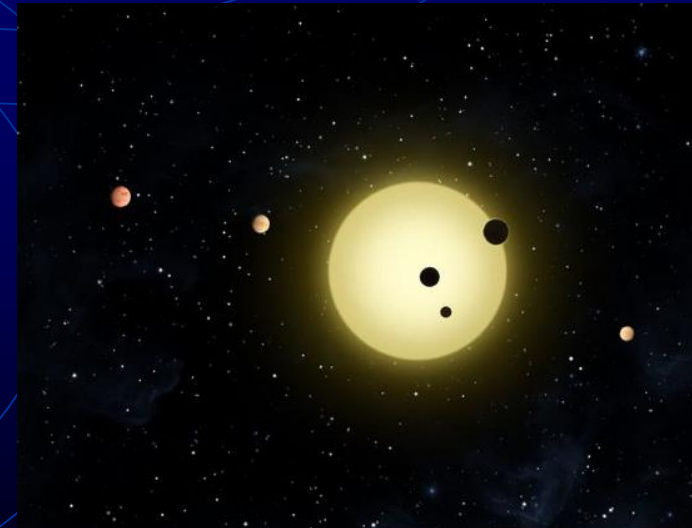
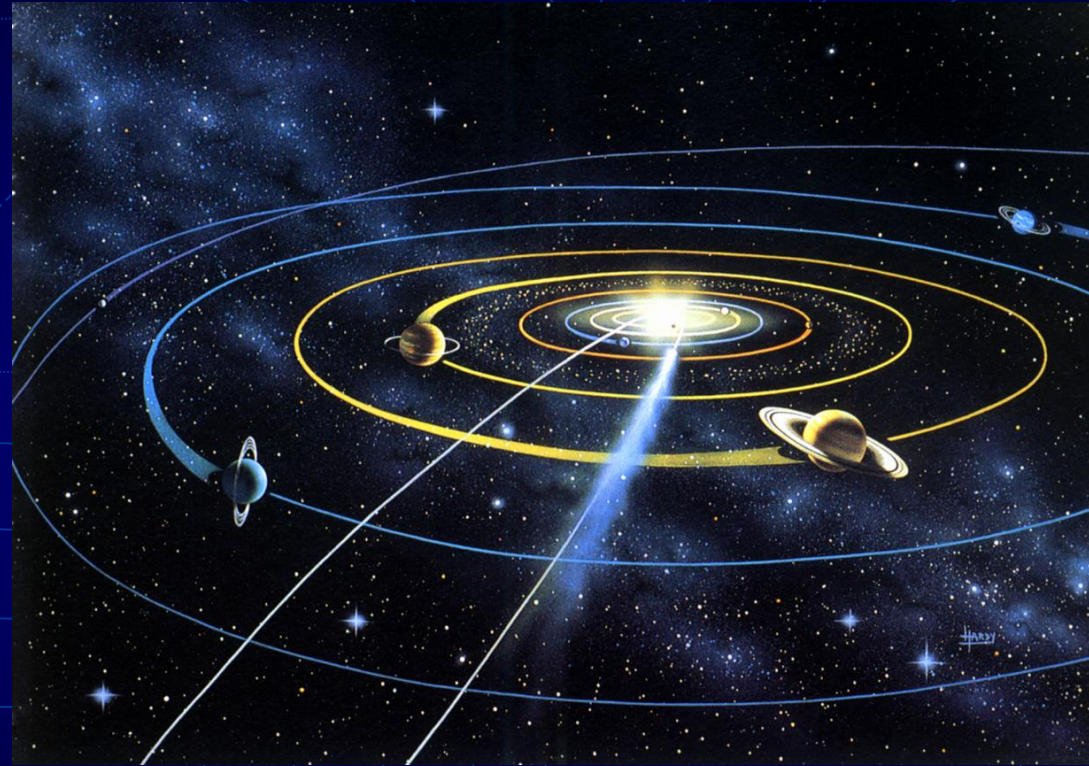


Extraterrestrial Life and Planets



陳文屏

中央大學 天文所、物理系

2019.06.28 @NCU Summer School



<http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/Tmp/planetsETlife.pdf>

大綱

尋找 外星生命

- 信與不信 (信什麼？不信什麼？為什麼？)
- 外星是什麼？ (星際旅行去哪裡)
- 人 (生命) 是什麼？ (到外星找什麼？)
- 怎麼尋找外星人？
(他/牠/它/祂 來過地球了嗎？)
- 找的結果呢？
- 外星人來過地球嗎？還在地球嗎？



多半人相信外星人存在，因為 …



Jodie Foster as “Ellie” in *Contact* (接觸未來，1997)



If we are alone in the Universe, then it is an awful waste of space.
— Carl Sagan

要是宇宙中只有我們，那真是太浪費空間了。
— 卡爾·沙岡

迷思：宇宙無窮大、歲月無限長

…甚麼都有可能？

事實——宇宙年齡有限（137億年）

並非甚麼都有可能

某件事：…很可能、可能、不太可能、絕無可能…

事實——有些事雖然不太可能，但未抵觸任何

已知科學定律

有些卻違背**現有**知識，因此

目前認為絕無可能

事實——如何證明「沒有」？



宇宙現在處於**膨脹**狀態——
越遠的星系，離我們遠去的
速度越快 → **哈伯定律**

宇宙微波背景輻射

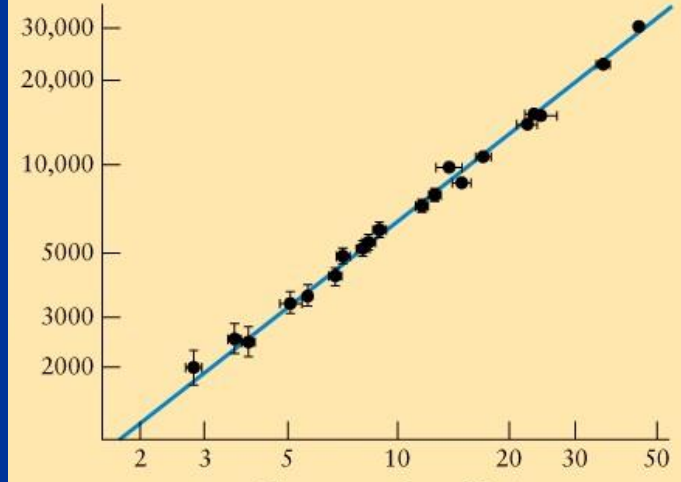
充斥在太空中，表示宇宙
始於一團高熱（大霹靂）

輕元素的宇宙含量 最老的天體氦元素仍占 25%

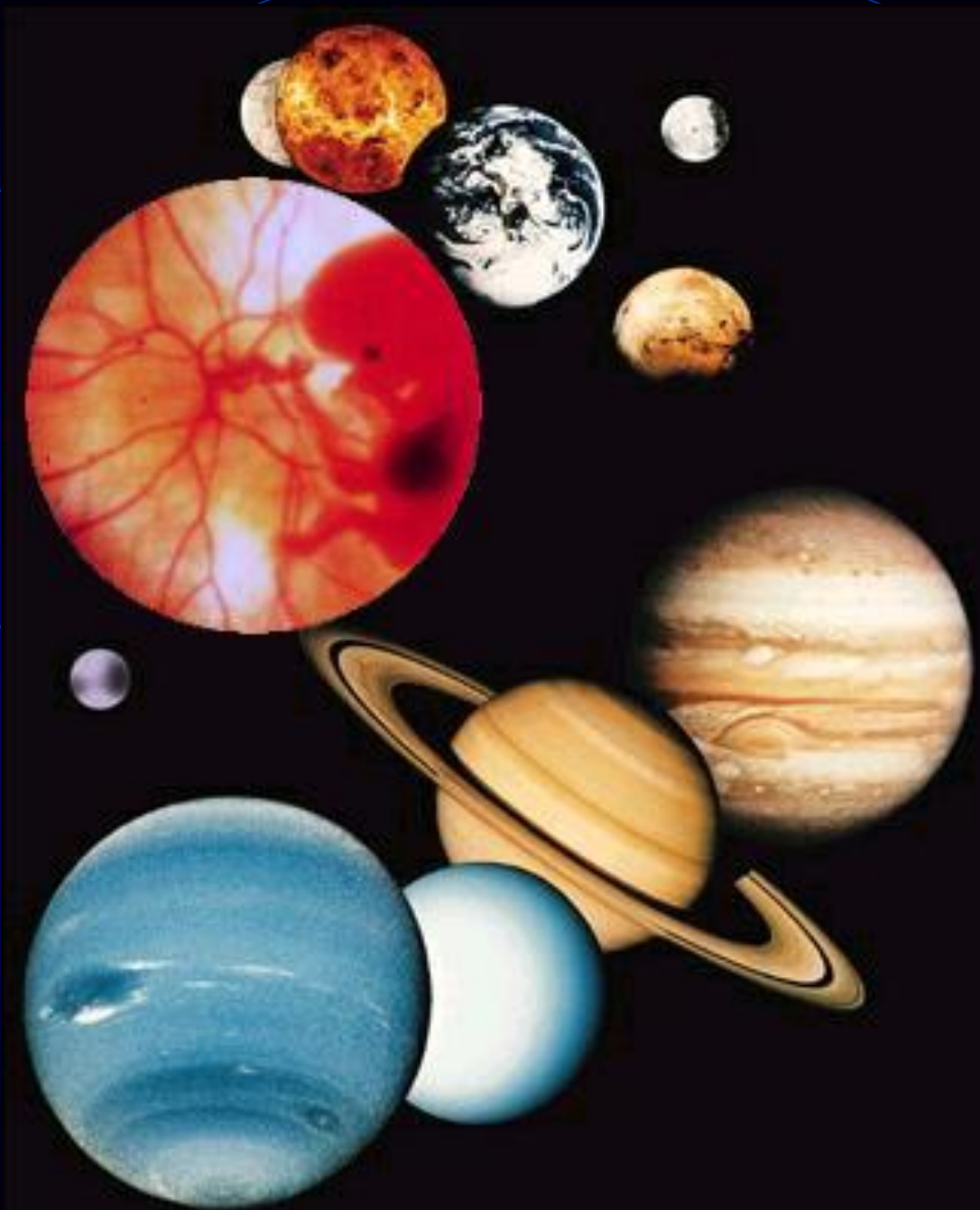
沒有發現「極其古老」的天體

原來這上下古今，稱做「宇宙」的東西
居然有個起點！

星系後退速度 (km/s)



星系離我們距離 (3百萬光年)



事實：地球是目前太陽系
中唯一已知有（智慧）生
命存在的天體

會是宇宙中唯一的嗎？

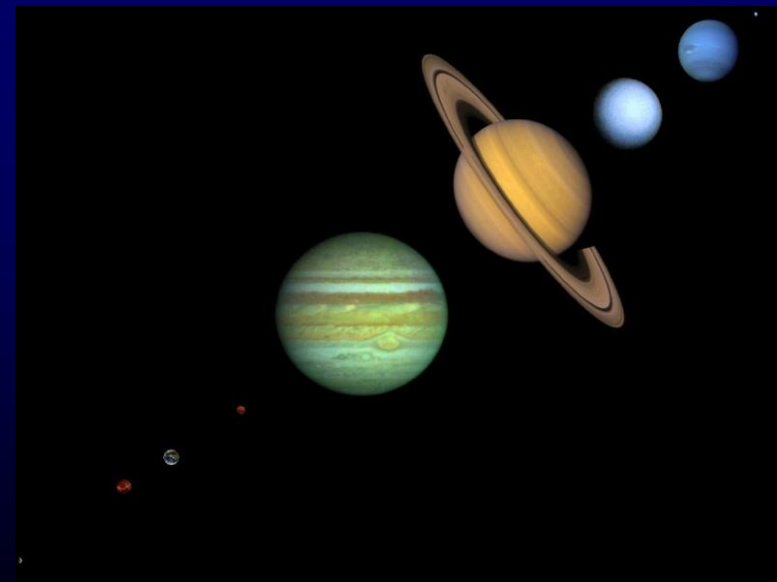
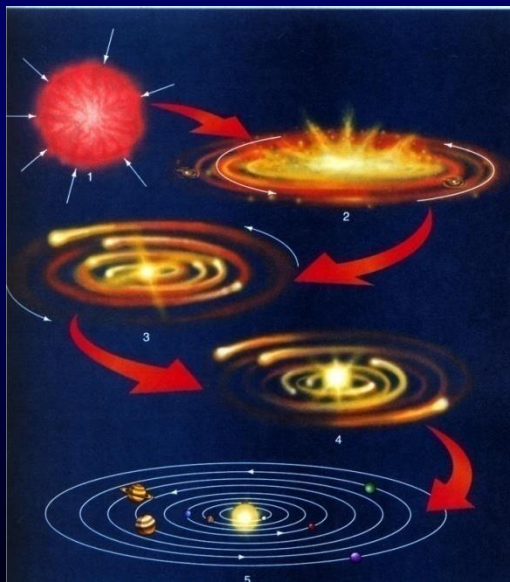
應該不～會～吧？

哪些是「應該」的事情？

星星也有生、老、病、死

—— 源於塵土、歸於塵土

太陽（恆星）與行星從同一團雲氣中凝結而形成
行星是恆星形成副產品 → 很多恆星周圍可能都有行星，
這當中有些**可能**適於生命發萌



一切都是機率問題 ...

- 如果買彩券中獎機率是1000萬分之1
- 那麼買1張、1000張、1萬張、1000萬張？
- 一次買1張，買1000萬次？
 - ✓ 適合生命誕生的太空環境（比例）
 - ✓ 環境對了，實際生命可以誕生的機率
 - ✓ 誕生後可以維持下去，發展出文明的機率
 - ✓ 有了文明，可以（願意）溝通的可能
 - ✓ ...

