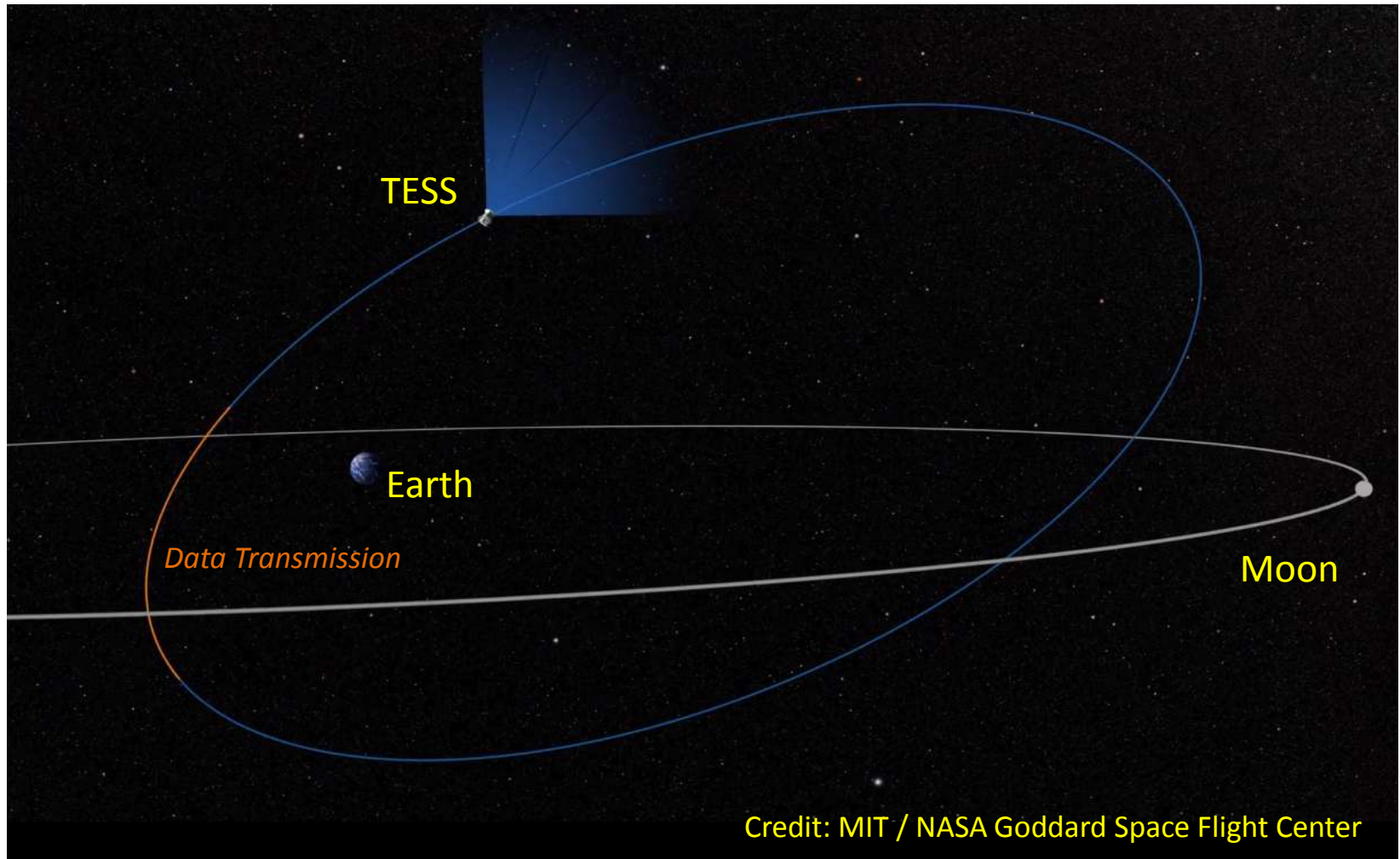


Launched 2018-04-18

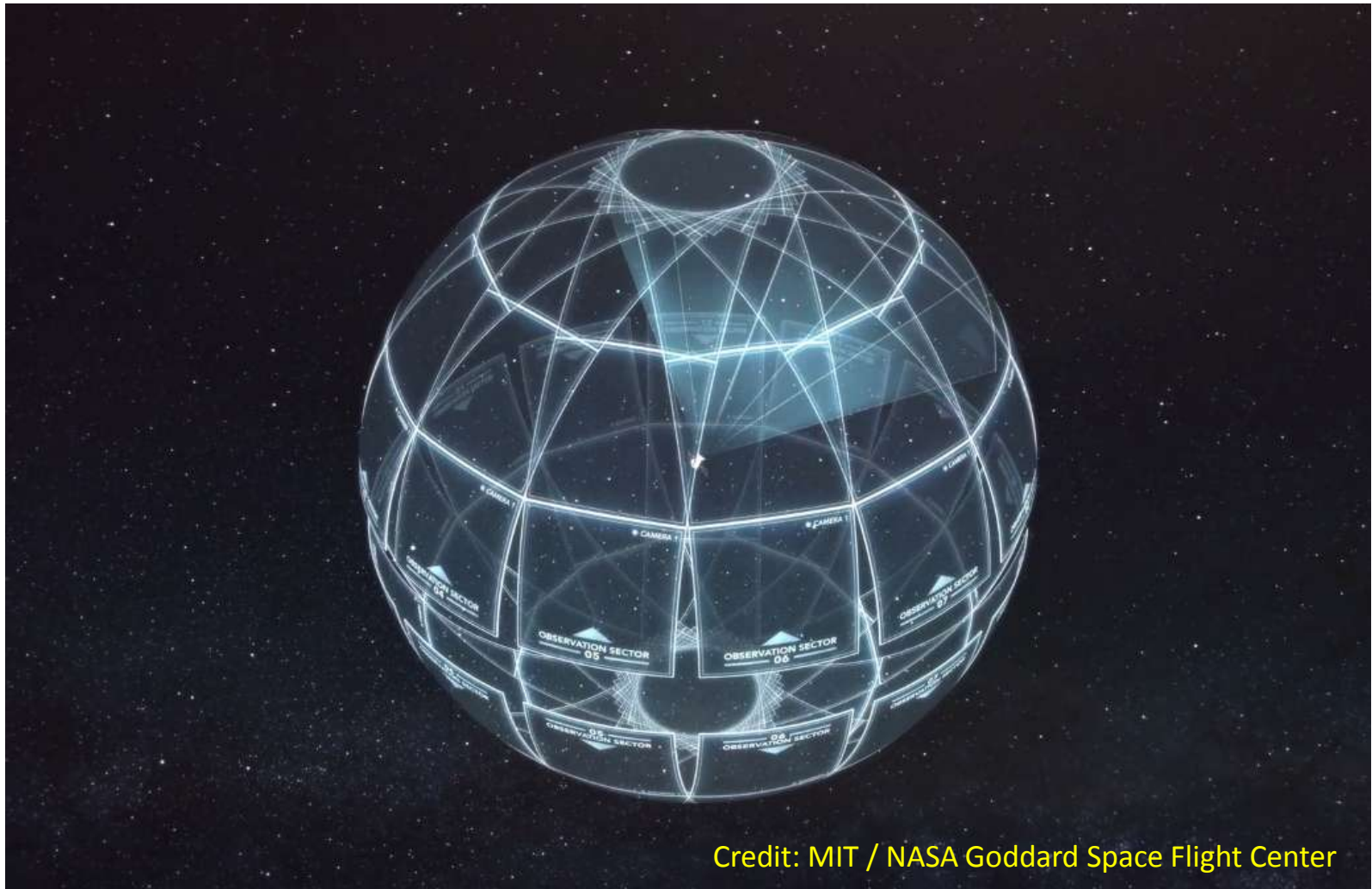
TESS Viewing Zones – 4 Telescopes



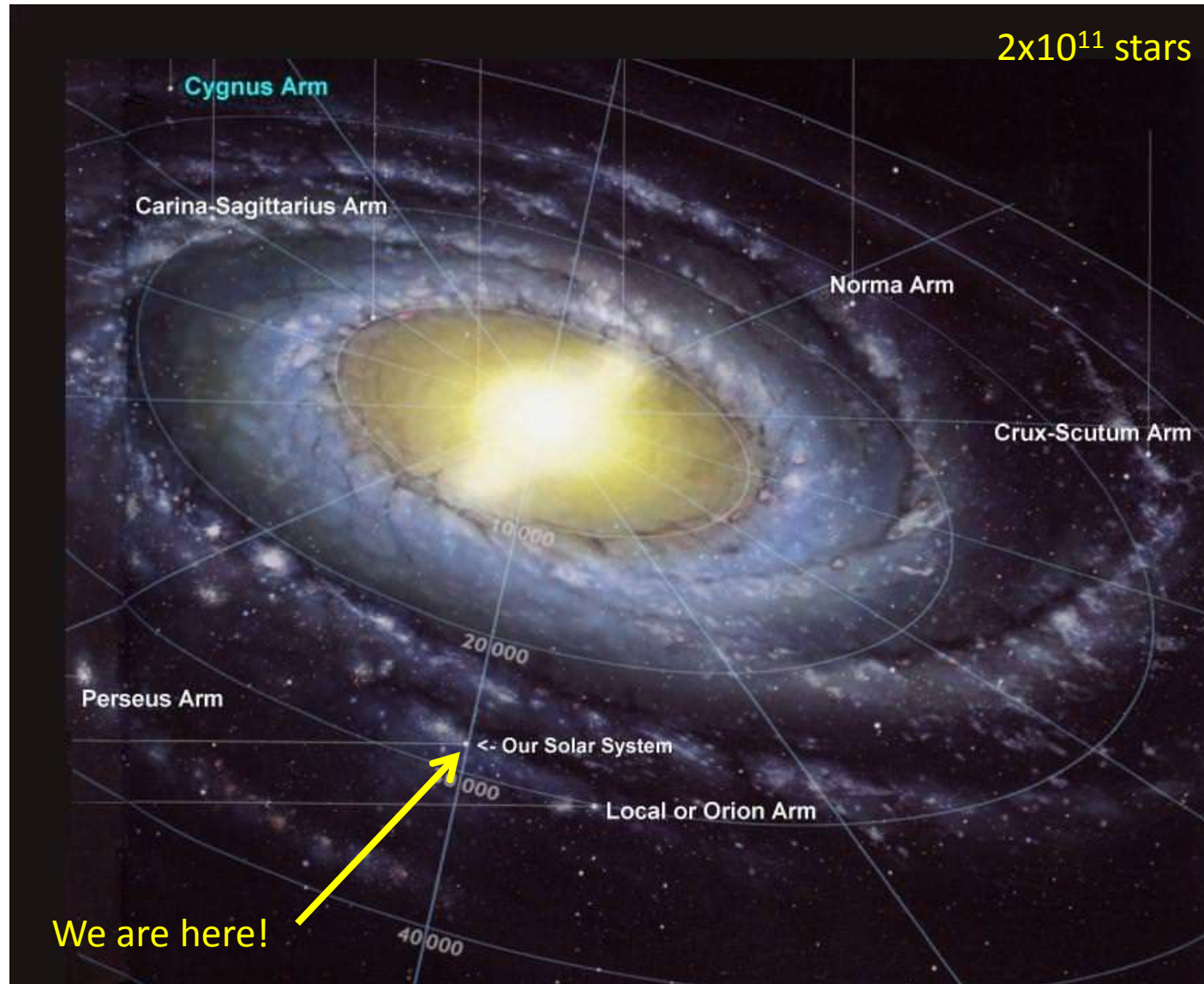
TESS – 橢圓軌道 Elliptical Orbit



TESS – 觀察區間 Viewing Zones



銀河系 Our Milky Way



從南半球看銀河系 Our Milky Way



西澳大利亚州 尖峰石阵
Western Australia Spiky Rocks

2017 © Tree-Hugger

漫天等離子體 Plasma Everywhere

- 太陽系以外的光亮星體，都不是尋常物質，而是等離子體
- 等離子體 溫度極高，電子跟原子核分離，不可能孕育生命
- 但是，假如有不燃燒的天體，繞著像太陽的恆星轉，條件適合者，就可能有生命

天外行星 Exoplanet

- 太陽系以外的行星
（系外行星）

Extra-solar planet - a planet that orbits a star other than our own Sun

- 怎樣探測天外行星？
How to find Exoplanets?