恆星璀璨多姿的一生

雲氣收縮 → 分裂

→ 各自形成恆星 → 星團

- 星球質量越大、越明亮、溫度越高、呈藍白色
- 星球質量越小、越微暗、溫度越低、呈橙紅色

耀眼
壽命短

壽命
1億年

我們真
該慶幸
平庸
壽命長

壽命
100億年



活生生的天體 — 恆星靠核反應發光，並且製造複雜元素

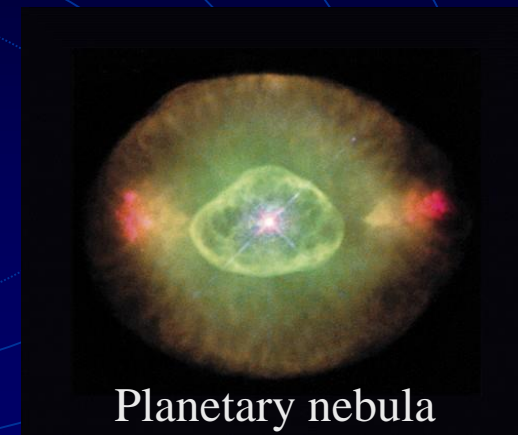
有些星球在核燃料用罄後，

將一生積蓄的複雜元素緩緩拋回太空

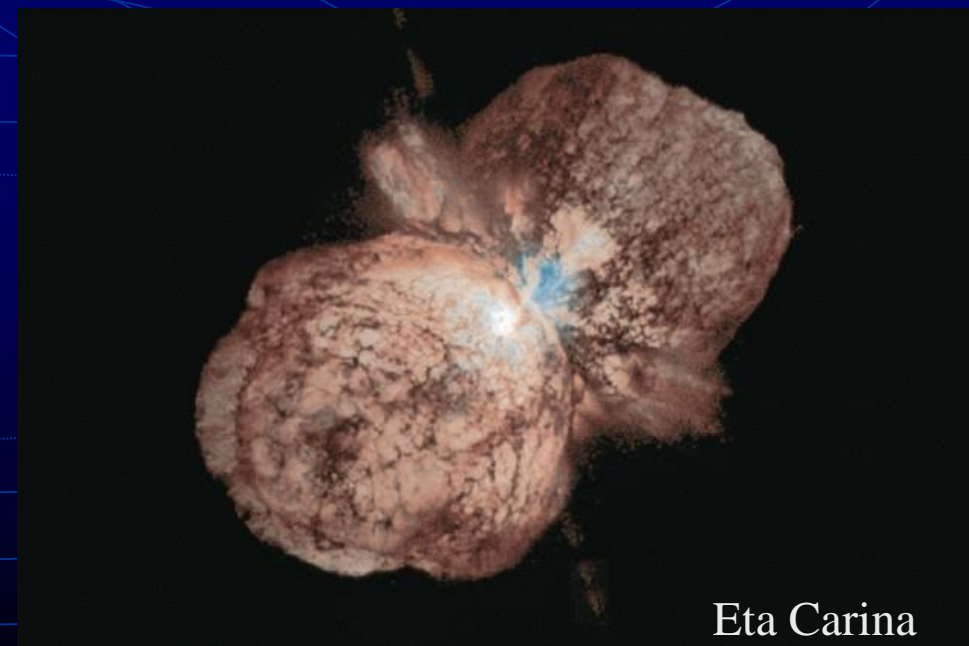
大型星球臨死前爆發，將複雜元素

回歸星際太空

→ 下一代的星球



Planetary nebula



Eta Carina



a



b

SN 1987a

生命的特徵



- 登陸某外星世界...尋找什麼呢？
- 生命是一堆原子、分子 哪些原子、分子？ 只是物質形態的一種，以致在根本上可以用物理、化學 哪些化學反應來描述？還是得有「靈氣」才行？
- 生命是什麼？一說就錯，卻看了就知道？
- 繁衍 (to reproduce)
演化 (to evolve)？



不同環境的成分

太陽		地球		地殼	
氫	90.99%	氧	50%	氧	47%
氦	8.87	鐵	17	矽	28
氧	0.078	矽	14	鋁	8.1
碳	0.033	鎂	14	鐵	5.0
氬	0.011	硫	1.6	鈣	3.6
氮	0.010	鎳	1.1	鈉	2.8
地球大氣		細菌		人類	
氮	78%	氮	63%	氮	61%
氧	21	氧	29	氧	26
氫	0.93	碳	6.4	碳	10.5
碳	0.03	氮	1.4	氮	2.4
氬	0.0018	磷	0.12	鈣	0.23
氦	0.00052	硫	0.06	磷	0.13

不同環境的成分

太陽		地球		地殼	
氫	90.99%	氧	50%	氧	47%
氦	8.87	鐵	17	矽	28
氧	0.078	矽	14	鋁	8.1
碳	0.033	鎂	14	鐵	5.0
氖	0.011	硫	1.6	鈣	3.6
氬	0.010	鎳	1.1	鈉	2.8
地球大氣		細菌		人類	
氮	78%	氮	63%	氮	61%
氧	21	氧	29	氧	26
氫	0.93	碳	6.4	碳	10.5
碳	0.03	氮	1.4	氮	2.4
氖	0.0018	磷	0.12	鈣	0.23
氬	0.00052	硫	0.06	磷	0.13

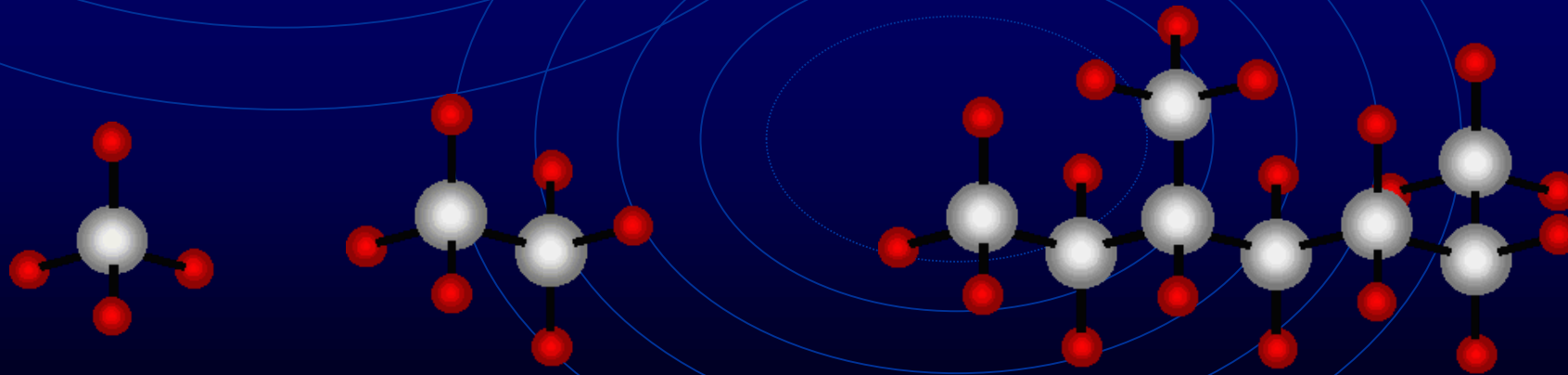
生命 —— 以成分來說

- 生物與恆星相似的程度更甚於所在的地球！
 - ∴ 地球生命由隨處可得的元素所構成
- 我們所知，宇宙其他角落的化學與物理原理和我們這裡相同
 - ∴ 宇宙其他地方要形成生命，
起碼在材料上不虞匱乏
- 絕大多數生命體由少數幾種簡單的分子構成
- 生命既簡單又複雜，但極度挑剔



- 碳、氫、氧、氮主宰生物體組成不是偶然；是因為這些元素具有特殊性質。
- 例如碳是「四價元素」，可以和四個其他元素結合，綿延不斷，形成巨型化合物（cf 樂高積木），足以攜帶大量訊息

生命的多樣性，來自碳元素的多樣性

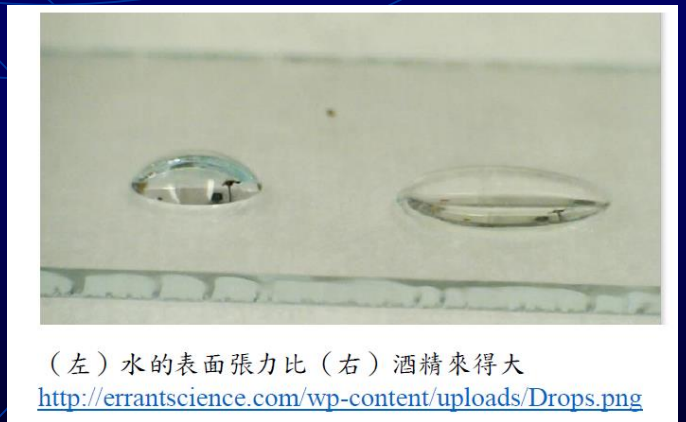


非碳不可嗎？

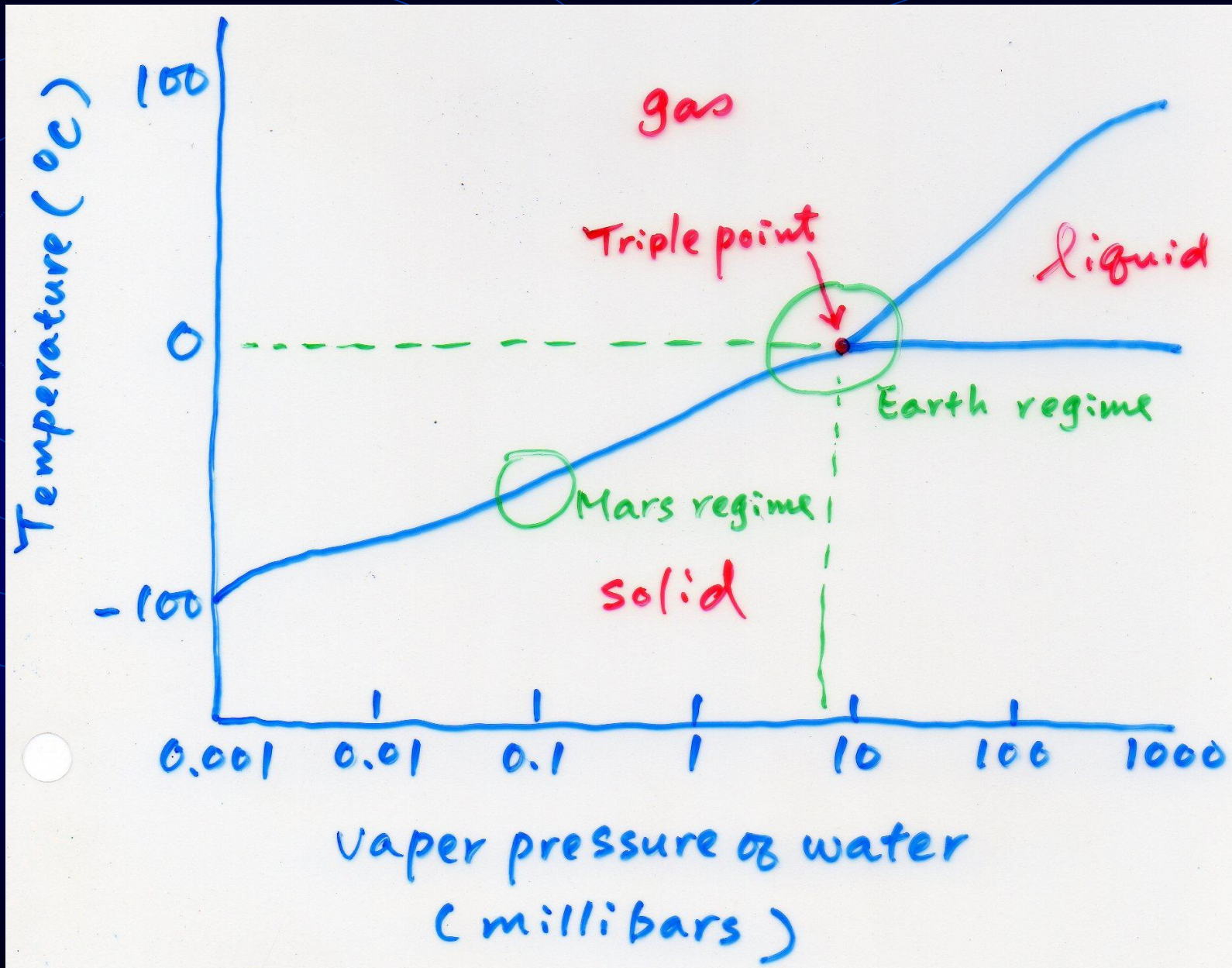
- 碳夠穩定，但又不致太「頑強」
 - 週期表其他元素呢？「矽」也很不錯
但宇宙環境中含量比碳少 **電腦算不算生命？**
- 可能有以矽元素為基底的生命，但機率比較低

非水不可嗎？

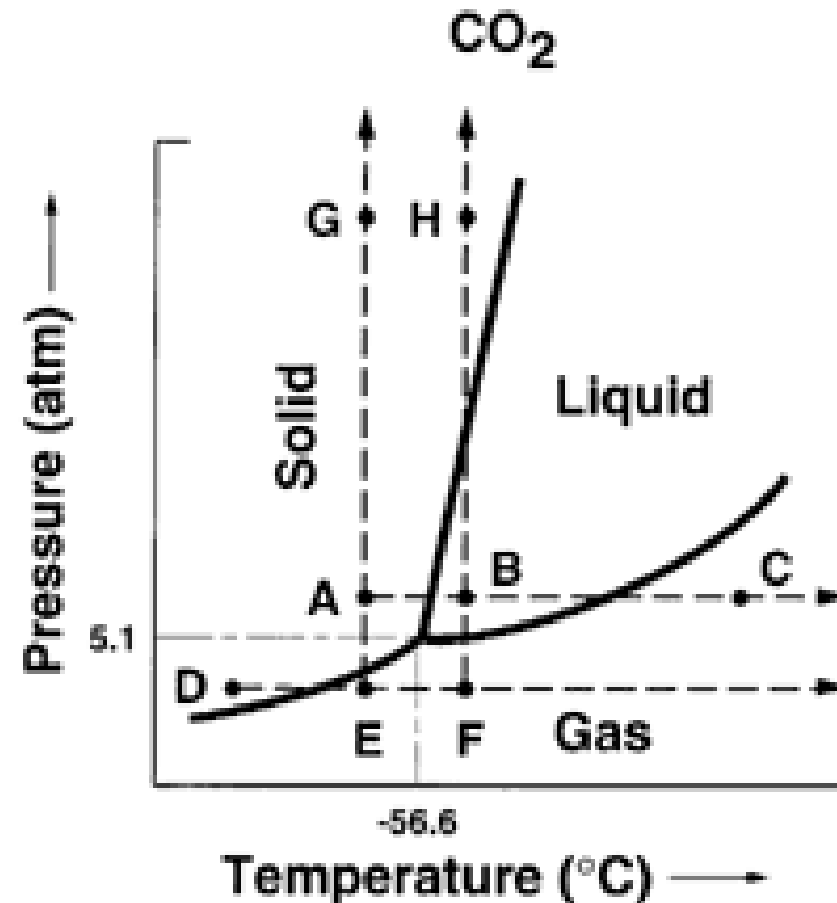
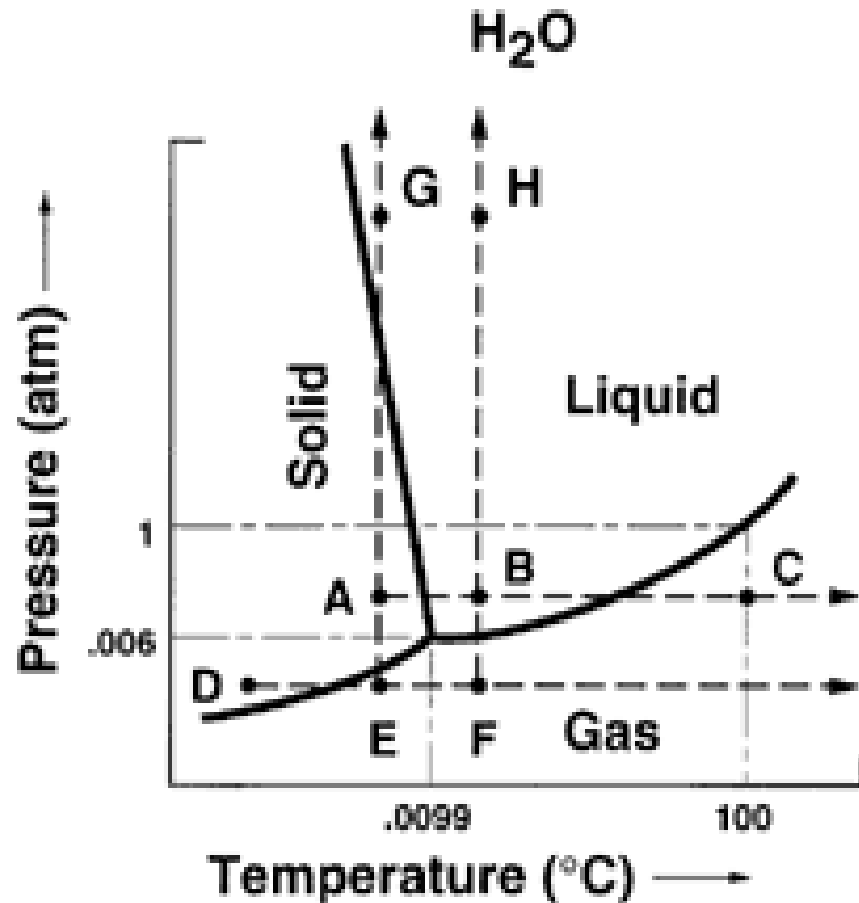
生命三要素：陽光、空氣、水
液體（化學）很重要，不一定非是水，
但水很不錯！ **要是水結冰後不膨脹...**



溶劑	水 (H ₂ O)	阿摩尼亞 (NH ₃)	甲醇 (CH ₃ OH)
液態溫度 (°C)	0 ~ 100	-78 ~ -33	-94 ~ +65
溫度範圍 (°C)	100	45	159
比熱 (kJ/kg °C)	4.2	4.7	2.1
汽化熱 (kJ/kg)	2257	1369	1100



The Phase Diagrams of H₂O and CO₂



The essence of solid (terrestrial) planets

- ❑ Life operates on a series of chemical processes.
- ❑ Processes in liquid forms are more efficient and stable than those in solid or gaseous forms.
- ❑ Terrestrial planets serve to facilitate biological liquid chemistry.

Chances of the life form (that we know it) are possibly higher on terrestrial planets having a proper range of surface temperatures (i.e., located within a certain **distance range** from the host stars) and are **sufficiently massive** (so as to maintain an atmosphere).

尋找其他的世界

直接看



如何知道恆星周圍有行星？

困難：行星不發光！

→ 擋光 或 反光 或者 對恆星的影響

恆星太亮、太近

位置變化

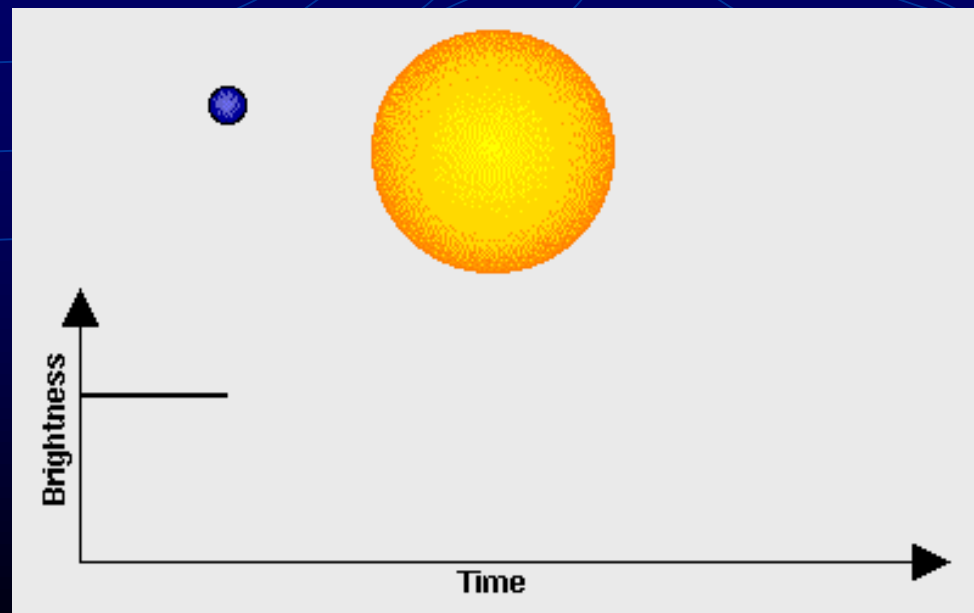
亮度變化



偵測行星存在的方法

1—凡走過必留下痕跡

若行星繞恆星時，恰巧擋住恆星的光（像日食般），恆星的**亮度**會以特別的方式變化



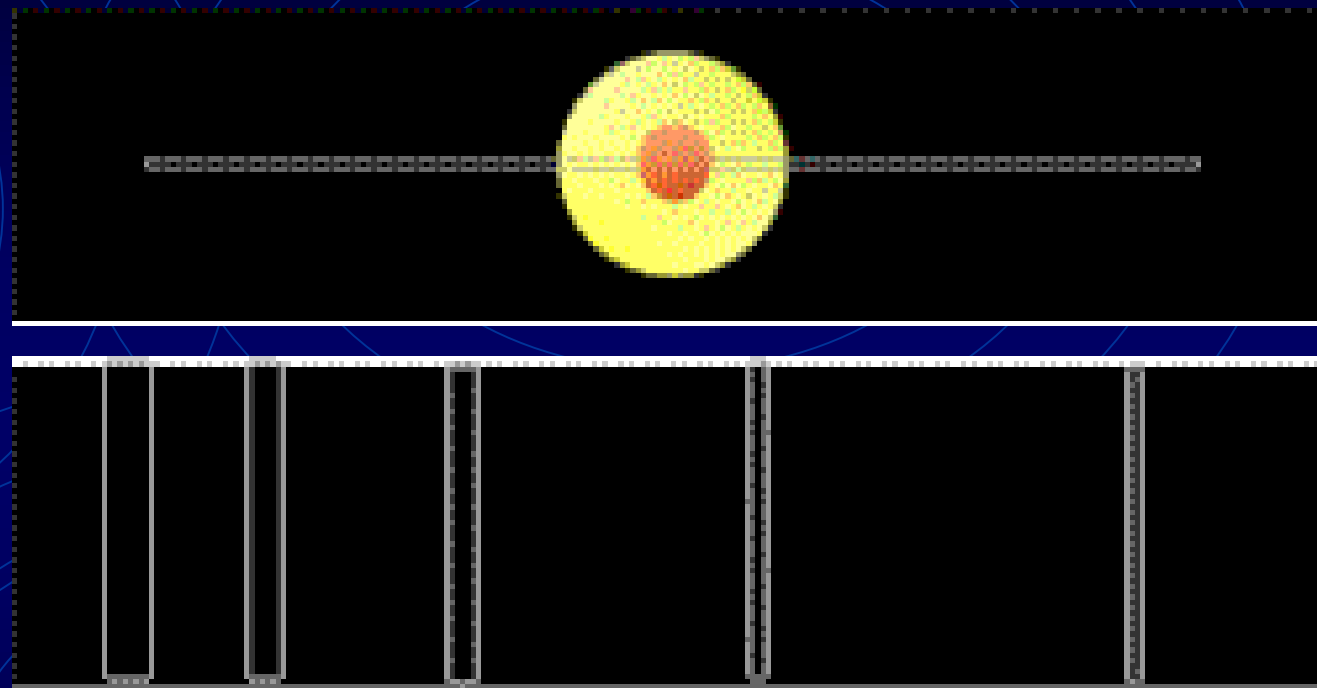
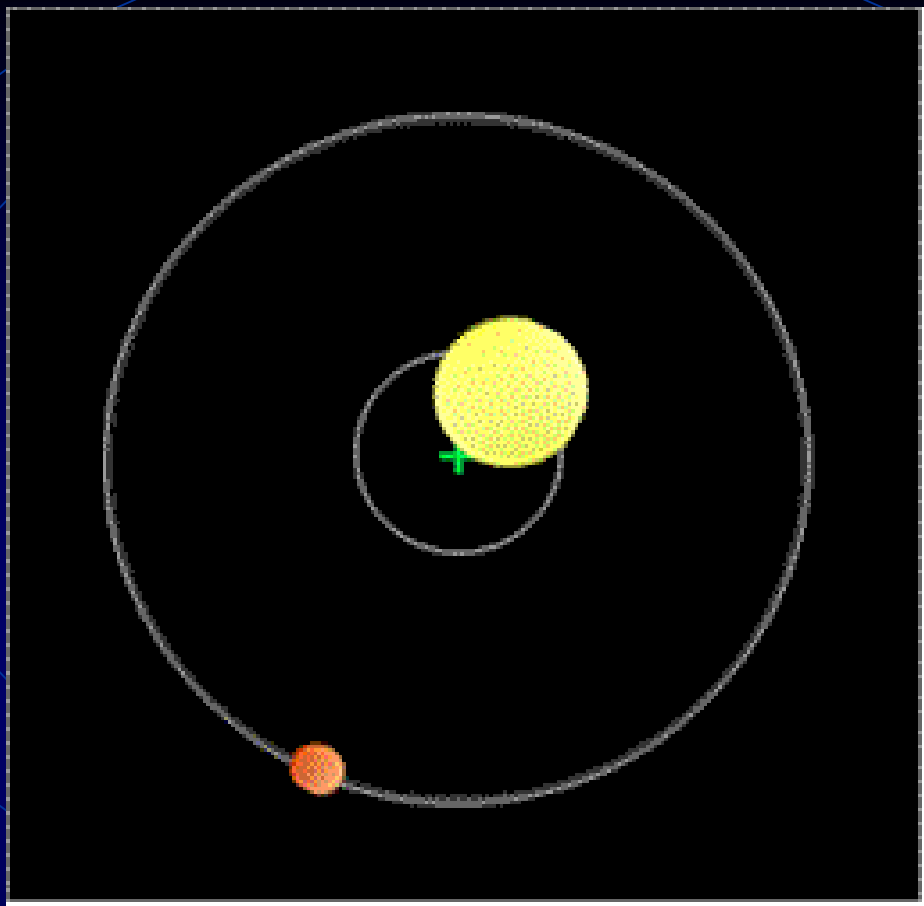
偵測行星存在的方法

2 一若要人不知，除非己莫為

如果恆星周圍有行星，那麼恆星的**位置**與**運動**就會受到行星（萬有引力）的影響



都卜勒效應



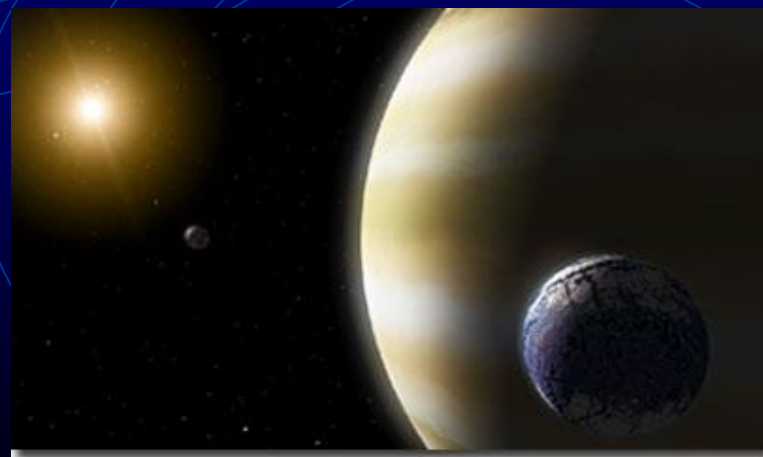
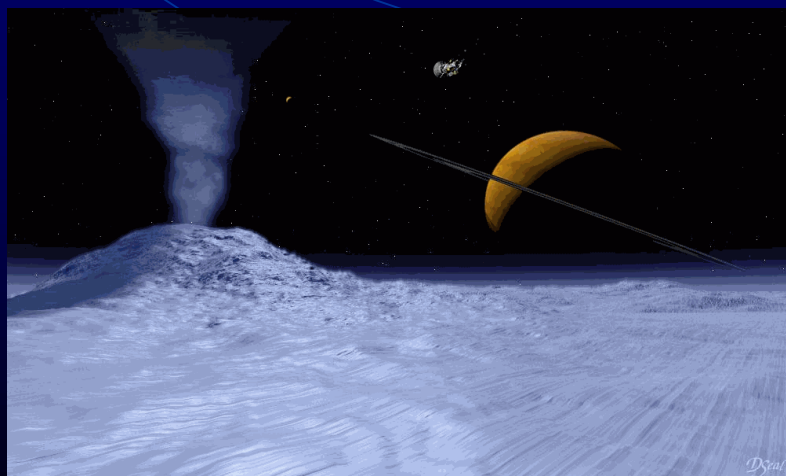
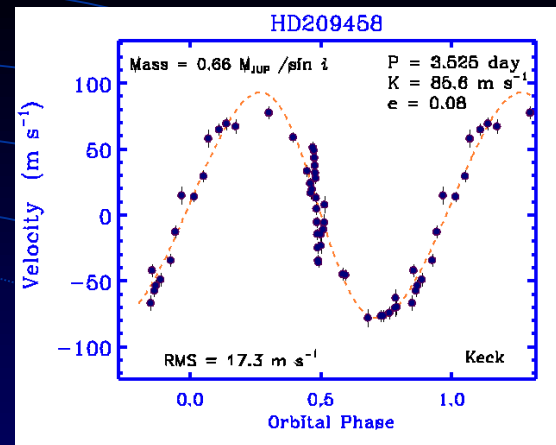
原本在太空中走直線的恆星，因為與行星互繞，而會「走螺線」