尋找類地行星

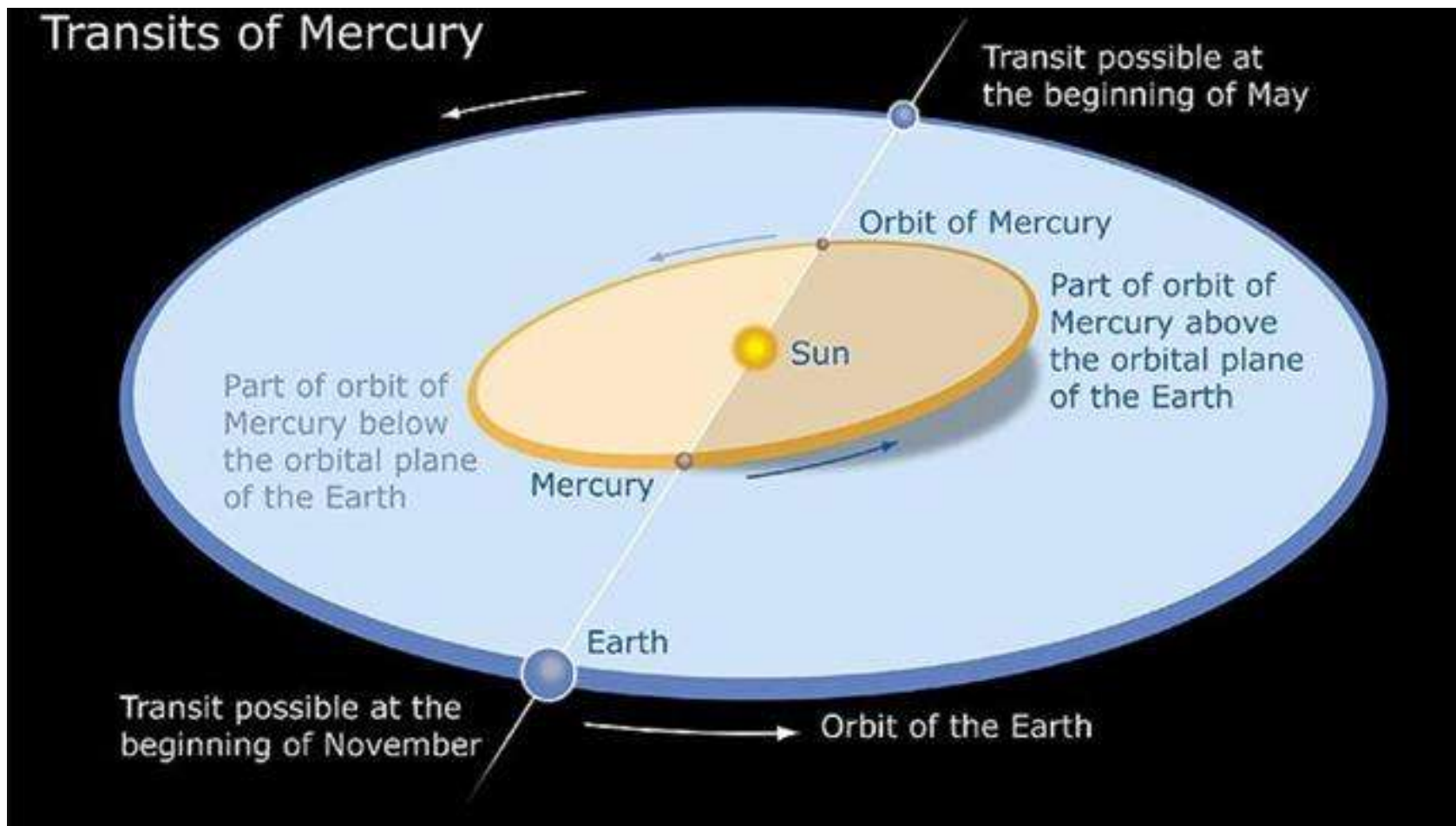
Search for Earth-like Exoplanets



水星凌日 Mercury Transit

太陽動力學天文台 Solar Dynamics Observatory – NASA
遠紫外線映像 Ultra Violet Imaging

水星凌日 Mercury Transit

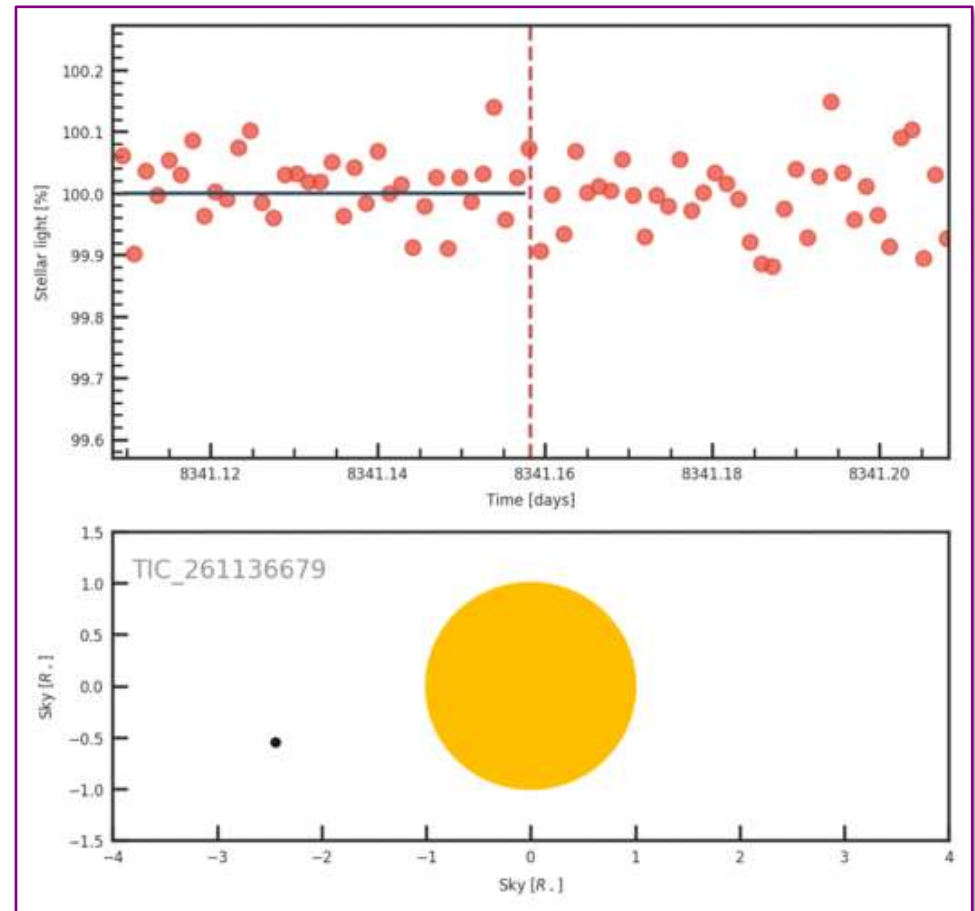
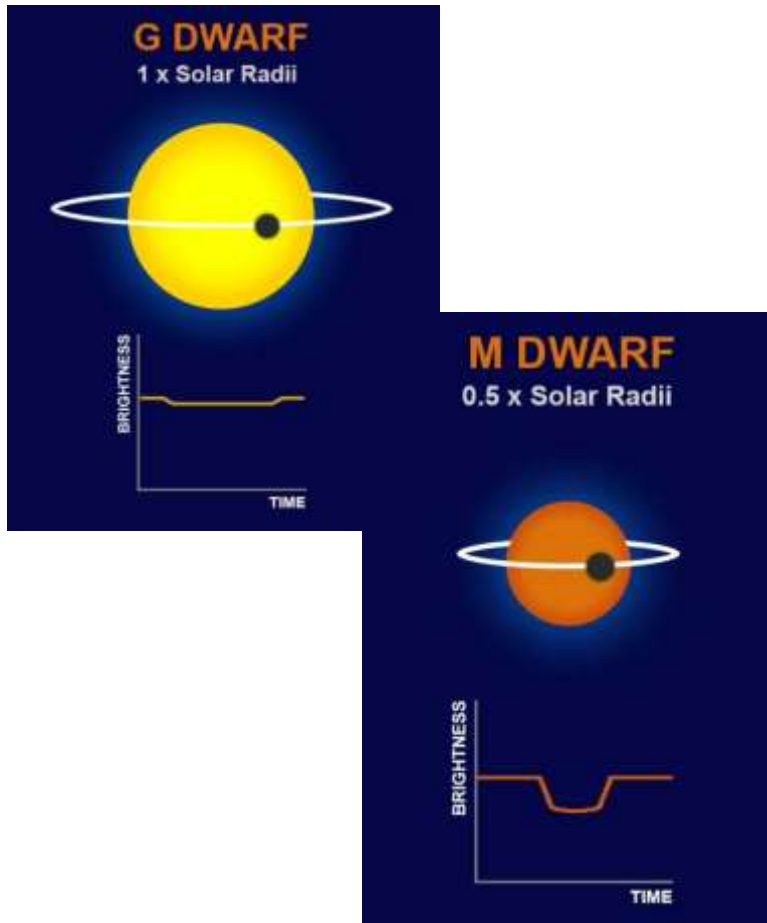


天文奇觀“水星凌日”，一世紀發生大約13次
Around 13 times per century, Mercury passes between
Earth and the sun - a rare astronomical event

凌日法（凌星法） Transit Method

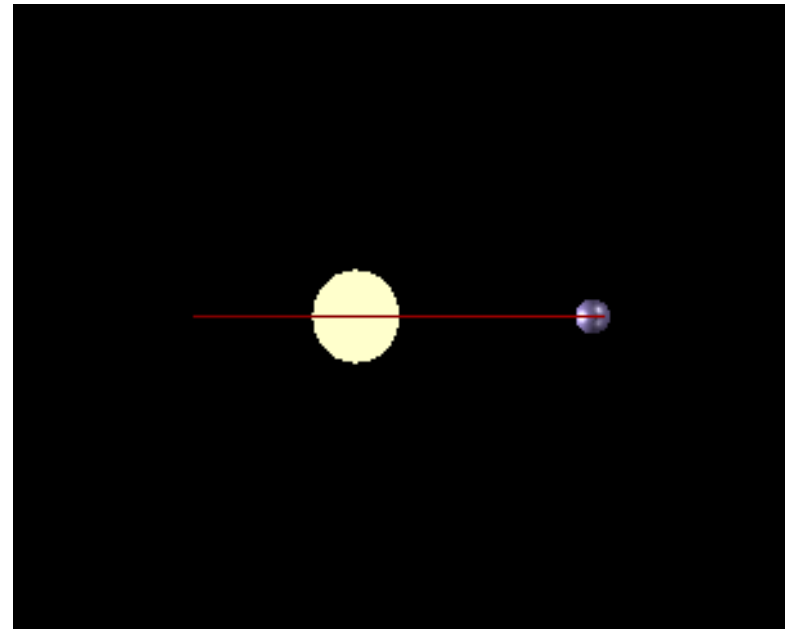
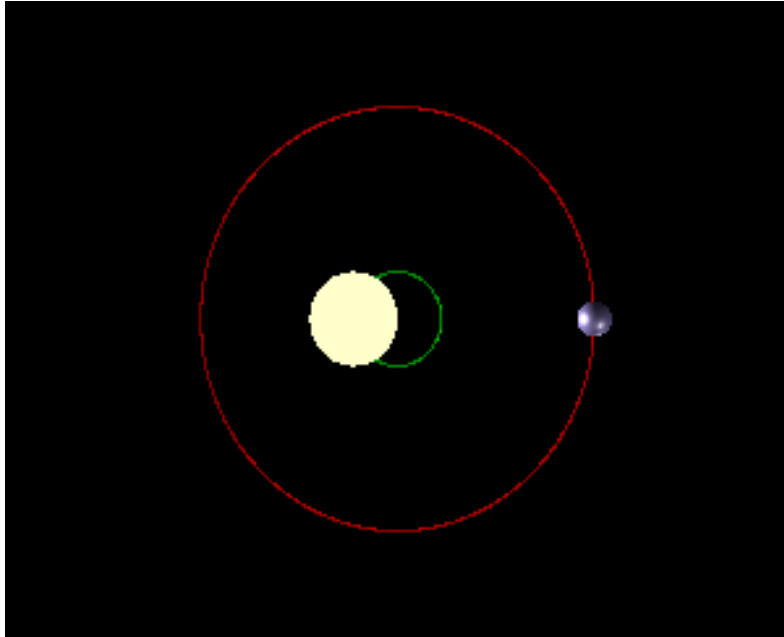
恆星亮度短暫下降