恆星因為與行星互繞，而在沿「視線」方向會「前後擺動」

目前已經在太陽系以外發現了幾千個
恆星周圍有行星 **系外行星**

extrasolar planets; exoplanets

絕大多數利用「前後擺動」或「掩星」
的原理所發現



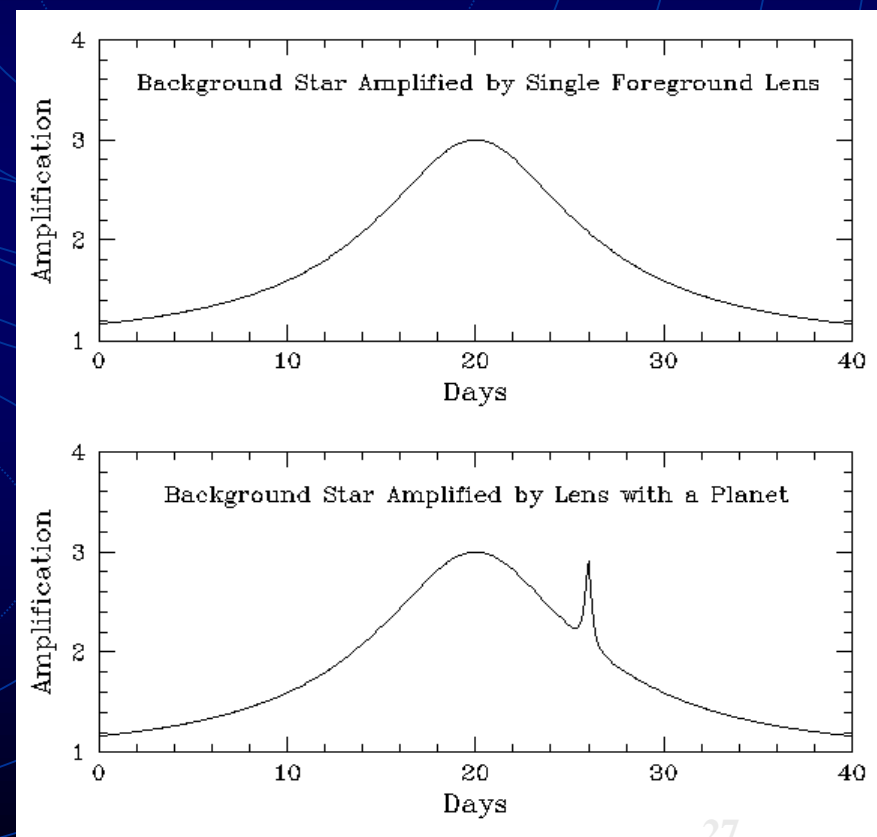
Super-earths
超級地球 → earths

偵測行星存在的方法

3 — 擋住了，但更亮！

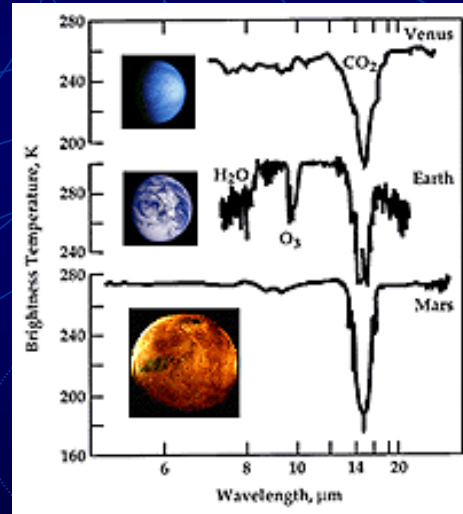
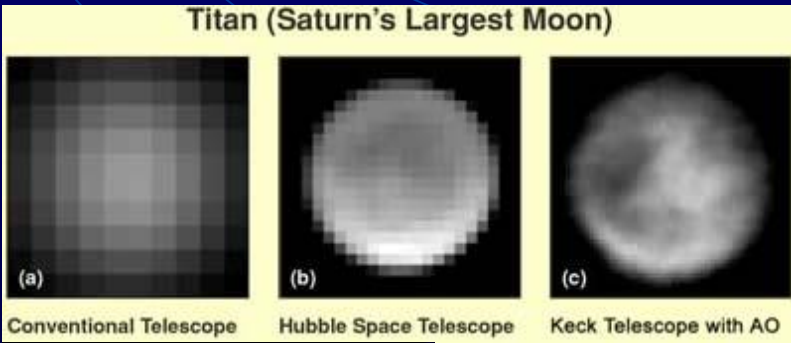
如果行星（前景）精準地正好位於我們和遙遠恆星（背景點光源）之間，那麼恆星的**亮度會增亮**

「重力透鏡」效應 行星造成額外增亮





越來越大的望遠鏡

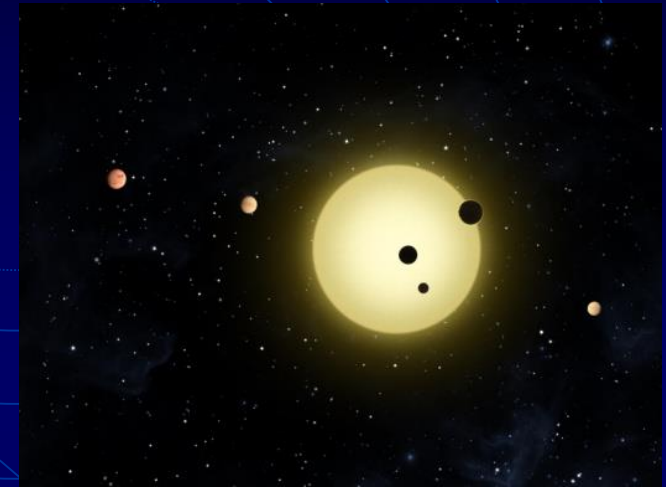


越來越看得清楚的觀測技術

越來越靈敏的偵測儀器

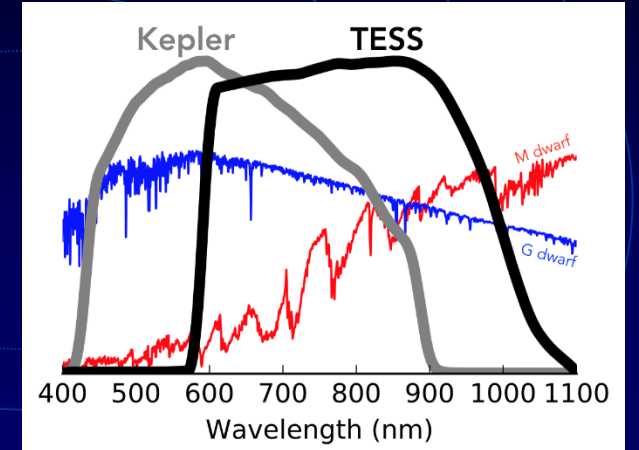
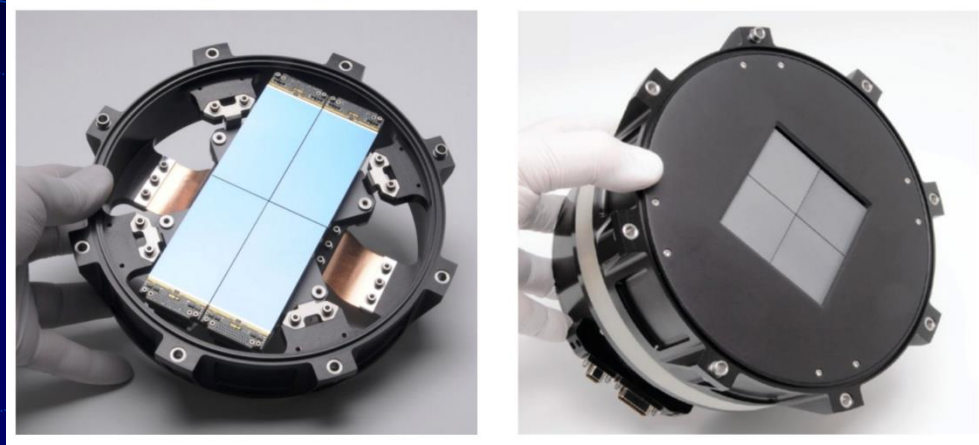


克卜勒太空望遠鏡 (Kepler Space Telescope)



- 利用掩星方式尋找（地球般大小）的系外行星
- 2009.3發射；同樣天區監測15萬顆恆星，預計3.5年，
實際超過9年
- 望遠鏡口徑0.95 m；位於地球 L2 軌道
- 發現超過2千顆可能的系外行星

TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite)



- 利用掩星方式尋找M型恆星周圍的類地系外行星
- 2018.4發射；四個10.5 cm 鏡頭；視野 $24^{\circ} \times 96^{\circ}$ 為 *Kepler* 太空望遠鏡的400倍
- 可監測85%天空，任務預計2年，發現超過2萬顆系外行星（目前已知3千多顆）

Lulin Observatory

Lon: 120° 52' 25" E

Lat: 23° 28' 07" N

Alt: 2,862 m

in central Taiwan

limited space

Sky 21.28 mag/sq"

Data: 1,450 hrs/yr

One-Meter

(TAOS 50 cm × 4)

SLT 40

LWT40

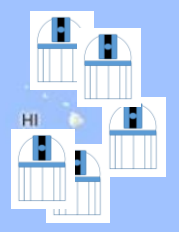
L35

Experiments of
meteorology, space
and earth sciences





北太平洋



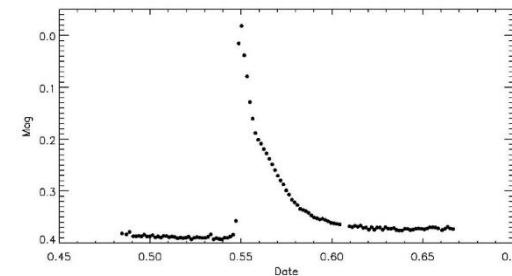
- Siding Spring, Australia, 3.9 m
- Devasthal, India, 3.6 m
- Gaomeigu, China 2.4 m
- Doi Inthanon, Thailand 2.4 m
- Xinglong, China, 2.16 m
- Hanle, India 2.0 m
- Okayama, Japan, 1.88 m
- Bohyunsan, Korea, 1.8 m
- Mt John, New Zealand, 1.8 m

Exoearth Discovery and Exploration Network (EDEN)

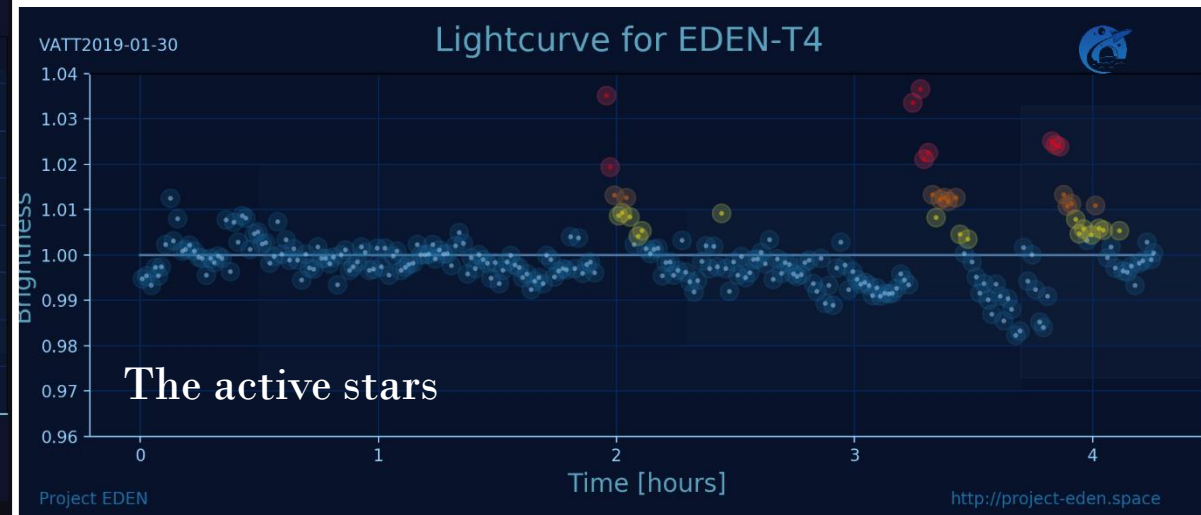
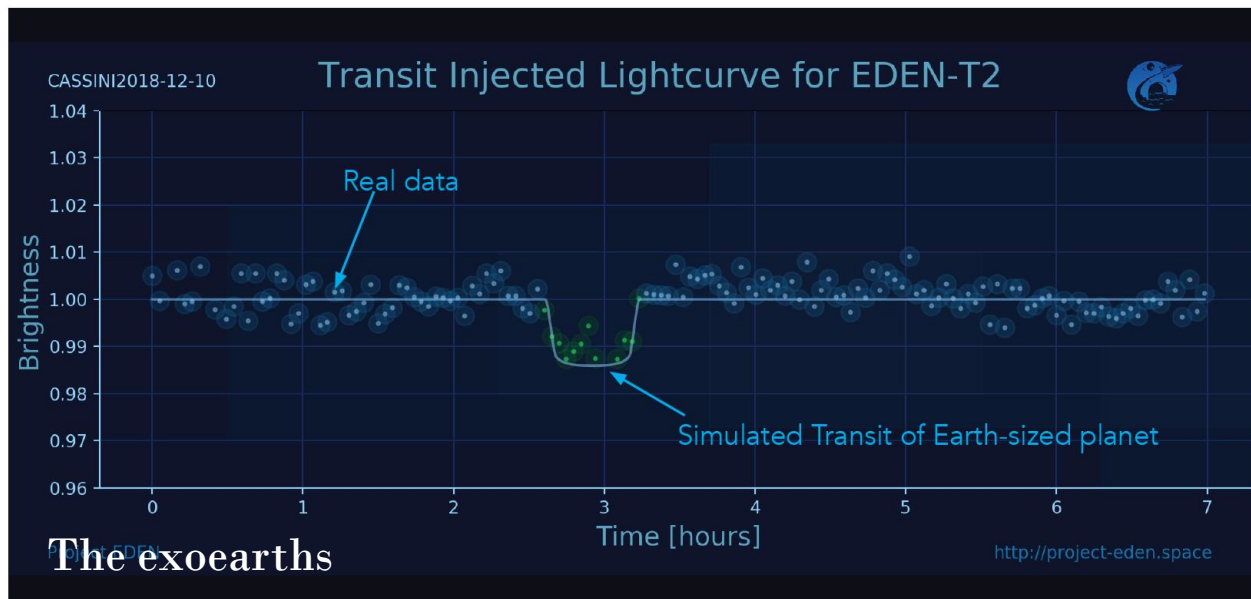


... habitable exoearths
around nearby M dwarfs

*Exploring our neighborhood one
paradise at a time ...*



PI: Daniel Apai
(U Arizona)