Transient dip in light curve –
proportional to the planet size



<https://planethunter.org/>

行星公轉 Orbiting Planet

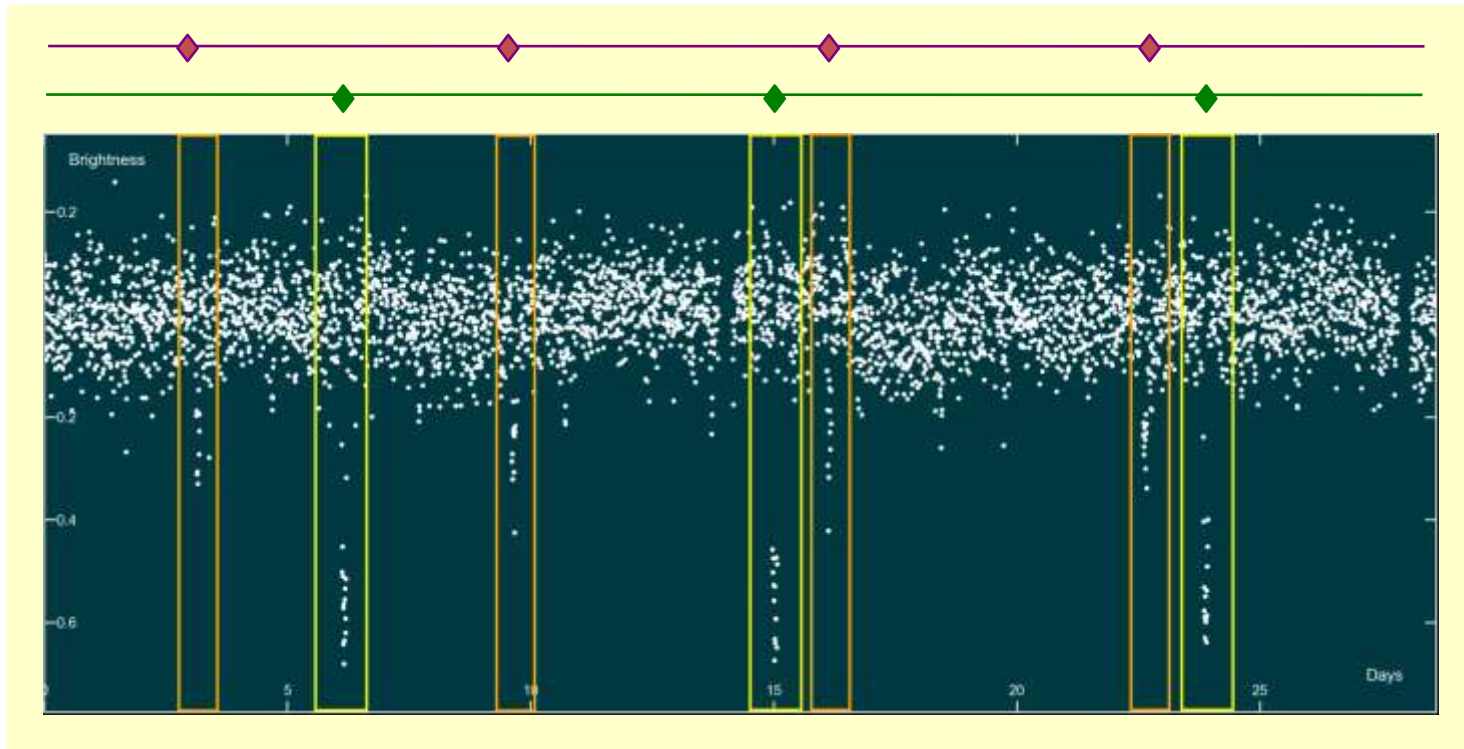


<https://spaceplace.nasa.gov/>

從主恆星的“搖擺”，可以推斷行星的質量
One can infer the mass of the host star from its “wobbling”

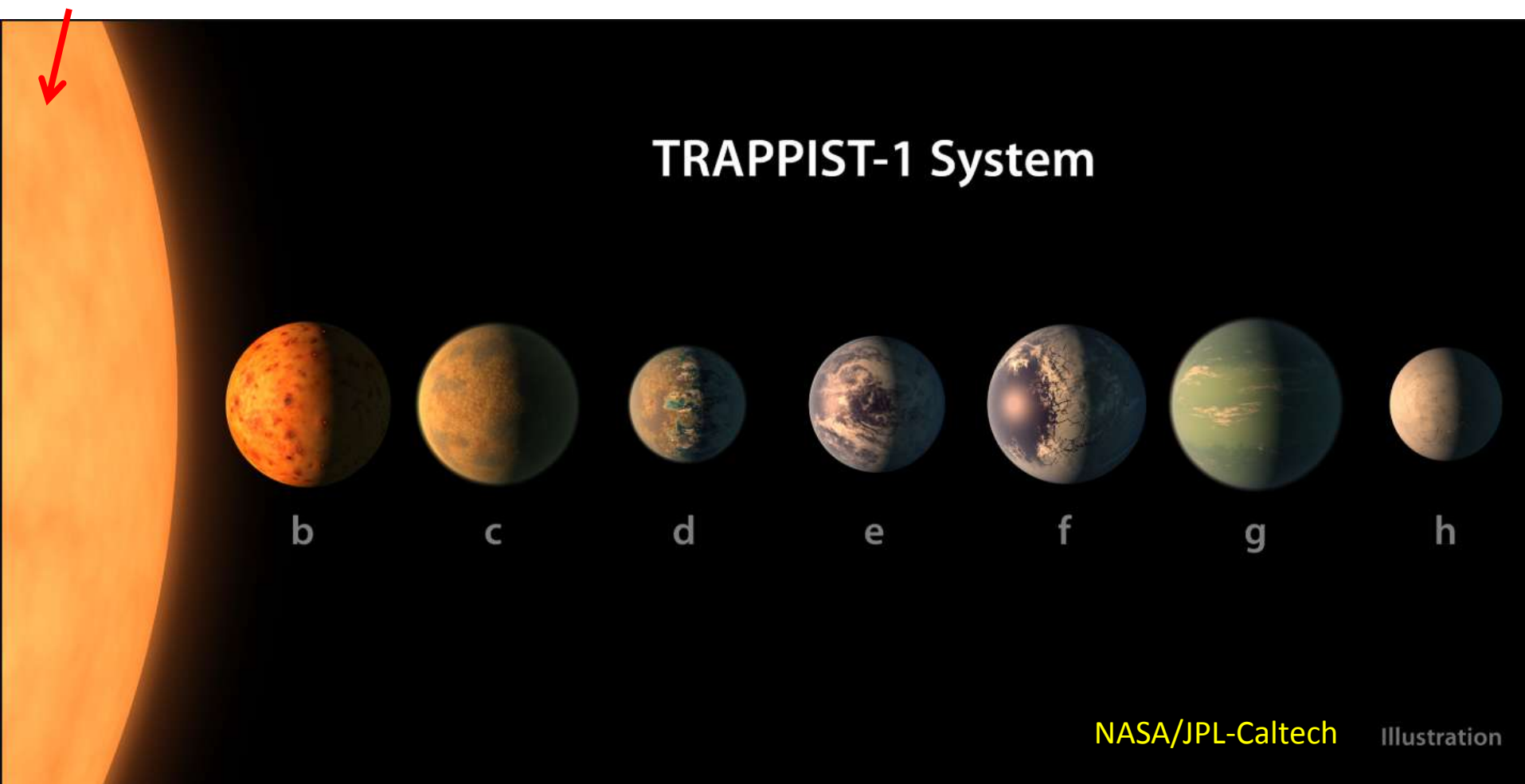
行星物理參數

- 大小 Size
- 質量 Mass → 密度 Density（固體、氣體）
- 公轉週期 Revolution cycle
→ 到恆星的距離 → 溫度 Temperature



Seven Planets in Trappist-1

超冷紅矮星（寶瓶座）

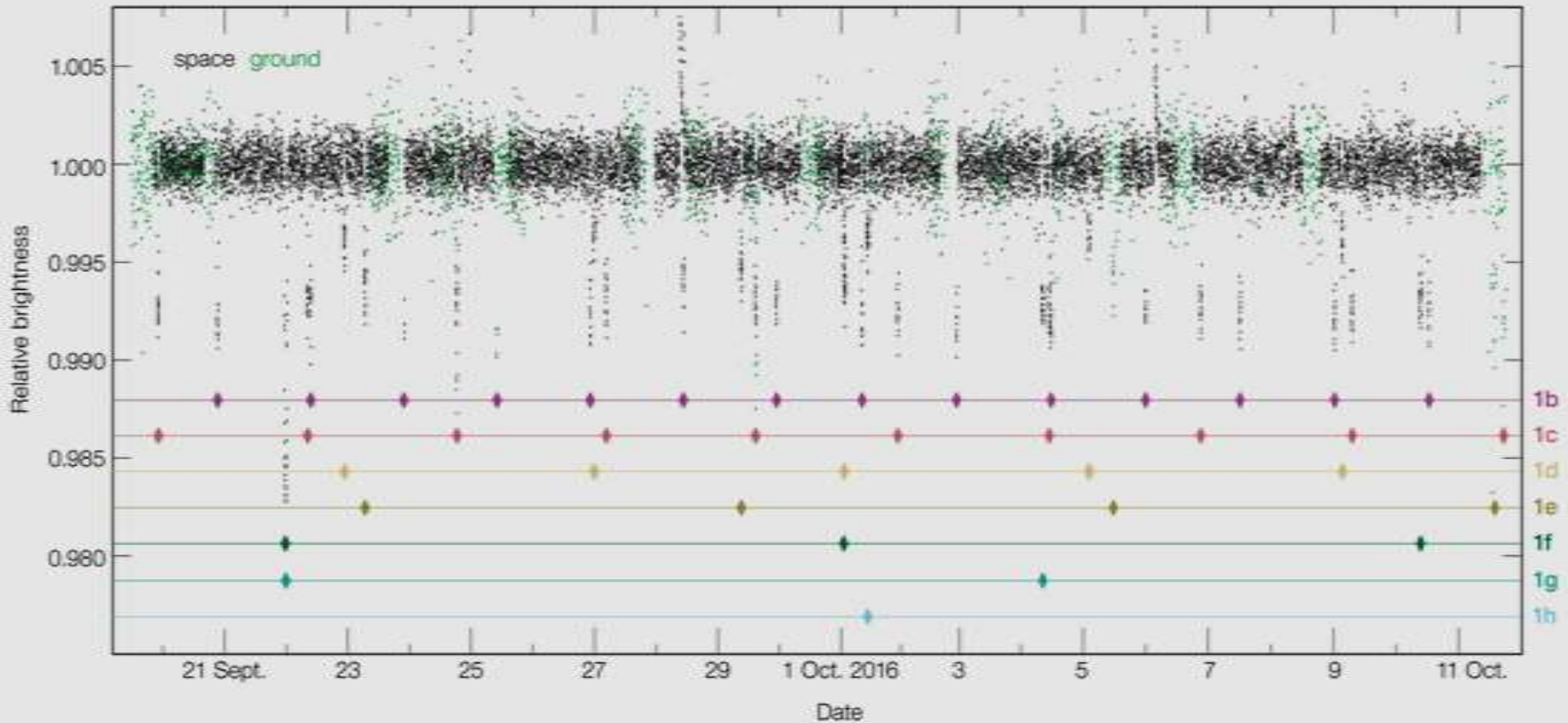


NASA/JPL-Caltech Illustration

Seven planets orbiting around a star 100 trillion kilometers away from Earth (40 light years). All are fairly close to their host star and are likely to be **tidally locked** as their orbital periods range from **1.5 to 19 days**