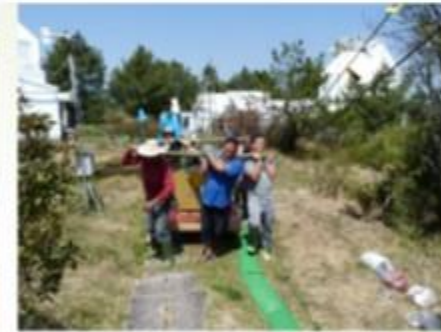




Installation of TAOS Telescopes

TAOS 1

From
Lulin
to
Qitai

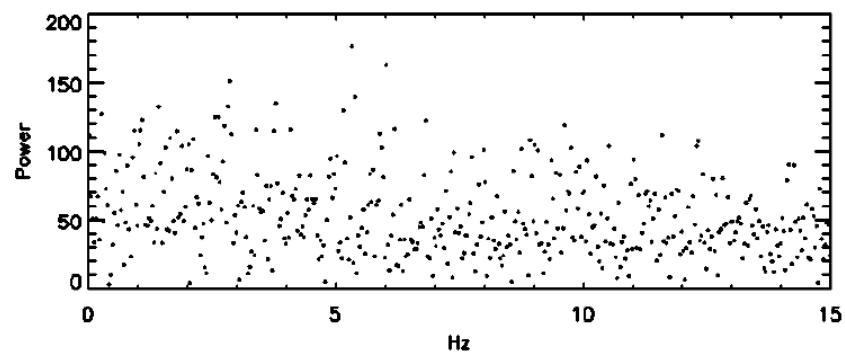
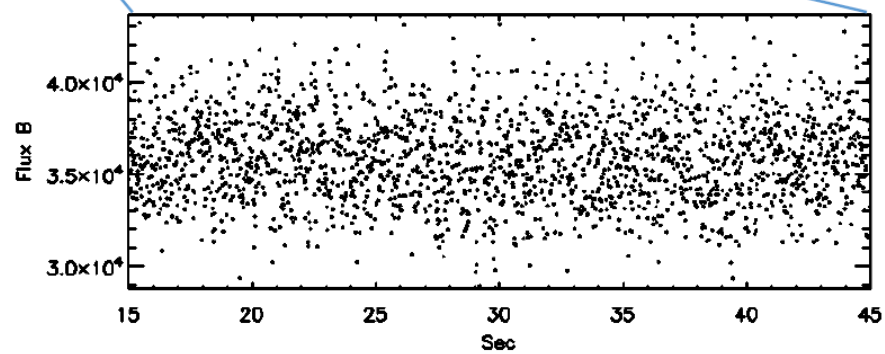
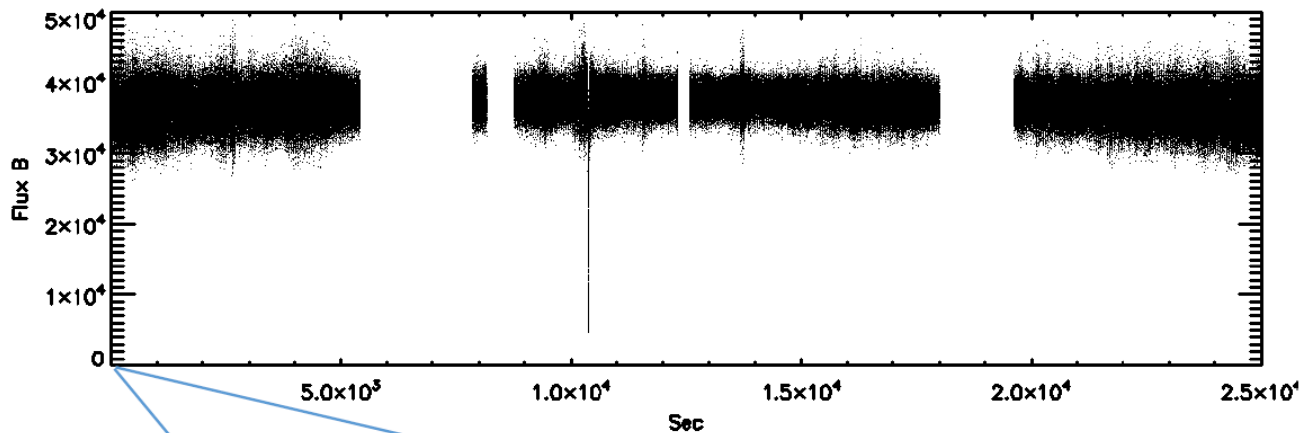


Disassembly of TAOS Telescopes



Qitai (新疆奇台天文台)





The frame-transfer CCD cameras (SI 805 SN 1021) can read out up to 70 Hz, so even very bright stars can be studied.

Fast photometry sandwiched by regular “stare” observations to detrend the light curve

→ Stellar variability with subsecond cadence.

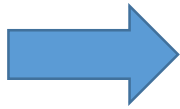
大質量恆星周圍會不會有行星？

Two-Meter Telescope

- ◆ Planned to install @Lulin, to secure the discoveries of PS1 6 hours lead time; with first-light instruments of (1) a 4-color (*rizy*) simultaneous imager, (2) a *JHK* imager
- ◆ Hampered by the environment impact study, construction permit, budget cycles ...
- ◆ To be installed at VRTS in Chile (2021?)



2010/03



2019/01



Cerro Ventarrones Observatory

Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System (Pan-STARRS)

DR2@MAST

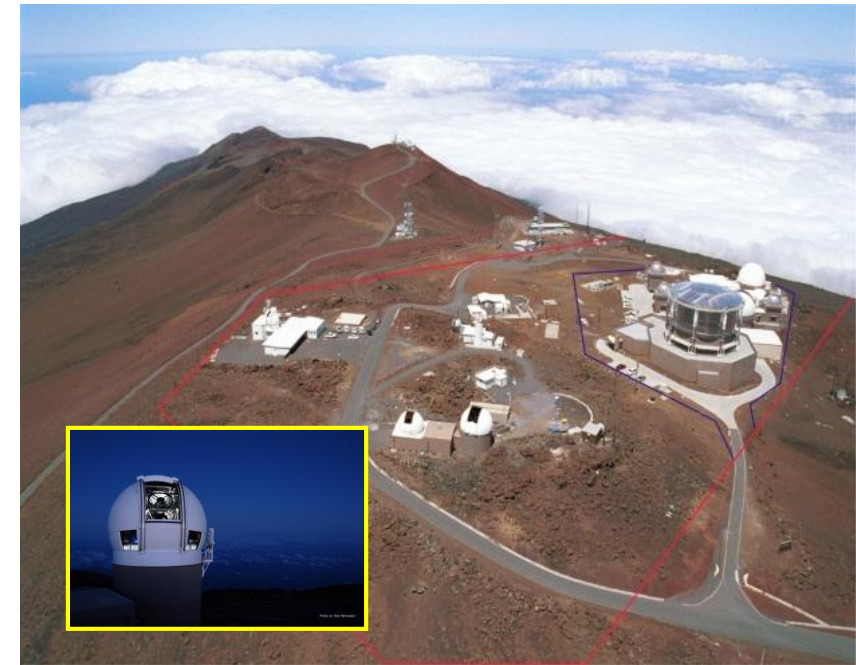
PS1 + PS2

Haleakala, HI, USA

$D=1.8$ m; 1.4 Gpix

Etendue= 50 m²deg²

(84 for Subaru/HSC; 319 for LSST)



Zwicky Transient Facility (ZTF)

DR1@IPAC

Palomar, CA, USA

3750 sq deg an hour to 20.5 mag

48'' (1.2 m) sky survey 47 sq deg

60'' (1.5 m) classification SEDM

200'' (5 m) spectroscopy



Large Synoptic Survey Telescope (LSST)

- D=8.4 m, 3-mirror design
- FOV=3.5 deg dia. (*Wide*), Etendue $G=319 \text{ m}^2\text{-deg}$
- 3.2 Gpix CCD camera 0.2" pixels (0.7 seeing)
- 30,000 deg² of the southern sky every 3 days (*Fast*) + special spots in 6 filters (u, g, r, i, z, y); each visit = 15 s × 2
- @ El Peñón peak, Cerro Pachón, Chile, 2682 m
- Ten-year survey: 800+ visits per spot, $r \sim 24.5/\text{visit}$; $r \sim 27.8$ stacked)
- 5 Mn images; 7 Tn sources; 5 Bn galaxies (*Deep*)
- 15 TB/night (final 400 PB)
- Immediate data release; expecting $\sim 10,000$ transient alerts per visit
- Construction of mirror started 2007; funded 2014; site construction started 2015/04; first light 2020?; ten-year survey 2022/01?

Table 1. A comparison between ZTF, LSST, and other next generation surveys in terms of scale.

Category	ATLAS	ASAS-SN	Pan-STARRS	ZTF	LSST
Number of total sources	-	1×10^8	1×10^{10}	1×10^9	37×10^9
Number of total detections	1×10^{12}	1×10^{11}	1×10^{11}	1×10^{12}	37×10^{12}
Annual visits per source	1000 ^c	180 ^d	60 ^e	300 ^a	100 ^b
Number of pixels	1×10^8	4×10^6 (x 4)	1×10^9	6×10^8	3.2×10^9
CCD surface area (cm ²)	90	9	1415	1320	3200
Field of view (deg ²)	30	4.5	7	47	9
Hourly survey rate (deg ²)	3000	960	-	3760	1000
5 σ detection limit in r	19.3	17.3	21.5	20.5	24.7
Nightly alert rate	-	-	-	1×10^6	1×10^7
Nightly data rate (TB)	0.15	-	-	1.4	15
Telescope (m)	0.5	4×0.14	1.8	1.2	6.5
No. of telescopes	2 (6)	5	2	1	1

^a - in 3 filters; ^b - in 6 filters; ^c - in 2 filters; ^d - in 2 filters; ^e - in 5 filters

四價元素

週期表

說明

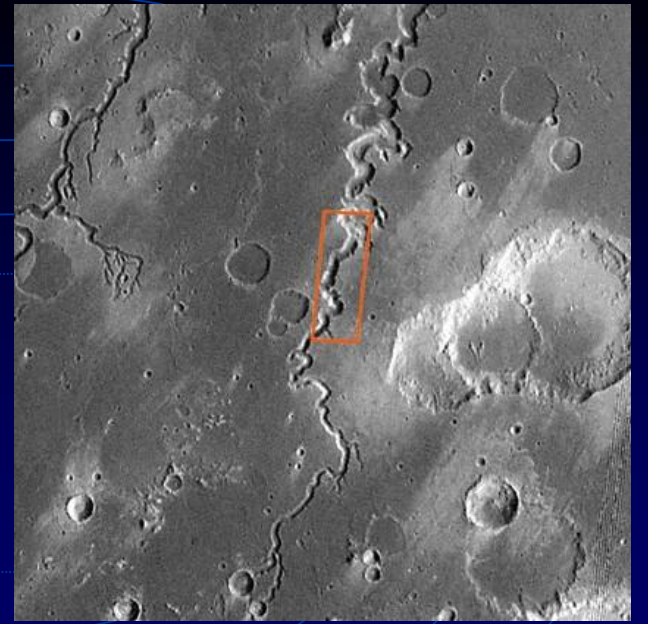
- 原子序
- 元素符號
- 元素名稱
- 原子量

氣體
 液體
 固體
 人造元素

1 I A	金屬										非金屬						18 VIII A 惰性氣體
1 1H 氫 1.008	2 II A	過渡元素										13 III A	14 IV A	15 VA	16 VI A	17 VII A	2He 氦 4.003
2 3Li 鋰 6.941	4Be 鈹 9.012											5B 硼 10.81	6C 碳 12.01	7N 氮 14.01	8O 氧 16.00	9F 氟 19.00	10Ne 氖 20.18
3 11Na 鈉 22.99	12Mg 鎂 24.31	3 III B	4 IV B	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13Al 鋁 26.98	14Si 矽 28.09	15P 磷 30.97	16S 硫 32.07	17Cl 氯 35.45	18Ar 氬 39.95
4 19K 鉀 39.10	20Ca 鈣 40.08	21Sc 釷 44.96	22Ti 鈦 47.88	23V 釩 50.94	24Cr 鉻 52.00	25Mn 錳 54.94	26Fe 鐵 55.85	27Co 鈷 58.93	28Ni 鎳 58.69	29Cu 銅 63.55	30Zn 鋅 65.39	31Ga 鎵 69.72	32Ge 鍺 72.59	33As 砷 74.92	34Se 硒 78.96	35Br 溴 79.90	36Kr 氪 83.80
5 37Rb 鉀 85.47	38Sr 銻 87.62	39Y 釷 88.91	40Zr 鈦 91.22	41Nb 鈮 92.91	42Mo 鉬 95.94	43Tc 錳 98.91	44Ru 鈷 101.1	45Rh 銲 102.9	46Pd 鈀 106.4	47Ag 銀 107.9	48Cd 鎘 112.4	49In 銦 114.8	50Sn 錫 118.7	51Sb 銻 121.8	52Te 碲 127.6	53I 碘 126.9	54Xe 氙 131.3
6 55Cs 銻 132.9	56Ba 銻 137.3	57-71 鐳系元素	72Hf 鈦 178.5	73Ta 鉭 180.9	74W 鎢 183.9	75Re 銻 186.2	76Os 銻 190.2	77Ir 銻 192.2	78Pt 銻 195.1	79Au 金 197.0	80Hg 汞 200.6	81Tl 銻 204.4	82Pb 鉛 207.2	83Bi 銻 209.0	84Po 銻 (210)	85At 銻 (210)	86Rn 氡 (222)
7 87Fr 銻 (223)	88Ra 銻 (226)	89-103 鐳系元素	104Unq 銻 (261)	105Unp 銻 (262)	106Unh 銻 (263)	107Uns 銻 (262)	108Uno 銻 (265)	109Une 銻 (266)									
鐳系元素		57La 銻 138.9	58Ce 銻 140.1	59Pr 銻 140.9	60Nd 銻 144.2	61Pm 銻 144.9	62Sm 銻 150.4	63Eu 銻 152.0	64Gd 銻 157.3	65Tb 銻 158.9	66Dy 銻 162.5	67Ho 銻 164.9	68Er 銻 167.3	69Tm 銻 168.9	70Yb 銻 173.0	71Lu 銻 175.0	
銻系元素		89Ac 銻 (227)	90Th 銻 232.0	91Pa 銻 (231)	92U 銻 238.0	93Np 銻 (237)	94Pu 銻 239.1	95Am 銻 243.1	96Cm 銻 247.1	97Bk 銻 247.1	98Cf 銻 252.1	99Es 銻 252.1	100Fm 銻 257.1	101Md 銻 256.1	102No 銻 259.1	103Lr 銻 260.1	

哪些條件較能孕育外生命？

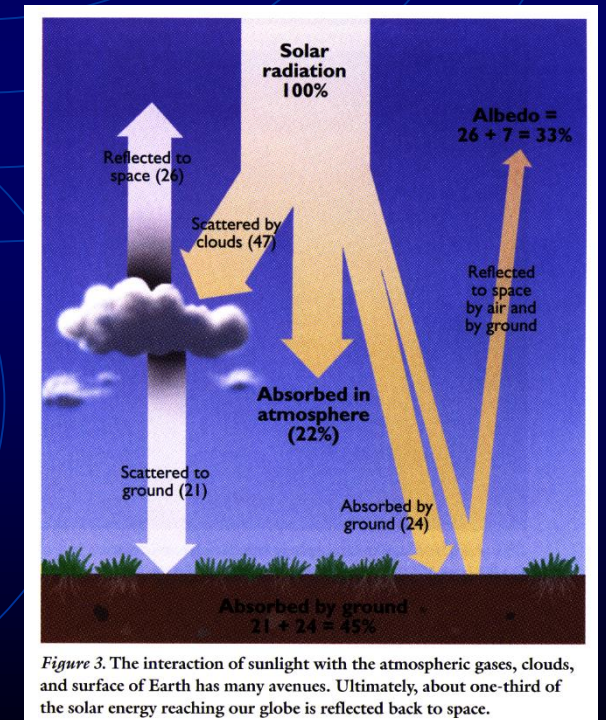
- 行星與母恆星
距離適中 → 液態水
圓形軌道 → 溫度變化小
- 每顆恆星周圍可以定出
「適居區」(habitable zone)，在這當
中有液體（水）存在



地球與鄰居行星的大氣

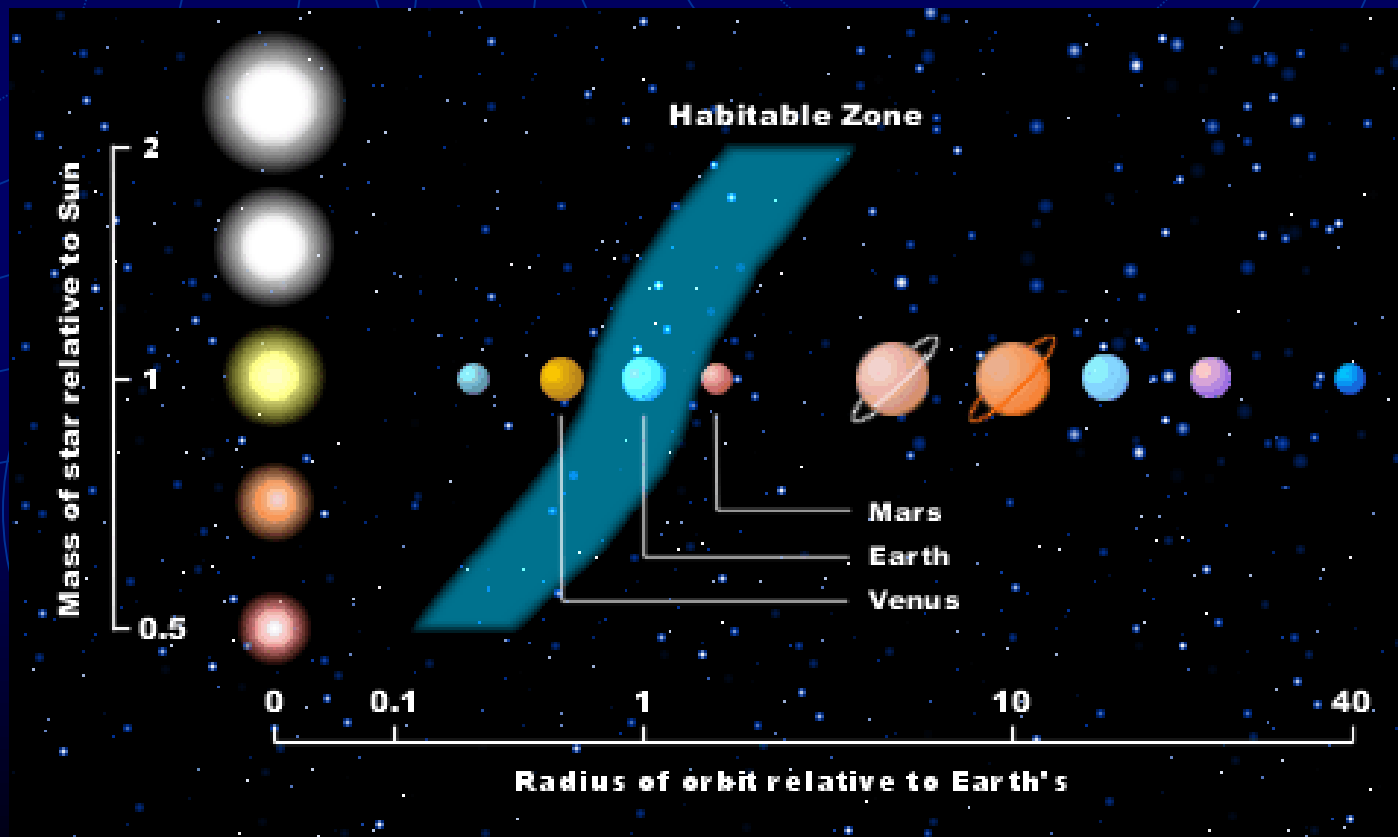
	金星	地球	火星
氮 N ₂	3.5%	78.08%	2.7%
氧 O ₂	~0	20.95%	~0
二氧化碳 CO ₂	96.5%	0.035%	95.3%
水氣 H ₂ O	0.003%	~1%	0.03%
其他	~0	~0	2%
大氣壓	90	1	0.006
表面溫度 (°C)	(+462)	-89~57 (+15)	-143~35 (-63)

大氣稀薄 → 頭與腳明顯溫差



- 適居區範圍：
大質量恆星→寬廣 小質量恆星→窄小

太陽的適居區包含地球(及火星?)



- 若母恆星質量太小，適居區內恰好有行星的機會不大

- 若恆星質量太大 → 壽命太短

地球上的生命花了 35~40 億年才發展出現存的文明

太陽可以活100億 (10^{10}) 年，太空裡藍白色耀眼星星只能活不到一億年 (10^8) 年

- 所以**類似太陽的恆星機會比較大**，它們供應光與熱的生命期夠長，適居帶也夠寬廣。圍繞在恆星周圍的行星，是生命誕生、演化的好地方

→ 要找我們所瞭解的生命，就先找行星吧

~~ 行星無所不在 (**Planets are ubiquitous.**)

生命活動為連串的化學反應

液態化學快速而穩定

行星地表提供穩定化學反應的環境

- ✓ 相信有「其他的世界」其實是順理成章的事情。近代科學不斷證明「我們很普通」
- ✓ 地球乃太陽系眾行星之一
- ✓ 恆星不過是宇宙其他角落的太陽罷了，其周圍已經發現2000多個系外行星 當中總有合適的吧
- ✓ 連銀河系都不過是宇宙億萬星系之一
- ✓ 甚至宇宙本身都可能並非唯一
universe → multiverse
- ✓ 生命雖然複雜，但以物理、化學來說，並不特殊



既然如此，宇宙不是應該充斥了生命嗎？

• 物理學家費米 (Enrico Fermi) :
「假如外星人存在的話，他們在哪呢？」

(“Where are they?”)

• 所以「有」不奇怪，就是因為到現在都「沒有」，才
讓人納悶！

• Absence of Evidence \neq Evidence of Absence

沒有證據並不表示沒有

但也不表示「因此就應該有！」

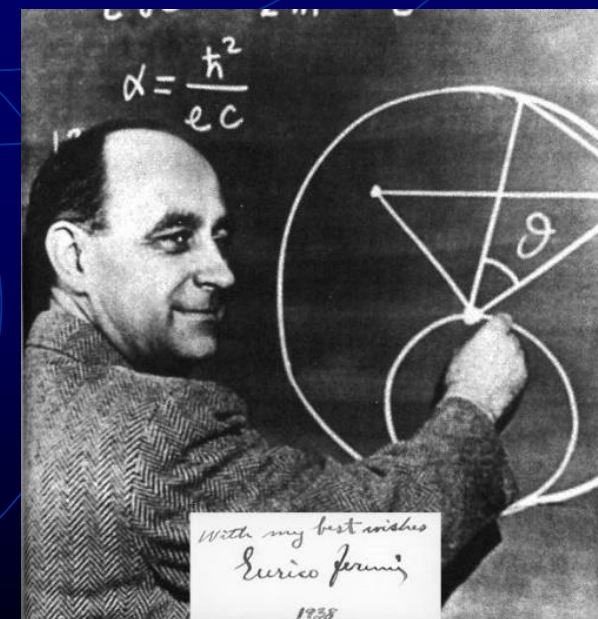
□ 確定真要找嗎？

□ 萬一真找著了呢？

□ 我們準備好了嗎？

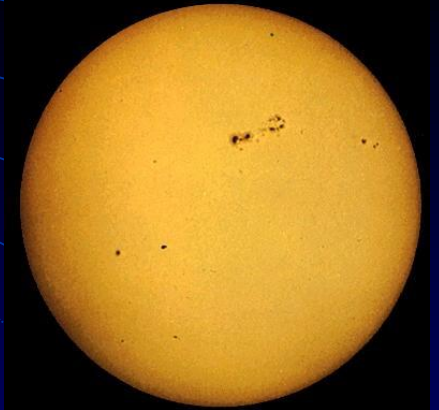
□ 準備什麼呢？

MIB
MEN IN BLACK



生命 —— 以能量來說

- ✓ 地球上所有能量來自太陽，而太陽的能量來自內部進行的核子反應
- ✓ 植物透過光合作用將能量儲存於複雜的化學鍵結中
- ✓ 逆反應就是氧化（燃燒、新陳代謝），儲存的能量又釋放出來
- ✓ 一些生物（例如人類及動物）取用儲存在植物中的能量
- ✓ 原理簡單，但過程複雜

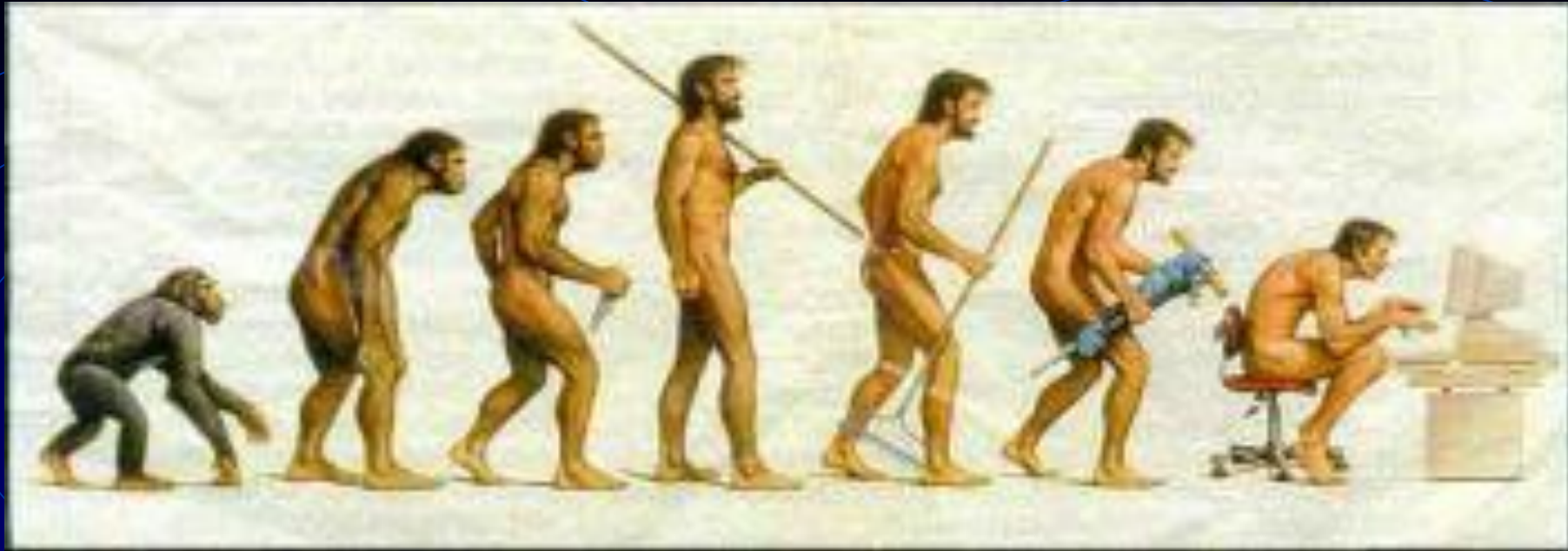


我們吃東西，卻沒有變成那些東西！

- ✓ 生命在微觀的原子層面交換、運作
塵歸塵、土歸土，在這個層面那有生死之別
- ✓ 生命很早就出現在地球
超過35億年前，比很多恆星壽命都還長
- ✓ 能夠延續的動力在於源源不斷的能量供應
- ✓ 這歸因於光合作用，及生物巧妙地取自
源太陽的能量

這使得生命得以宇宙
的時間尺度維續





地球形成後最初幾億年，仍處於熔融狀態，
但不久生命就誕生了，隨後展開漫長演化

這一路走來好辛苦，但運氣真好！

- 銀河系中類似太陽的恆星超過600億顆，
說不定絕大多數周圍有行星

卻不知為何科幻故事中的「外星人」
總是對地球特別感興趣！

- 這樣就夠了嗎？有條件就可以發生（生命）嗎？
發生了會持續（演化）嗎？
持續了就會有結果（文明）嗎？

如果太陽不是大小適中... 地球不是距離適中、沒有月亮、沒有木星

天生我才必有用，天體亦然！

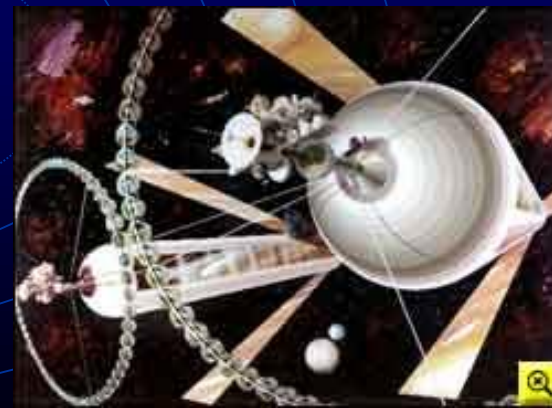
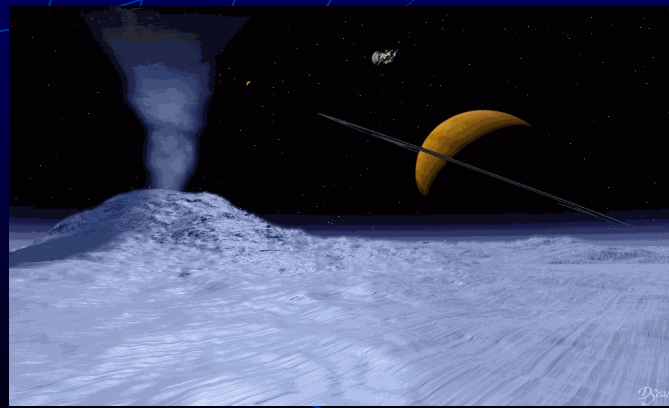
生命中很多事情並非「理所當然」！



有關「尋找」



- 最期望的當然是「登門拜訪」咳，是嗎？
- 就現有的知識、技術（及可見的未來），
面對面的接觸不可能（除非他們來找我們）
→ 電訊接觸 （一）「嘿，我們在這！」
 （二）「喂，你們在哪？」



浩瀚的宇宙

- ❖ 光在真空中速度為每秒 300,000公里
- ❖ 這樣的速度到月球只需1秒多 (眨眼時間)
- ❖ 到太陽需約500秒 (下課時間)
- ❖ 到半人馬座 α 星須 4.3 年 (讀大學時間)
- ❖ 跨越銀河系約需 10 萬年 (人類演化時間)
- ❖ 到鄰近星系費時數百萬年 (大地演化時間)
- ❖ 而目前已知星系超過數千億個 ...