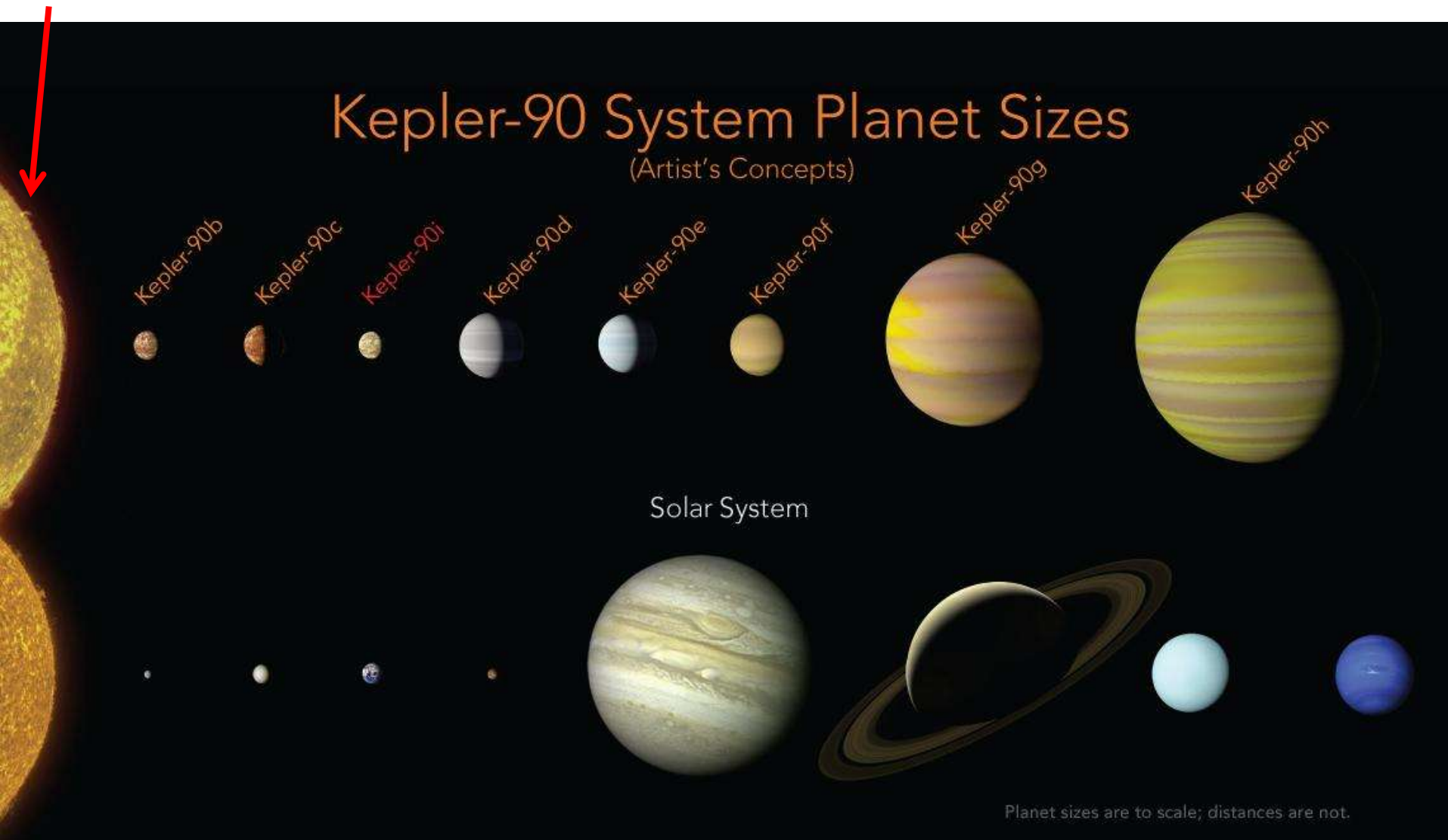
潮汐鎖定

Trappist-1: 光度曲線 Light Curve



Eight Planets in Kepler-90

开普勒90



开普勒90距地球2500光年(天龍座)，行星系結構近似太陽系

銀河系天外行星 Exoplanets in Milky Way

- 目前探測到**4043**個天外行星
4043 exoplanets detected
- 估計銀河系有**50**億類地行星！
 5×10^9 earth-size planets in Milky Way (2×10^{11} stars)

天外行星風景 Exoplanet Landscape



天外行星風景 Exoplanet Landscape



NASA/JPL-Caltech

確認生命的必要條件

Identify conditions for life



簡單生命： 微生物Microbial life

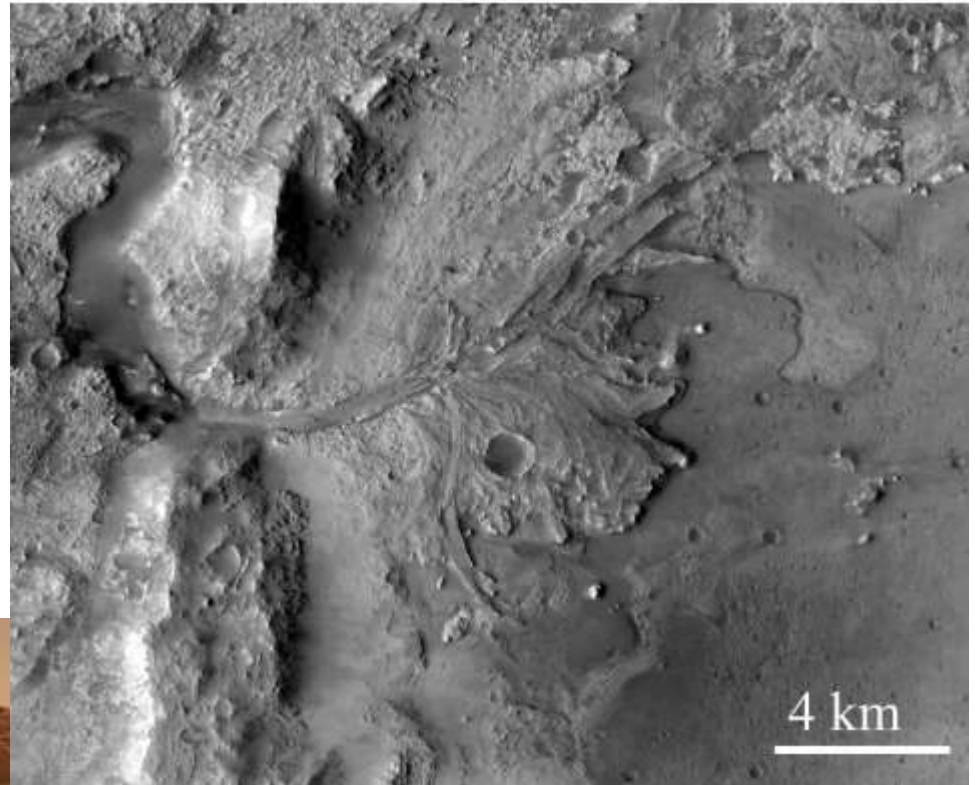
■ 必要條件 Necessary Conditions

- **材料**： 氫H, 碳C, 氮N → 分子 molecules
- **溶劑**： 液態水 Liquid water → 原子重新組合成不同分子（化學反應）； 液體甲烷 Liquid Methane
- **能源**： 恆星（宜居距離： 金星 - 火星）， 行星內核（潮汐力）