星際旅行？

✓ 以現有科技 不太優雅



	速度	最近的恆星	最近的生命
噴射客機	1000 km/h	4百萬年	10倍？1百萬倍？
夢幻火箭	10% c	> 40年	10倍？1百萬倍？

速度快 → 所需時間短，且時間過得慢
但因為質量（抗拒變動的趨勢）增大，
加速困難 → 需要更龐大能量

相對論可以載舟 也可以覆舟

✓ 但星際旅行並非不可能

只要有方法取得能量，並且延長人類壽命；
或是利用機器人

現有的太空技術已經快能夠太空旅行了，
只是還不夠安全（也太寒酸）

據估計如果使用類似Von Neumann 機器，
約200萬年可以「銀河系走透透」

✓ 何況還有（可見）未來（未知）的科技
但是太空旅行到底要去哪？去幹嘛？

還是，他們已經來過了？

不明飛行物 (還在?)
(Unidentified Flying Objects)

空軍用語
UFOs → 幽浮



怎麼知道別的文明在發訊號呢？

- SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) 計畫用聽的！聽他們有意或無意發出來的訊號在雜訊低的波段（例如在微波 H 以及 OH 譜線，所謂的「水洞」(water hole) 波段附近搜尋「可疑訊號」

怎麼才算可疑？

「嘿，嘿，嘿」算不算？

先要知道何謂「自然」訊號，才可能判斷是否「人為」訊號

我們也可以主動發訊號！

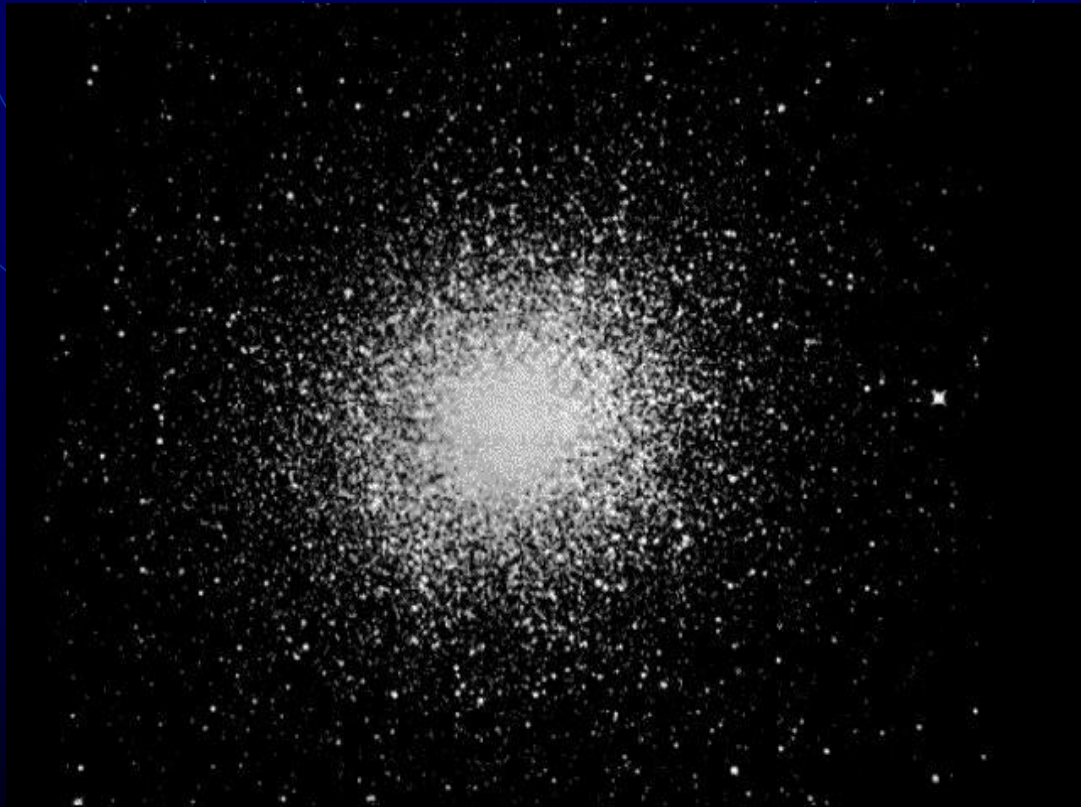
1974年11月16日 波多黎各的 Arecibo 天線（直徑 300公尺），在頻率 2.38 GHz，頻寬 10 Hz，發射了一個三兆瓦 (3×10^{12} W) 的訊號——人類有史以來發射最強的訊號！



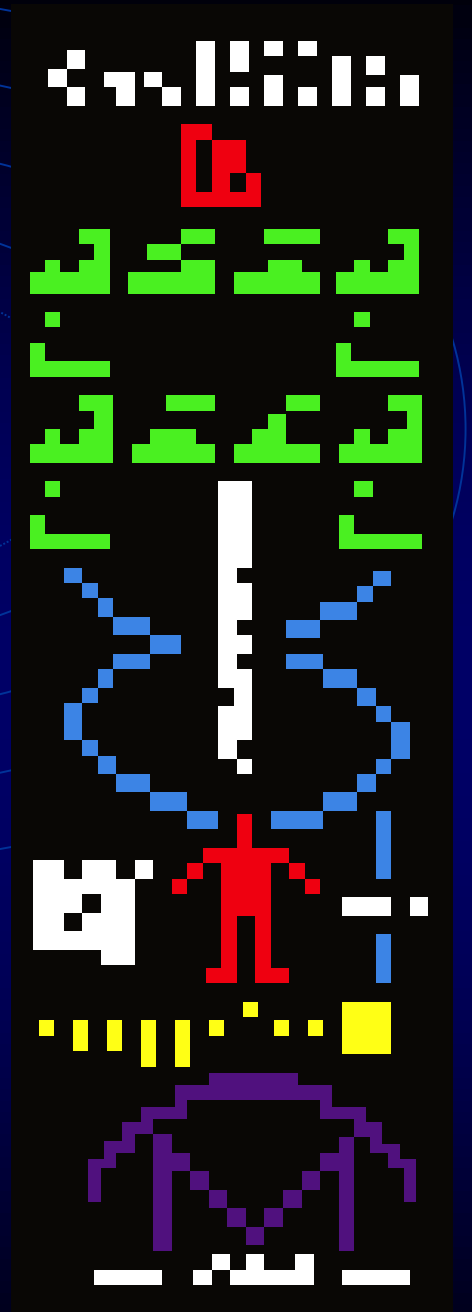
嗯，要送些甚麼呢？

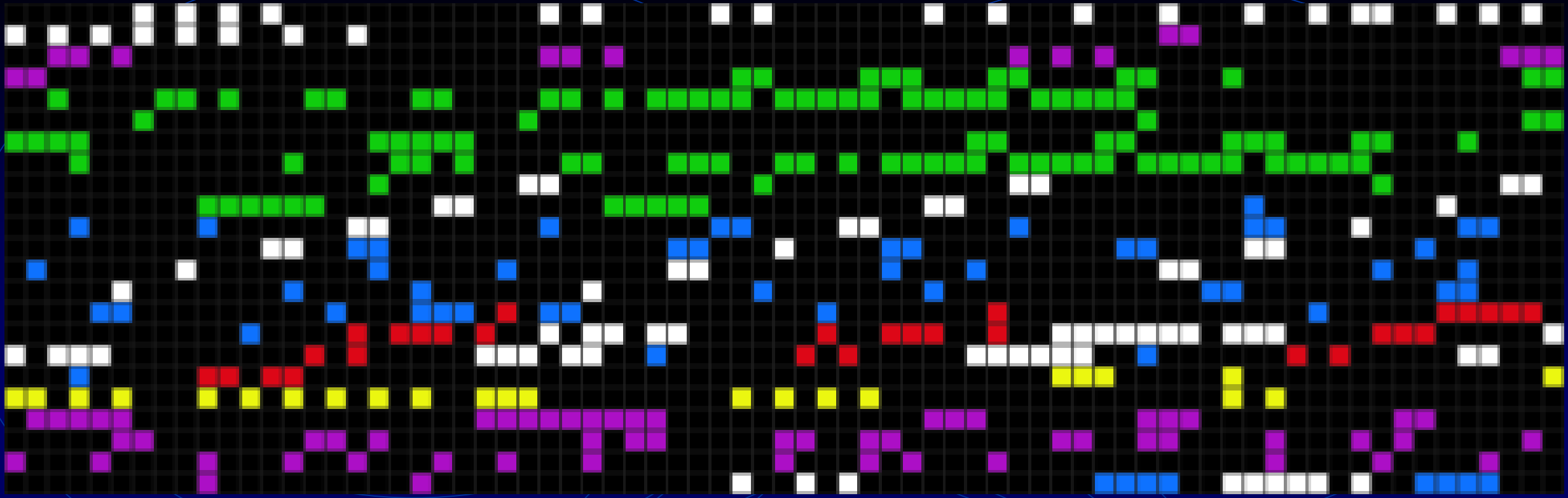


目標 M13，位於武仙座 Hercules 方向
的星團，距離我們 25,000 光年，包含
約 300,000 顆星。發射的電波束到達時
(也就是25,000年後) 恰涵蓋整個星團



Aricibo message
73 × 23





23×73

- 如果那兒有文明
 - 如果他們有夠靈敏的天線
 - 如果天線恰好打開了
 - 如果恰好朝我們這個方向聽
 - 如果恰好選對了頻率收聽
- 他們就**有可能**收到這個訊號

如果收到了，他們能懂嗎？

我們要是收到這樣的訊號，我們懂嗎？



How did the glyph artists create "pixels" in a wheat field to produce this stunning photographic effect?

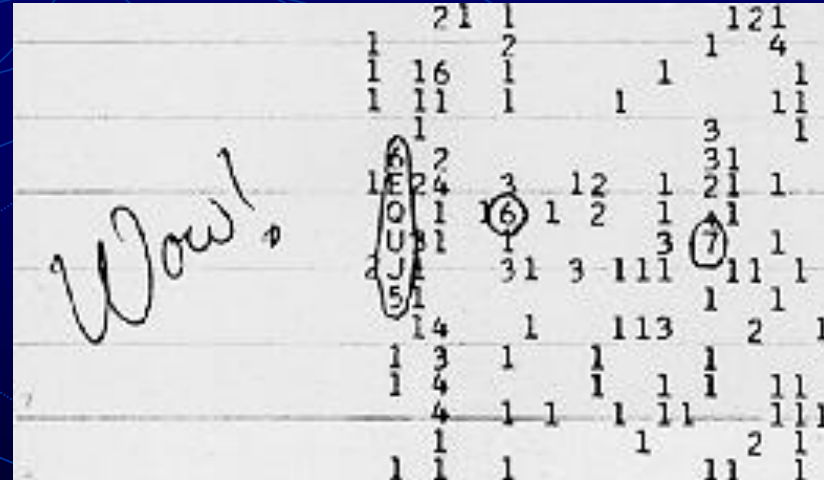


2001.08.21 英國 Chiboton 無線電望遠鏡
附近的 glyph 「麥田圈」 顯示「1974年
Arecibo Message」 及「人臉」圖樣

信與不信 外星是什麼？ 人（生命）是什麼？ 怎麼尋找外星人？ 找的結果呢？

到底聽到了什麼？

- 1977年8月15日 --- Wow! 訊號 6EQUJ5
非自然、來自天外 (Sagittarius)，但來源不明，之後也沒有再出現
「哇」訊號～



CHANNEL NUMBER (TWO DIGITS, WRITTEN VERTICALLY)	RT	ASCEN.	DECLIN.	2ND LO	GLCIC	GLCIC	EASTERN	OBJECT	
1234567890123456789012345678901234567890	HH	MM	SS	(1950.0)	(1950.0)	FREQ. (MHZ.)	LAT (DEG.)	LONG. (DEG.)	HH MM SS
1	00	00	00	27	02	20.162	-15.39	10.13	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.163	-15.44	10.16	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.164	-15.48	10.18	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.165	-15.52	10.19	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.166	-15.56	10.21	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.167	-15.60	10.23	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.168	-15.64	10.25	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.169	-15.68	10.27	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.170	-15.72	10.28	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.171	-15.76	10.30	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.172	-15.81	10.32	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.173	-15.85	10.34	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.174	-15.89	10.36	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.175	-15.93	10.37	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.176	-15.97	10.39	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.177	-16.01	10.41	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.178	-16.05	10.43	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.179	-16.09	10.45	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.180	-16.13	10.46	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.181	-16.18	10.48	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.182	-16.22	10.50	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.183	-16.26	10.52	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.184	-16.30	10.54	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.185	-16.34	10.55	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.186	-16.38	10.57	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.187	-16.42	10.59	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.188	-16.46	10.61	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.189	-16.50	10.63	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.190	-16.55	10.64	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.191	-16.59	10.66	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.192	-16.63	10.68	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.193	-16.67	10.70	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.194	-16.71	10.71	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.195	-16.75	10.73	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.196	-16.79	10.75	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.197	-16.83	10.77	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.198	-16.87	10.79	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.199	-16.92	10.80	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.200	-16.96	10.82	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.201	-17.00	10.84	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.202	-17.04	10.86	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.203	-17.08	10.88	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.204	-17.12	10.89	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.205	-17.16	10.91	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.206	-17.20	10.93	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.207	-17.24	10.94	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.208	-17.28	10.96	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.209	-17.32	10.98	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.210	-17.37	11.00	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.211	-17.41	11.02	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.212	-17.45	11.05	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.213	-17.49	11.07	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.214	-17.53	11.09	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.215	-17.57	11.11	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.216	-17.61	11.13	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.217	-17.65	11.14	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.218	-17.69	11.16	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.219	-17.74	11.18	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.220	-17.78	11.19	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.221	-17.82	11.21	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.222	-17.86	11.23	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.223	-17.90	11.24	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.224	-17.94	11.26	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.225	-17.98	11.28	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.226	-18.03	11.30	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.227	-18.06	11.31	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.228	-18.10	11.33	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.229	-18.15	11.35	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.230	-18.19	11.37	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.231	-18.23	11.39	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.232	-18.27	11.41	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.233	-18.31	11.43	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.234	-18.35	11.45	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.235	-18.39	11.47	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.236	-18.44	11.49	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.237	-18.48	11.51	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.238	-18.52	11.53	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.239	-18.56	11.55	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.240	-18.60	11.57	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.241	-18.64	11.59	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.242	-18.68	11.61	02 04 10
1	00	00	00	27	02	20.243	-18.72	11.63	02 04 10

1977.08.15
@1420 MHz

Aug 15,
1977

30 times stronger
than the cosmic
background noise

Wow!