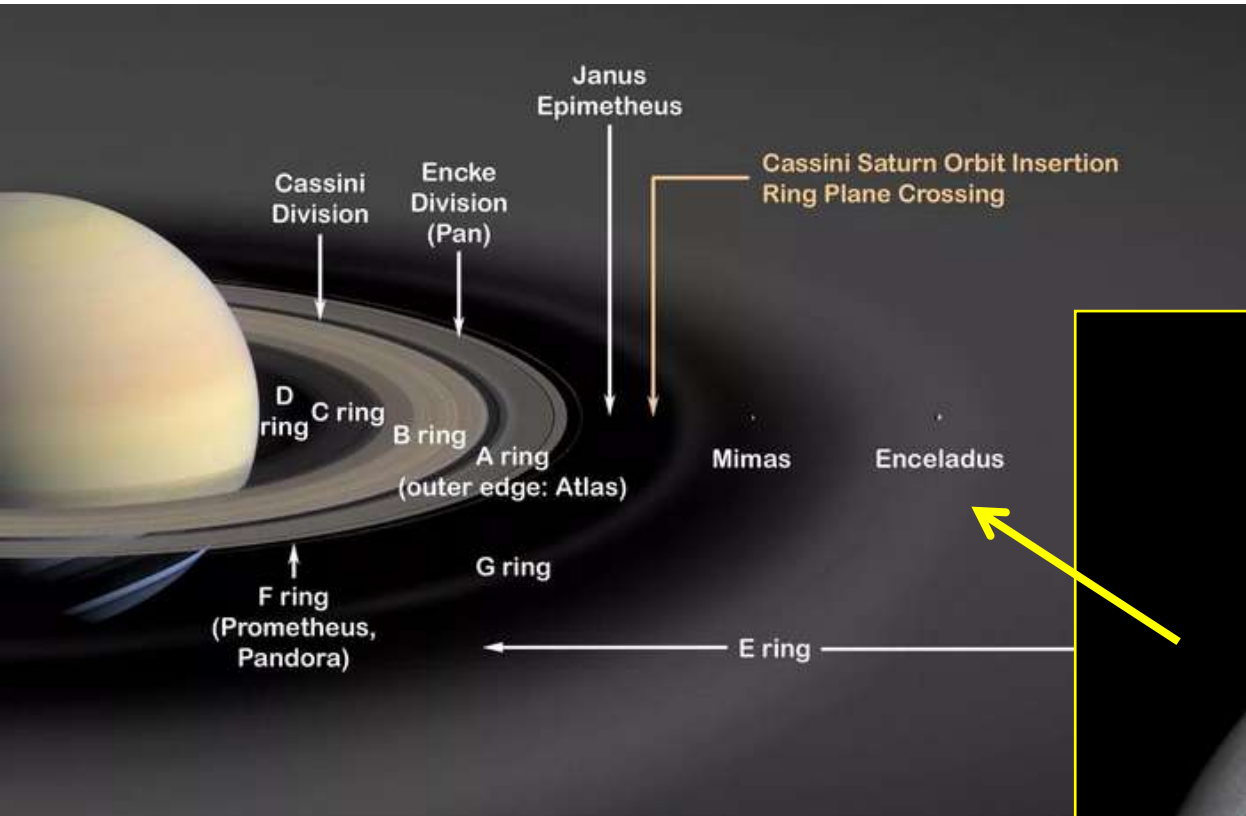


火星的水 Water on Mars

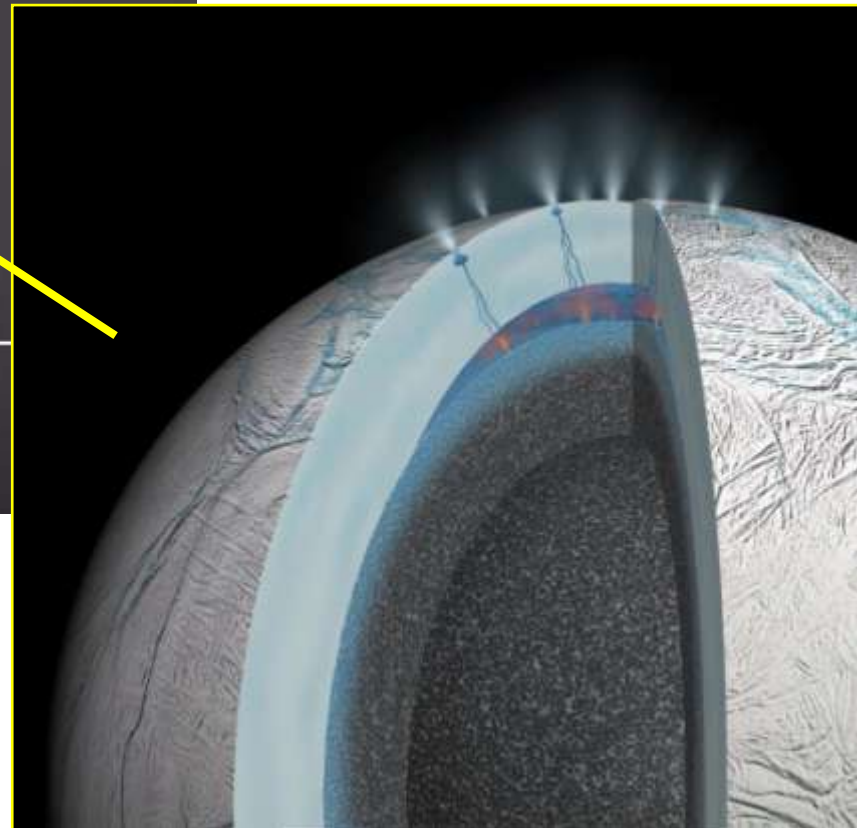
- 早期火星有液態水
Early Mars surface had liquid water
- 可能曾經有生命
Might have hosted life



土星衛星 Enceladus

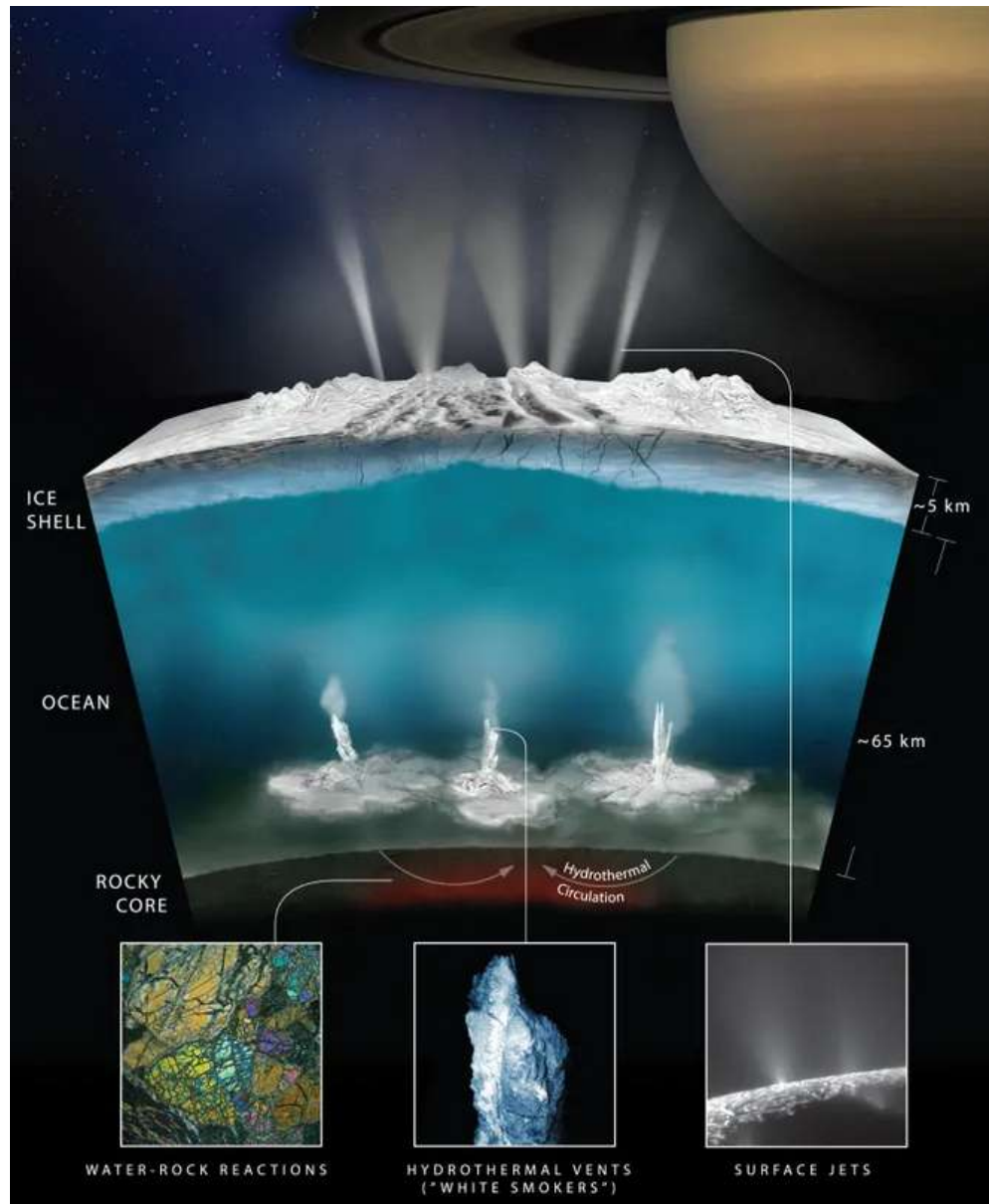


- Size: 15% of Moon
- Icy shell (5 km) with deep ocean (65 km)
- Erupting water jets



In Greek mythology, **Enceladus** was one of the Giants

土星衛星深海 Deep Ocean in Enceladus



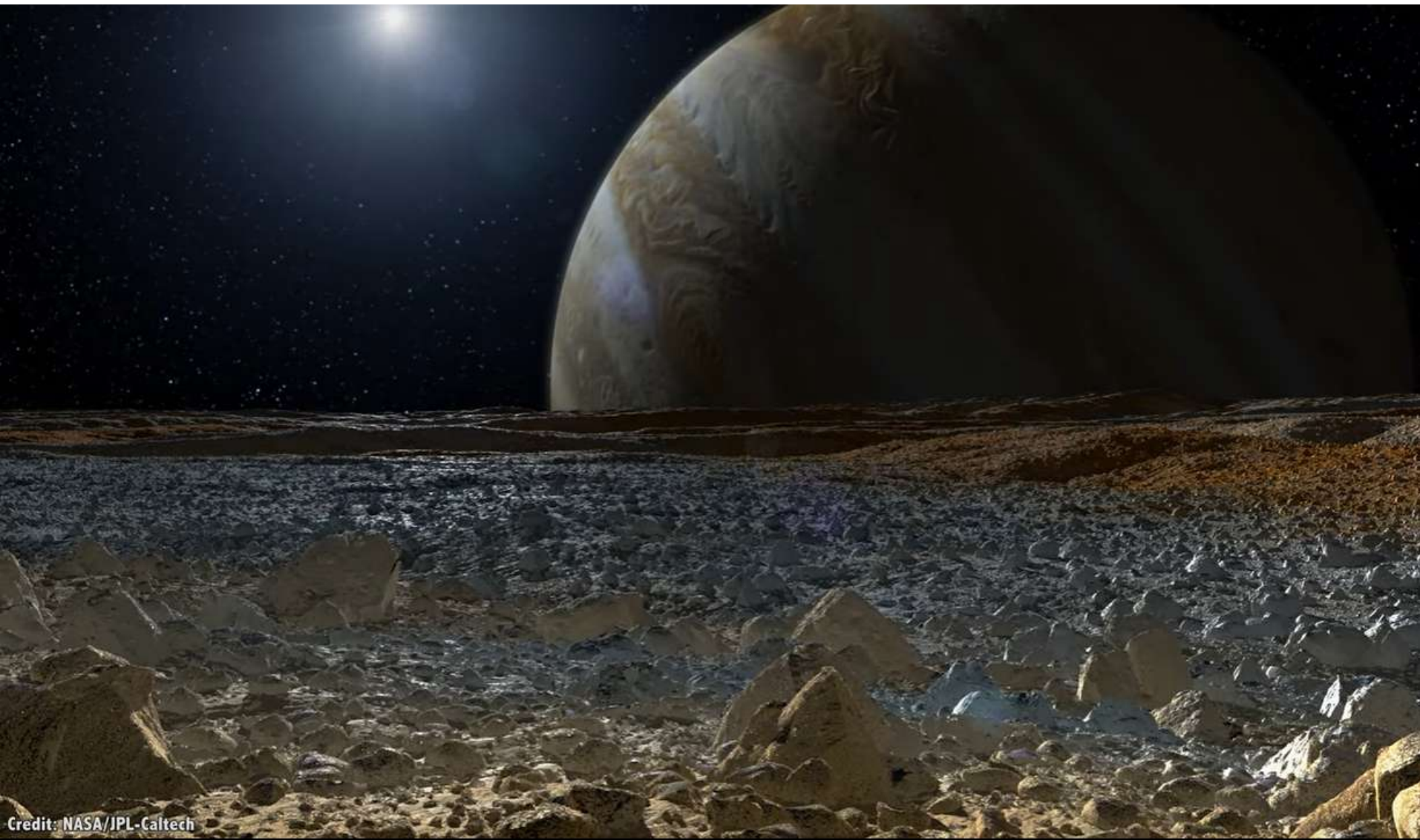
- Surface
-200° C
- Icy shell
(5 km)
- Deep
ocean
(65 km)

木星衛星 歐羅巴 Jupiter's moon: Europa



Europa Mission 2025

木星衛星 歐羅巴 Jupiter's moon: Europa



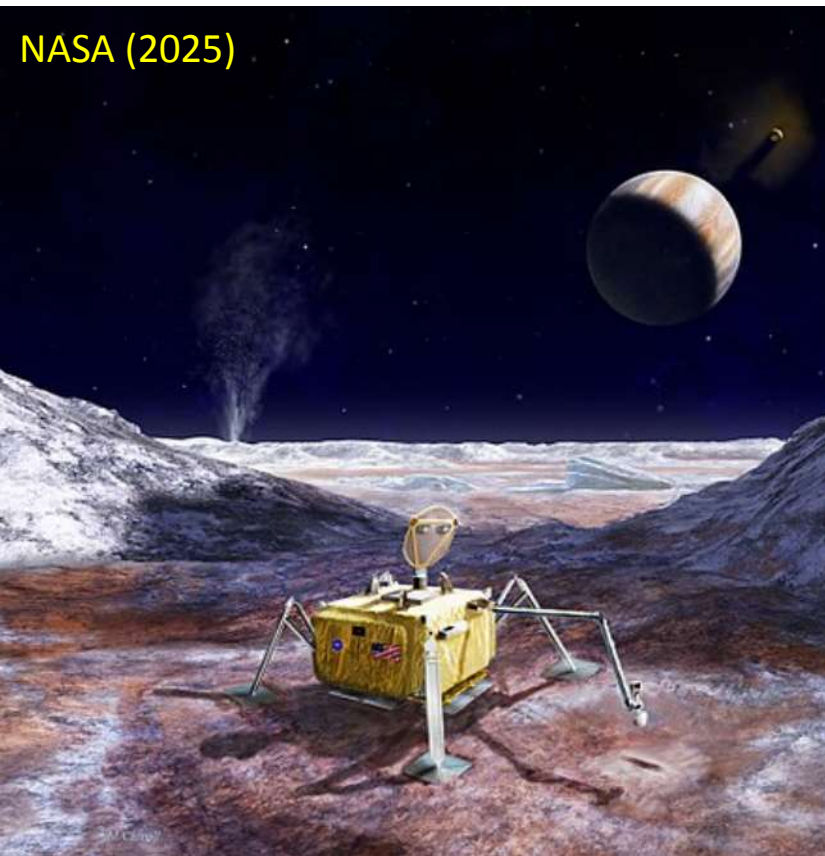
Credit: NASA/JPL-Caltech

木星衛星 歐羅巴 Jupiter's moon: Europa



Credit: NASA/ESA/K. Retherford/SWRI

歐羅巴 冰殼下海洋 Deep Ocean in Europa



探測深海生物 Deep ocean creatures



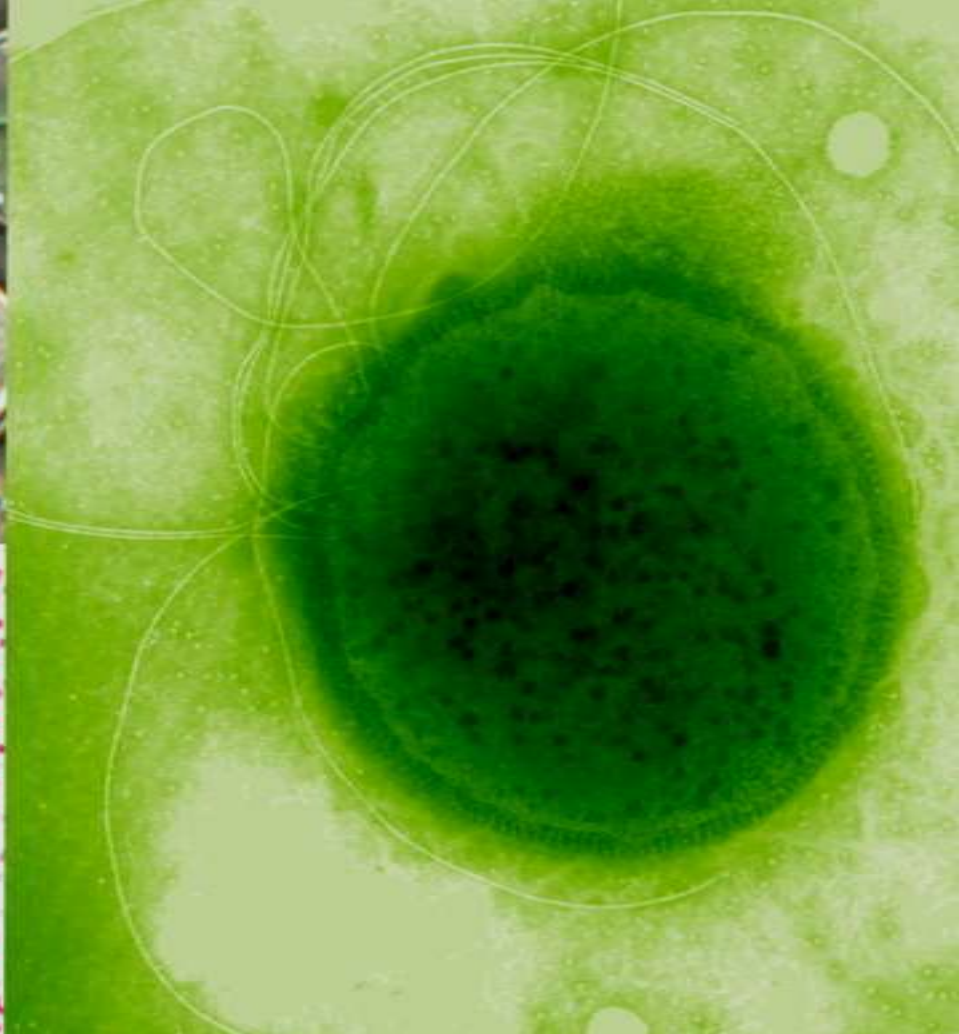
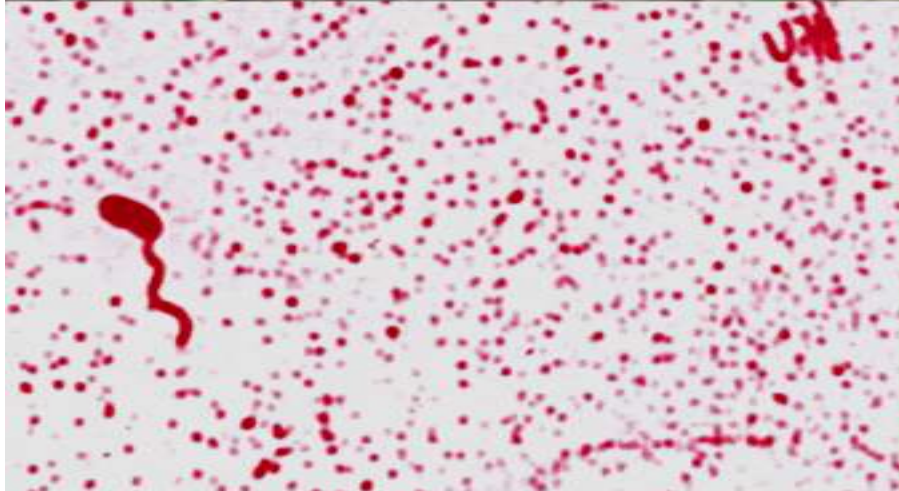
構想外星生命

Conceive alien lives

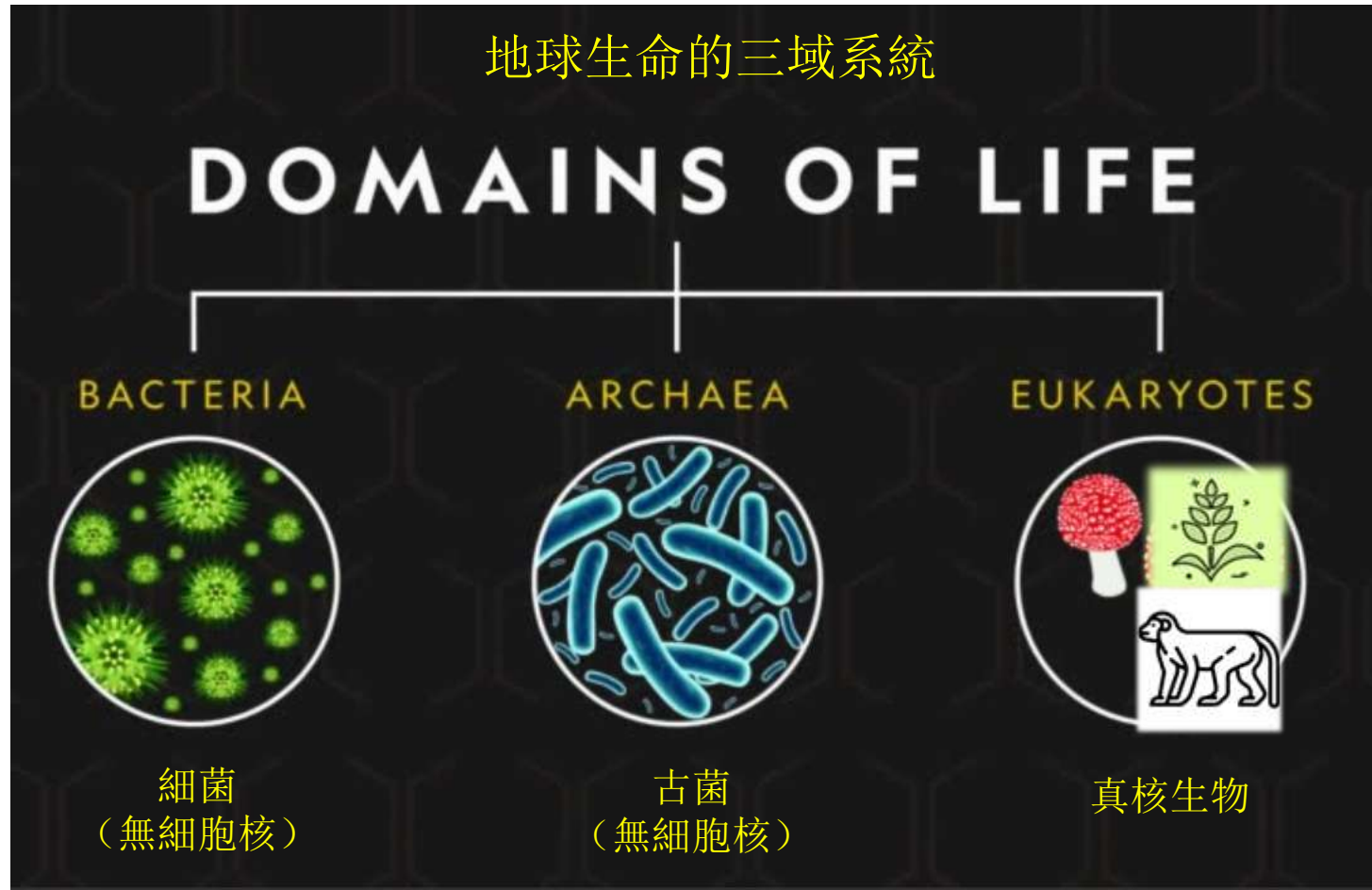


愛好極端的生物 Extremophiles on Earth

溫度 -24C ~110C （礦井，噴泉，深海），吃無機化學物（硫磺、甲烷、氫）



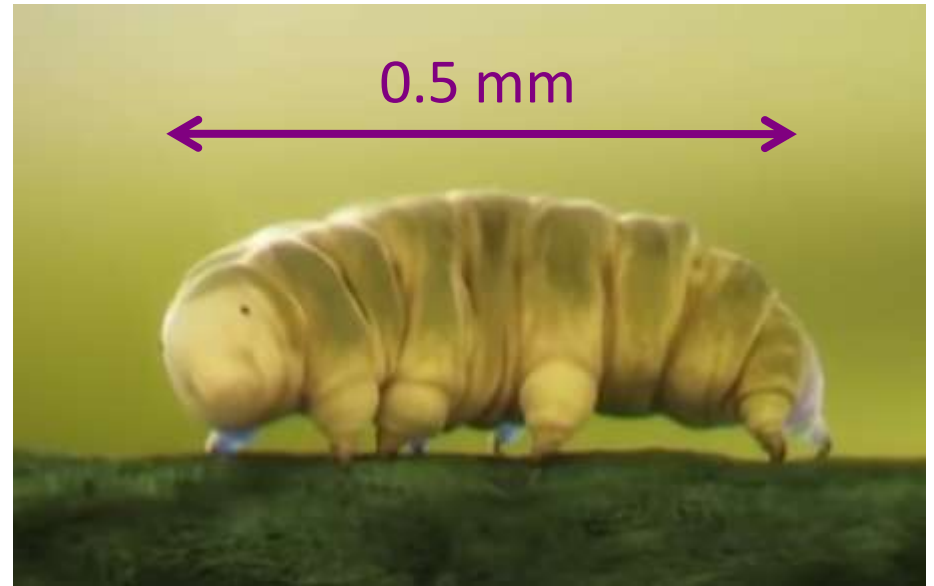
地球生命的三域系統



超級動物 A Super Animal

緩步動物“水熊” Tardigrade

- 遍布全球（喜馬拉雅、深海、兩極、赤道）
- 40,000 cells 一生不變
- 全身表面呼吸 No lung
- 溫度：-272C ~150C
- 抗輻射 DNA（外太空）
- 木乃伊化（30年）



Super Animal



複雜生命 Complex Life

■ 生態保護層

- 磁層 Magnetosphere – 屏蔽恆星風暴和帶電粒子射擊
- 大氣 – 保溫、減低隕石轟擊
- 冰殼 + 海洋

■ 生態系統

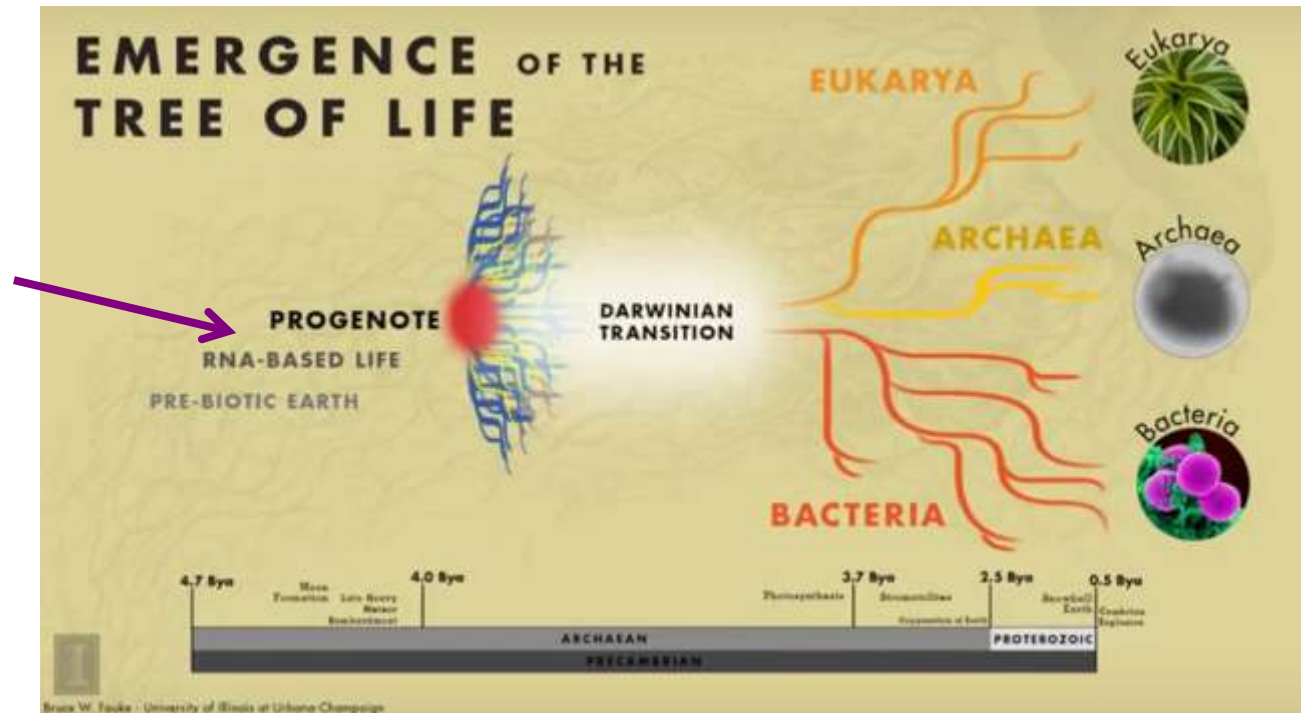
- 簡單生命（食物鏈）
- 流水+岩石：宜居棲息地、催化劑

天體生物學 Astrobiology

- The study of the origins, evolution, distribution, and future of life in the Universe
- Cross-disciplinary: physics, chemistry, biology, robotics

- 地球中心進化論
Geocentric evolution

- 最後的共同祖先
Last universal
common ancestor
(LUCA)



生命分佈至起源 Life Distribution to Origin

Astronomy

地球中心
Geocentric



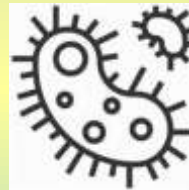
太陽系中心
Heliocentric



星系→宇宙
Galaxy →
Universal



Distribution, evolution, origin



Same origin?

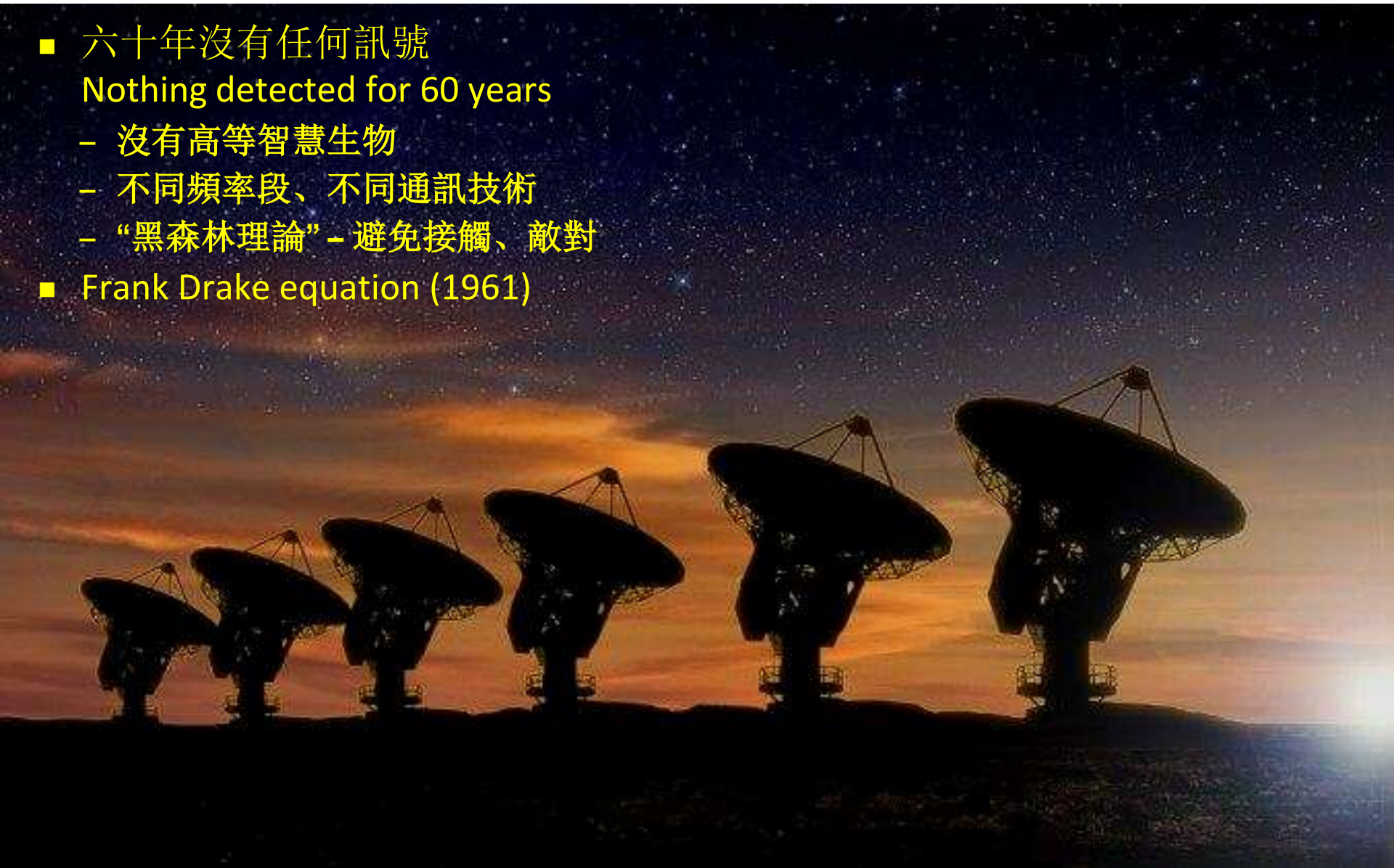
- 並行自發產生 + 演化
 - 外星播種 (隕石) + 演化
- Parallel/Alien seeding + evolution

嘗試建立聯繫
Try to establish contact



搜索外星智能 SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)

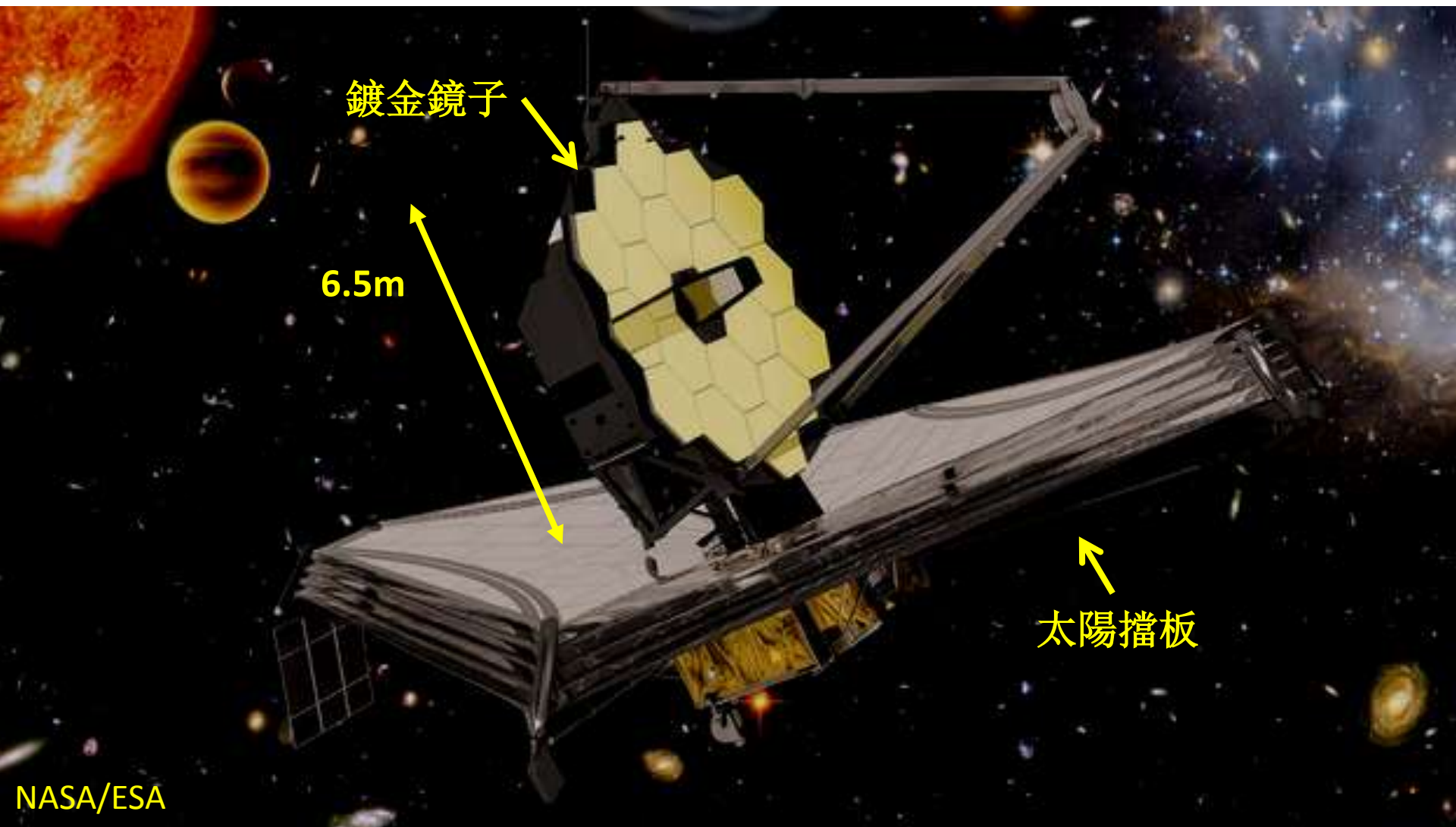
- 六十年沒有任何訊號
Nothing detected for 60 years
 - 沒有高等智慧生物
 - 不同頻率段、不同通訊技術
 - “黑森林理論” – 避免接觸、敵對
- Frank Drake equation (1961)



嘗試建立聯繫（直接接觸）

- 找出類地行星（凌星法、大小，週期）
- 強力望遠鏡測量質量、探索大氣層
- 聚焦射電望遠鏡測量可能信號、發射信號
- 發射微型太空船（實地勘探、採樣）

James Webb Space Telescope (2021)

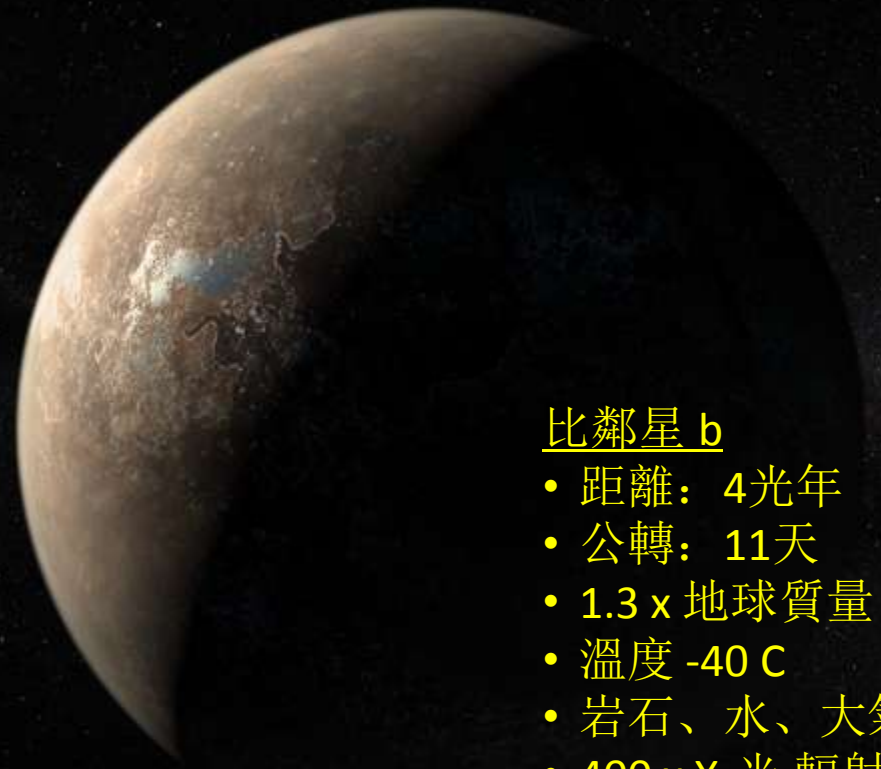
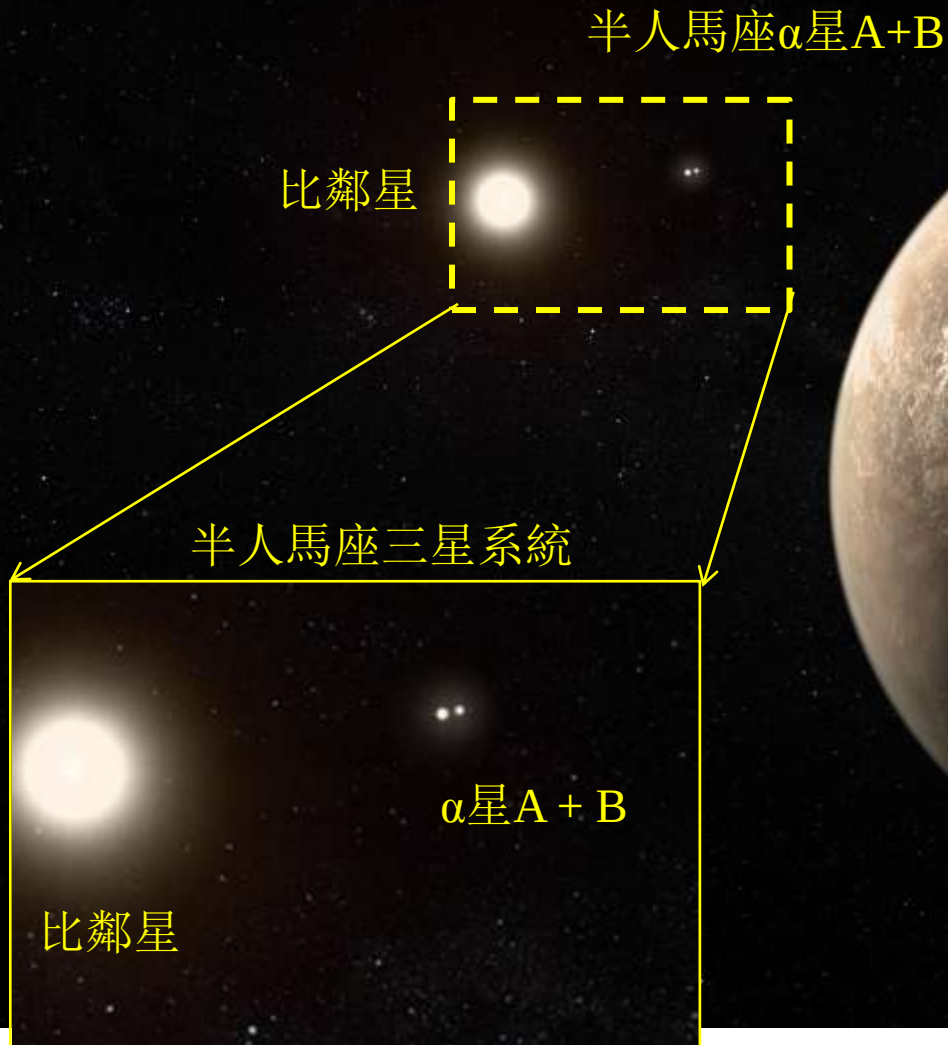


檔星板+太空望遠鏡 Starshade & Telescope



Jay Wong

類地行星：比鄰星b (Proxima Centauri b)



比鄰星 b

- 距離：4光年
- 公轉：11天
- 1.3 x 地球質量
- 溫度 -40 C
- 岩石、水、大氣？
- 400 x X-光 輻射
- 2000 x 恆星風

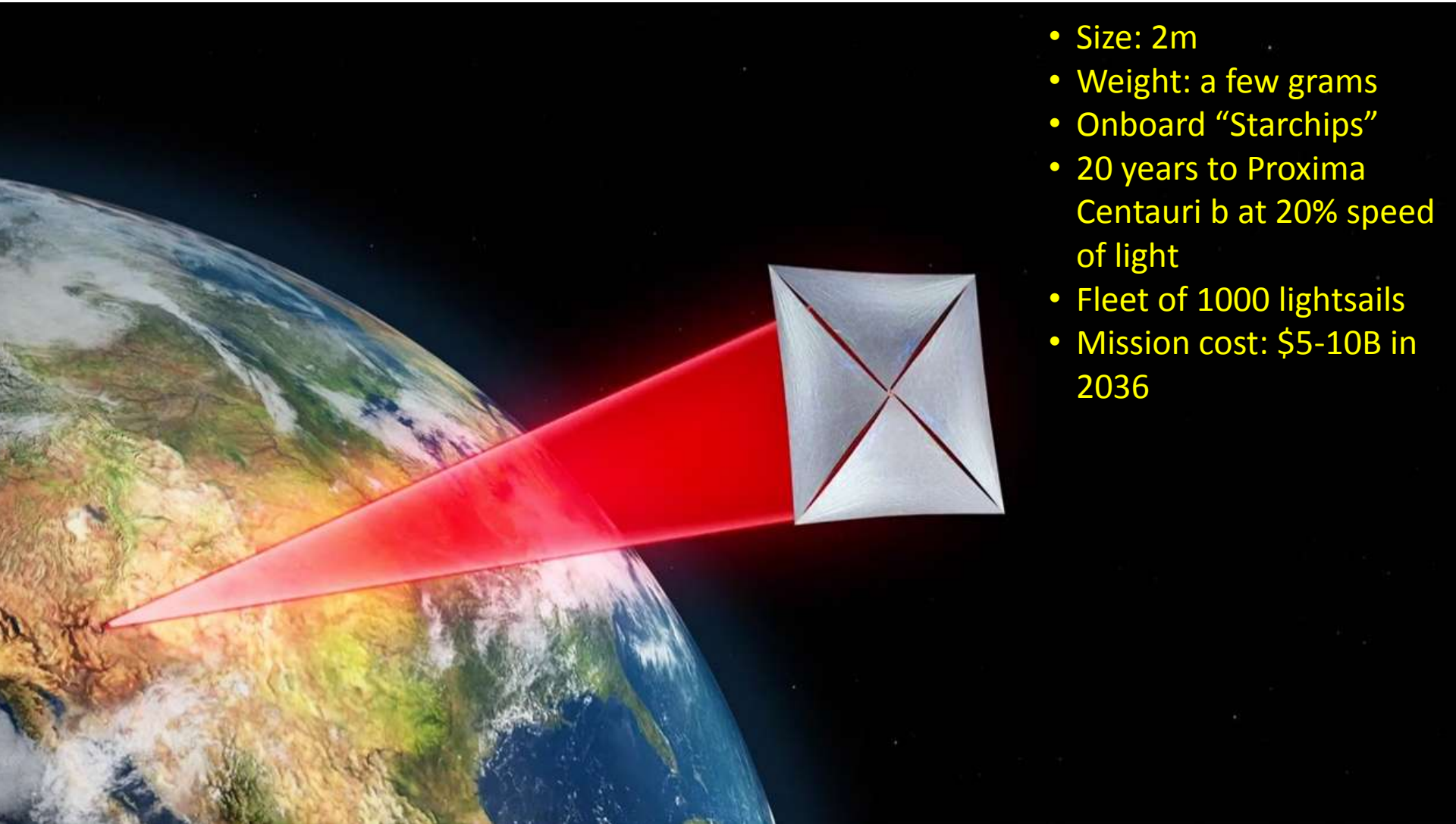
比鄰星b 看見的三個恆星

Three Stars seen from Proxima Centauri b



ESO/M. Kornmesser

微型太空船：光帆 Lightsail



- Size: 2m
- Weight: a few grams
- Onboard “Starchips”
- 20 years to Proxima Centauri b at 20% speed of light
- Fleet of 1000 lightsails
- Mission cost: \$5-10B in 2036

光帆飛往比鄰星 Lightsail to Proxima Centauri b

Are We Alone?

我們並不孤單，微生物可以活在眾多的類地行星（以及木星土星的衛星）。如果有複雜生命，其形態一定超乎我們的想像力。

No. There must be microbial out there.

If there are complex lives, they would be far beyond from our imagination.



讓我們等待這個驚醒時刻！
Let us wait for the Awakening Moment!



做個業餘科學家

Be an amateur scientist



行星獵人 Planet Hunter