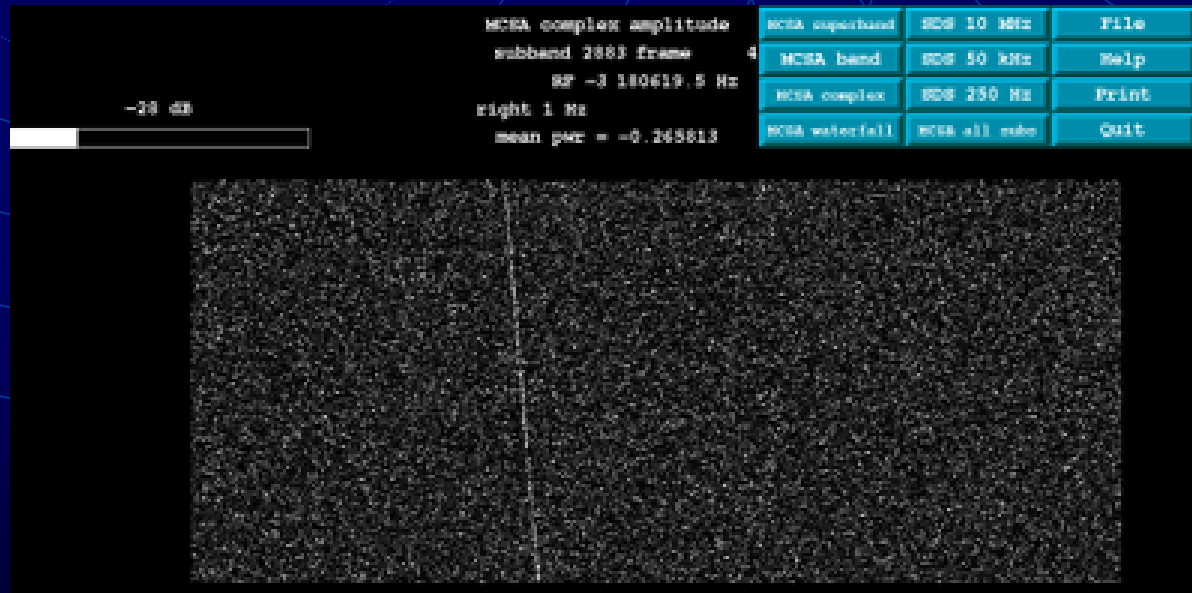
1977: Big Ear radio observatory picks up an unexplained signal from the constellation Sagittarius. It was never heard again.

Project Phoenix

- 1995.02 開始，南北半球天線定點監聽

<http://www.seti.org/science/ph-bg.html>

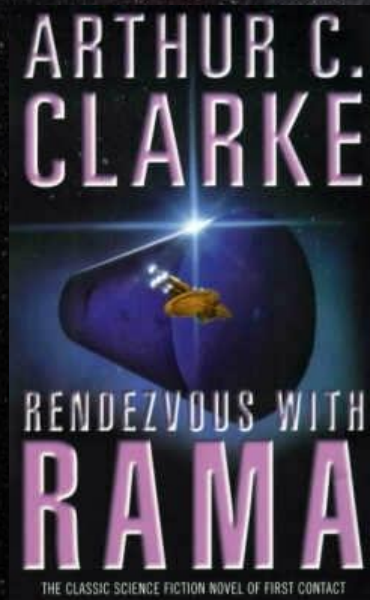
- 還真聽到了!!!



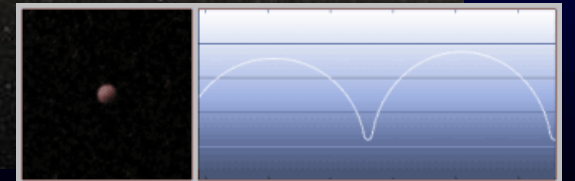
這是先鋒10號 (Pioneer 10) 的訊號 我們聽到了自己!

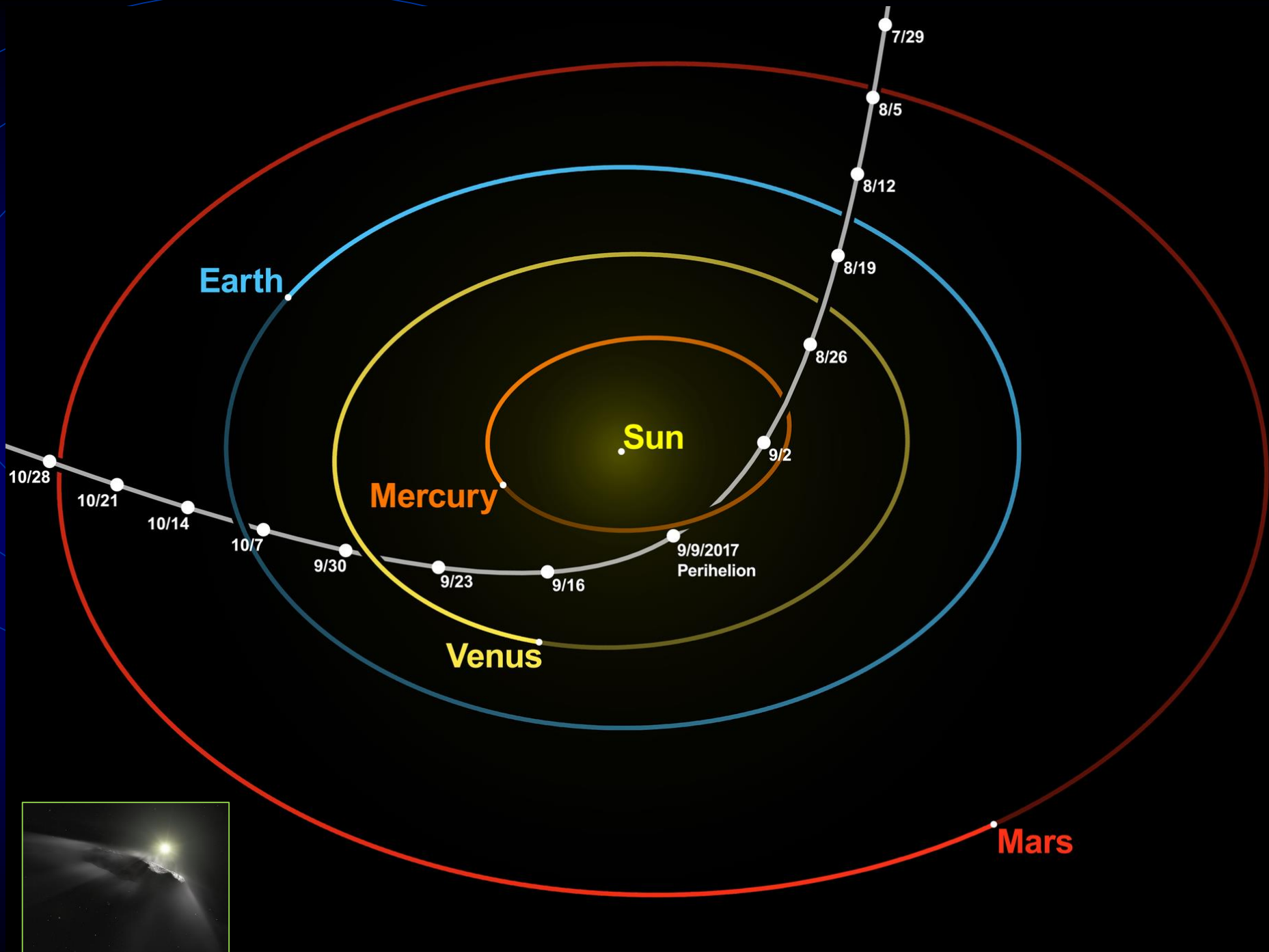
C/2017 U1 → A/2017 U1 → **1I/2017 U1 ('Oumuamua)**

(Hawaiian “scout”, first distant messenger)



2017/10/19 found by PS1, at first classified as a comet, then, with a hyperbolic trajectory, as an interstellar object, the first of its kind



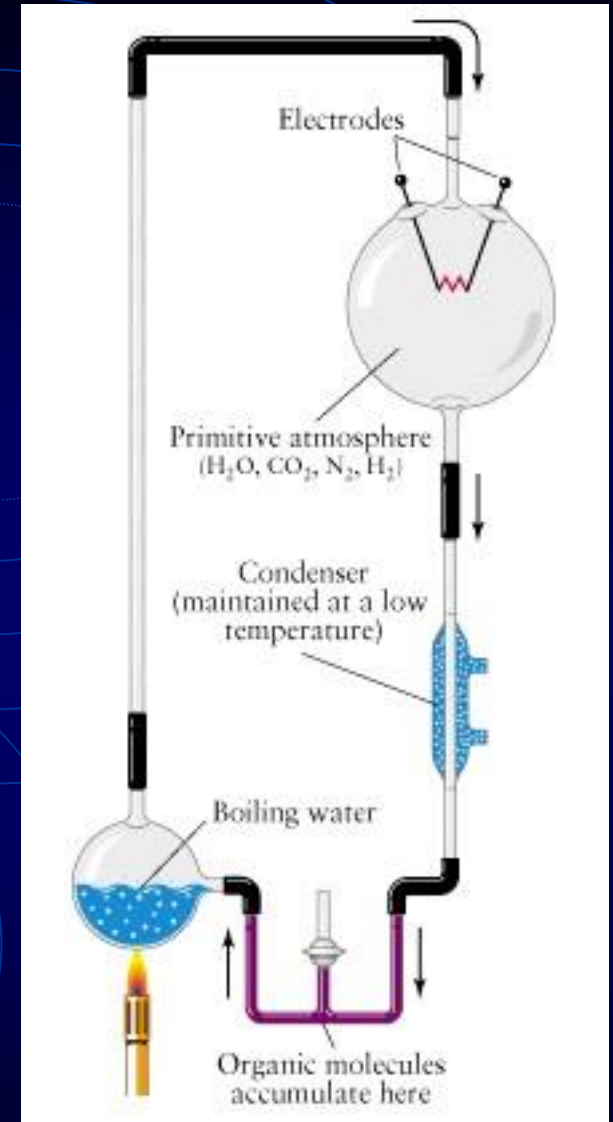


生命無中生有？

Miller-Urey 實驗 (1953年) —— 在地球早期環境中生命「出現」的可能

→ 模擬地球原始大氣 (甲烷、氫、阿摩尼亞、水蒸氣) + 模擬海洋 + 放電提供能量 + 電熱器促進循環 (有如天氣)

一週後發現15-20%的碳元素形成了有機物，2%的碳形成了胺基酸！其中以 **glycine** ($\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ；甘胺酸) 最多



- 胺基酸當然還不是生命，但是由胺基酸所製造的蛋白質是地球生命的主要活動來源

- 米勒·尤瑞實驗結果表示

組成生命的基本物質，可以在原始的環境中生成

材料、技術上都沒有困難，即使是惡劣的環境也無妨

- 隕石中也發現關鍵的有機物（例如胺基酸）存在

墨其森隕石 (Murchison meteorite)

1969年9月28日上午11點墜落於
澳洲墨其森

只剩下 100 公斤，發現 90 種
胺機酸，其中19種地球上也有！



早期地球與彗星、小行星、隕石等小型天體相似，如果
胺機酸在外太空惡劣的環境下能存在，那麼在早期地球
也可能存在

地球上的胺基酸有可能是小型
天體撞擊而帶來



生命源於外太空？

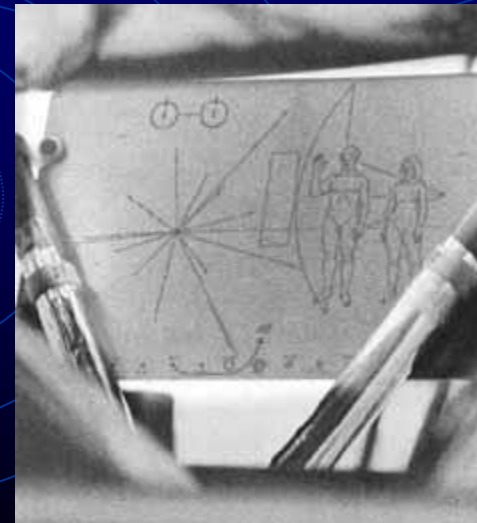
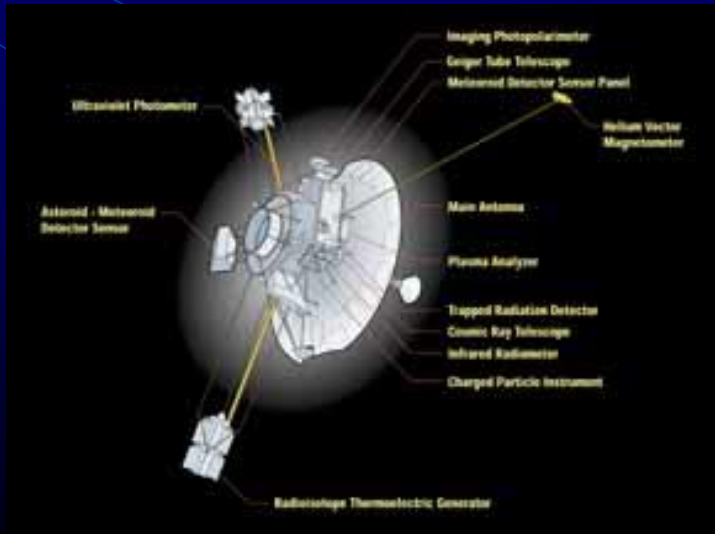
Panspermia 學說：20世紀初瑞典化學家 Svente Arrhenius 主張地球上的細胞生物來自外太空，藏身於隕石當中而來地球，這樣可以倖免於太空的惡劣環境，甚至進入地球時受到的衝擊。太空裡可能很多這種 germs（細菌）、spores（孢子）

若真如此，太空生命無所不在



人類的足跡 I

- 鑲在 Pioneer 10 (1972 年) 及 Pioneer 11 (1973) 太空船身上的訊息—— 6 吋 × 9 吋 (15.15 cm × 22.8 cm) 的鍍金鋁版，厚 0.127 公分，由 C. Sagan 及 F. Drake 設計
- 我們是誰、居住在哪個時間、哪個地方、我們懂多少

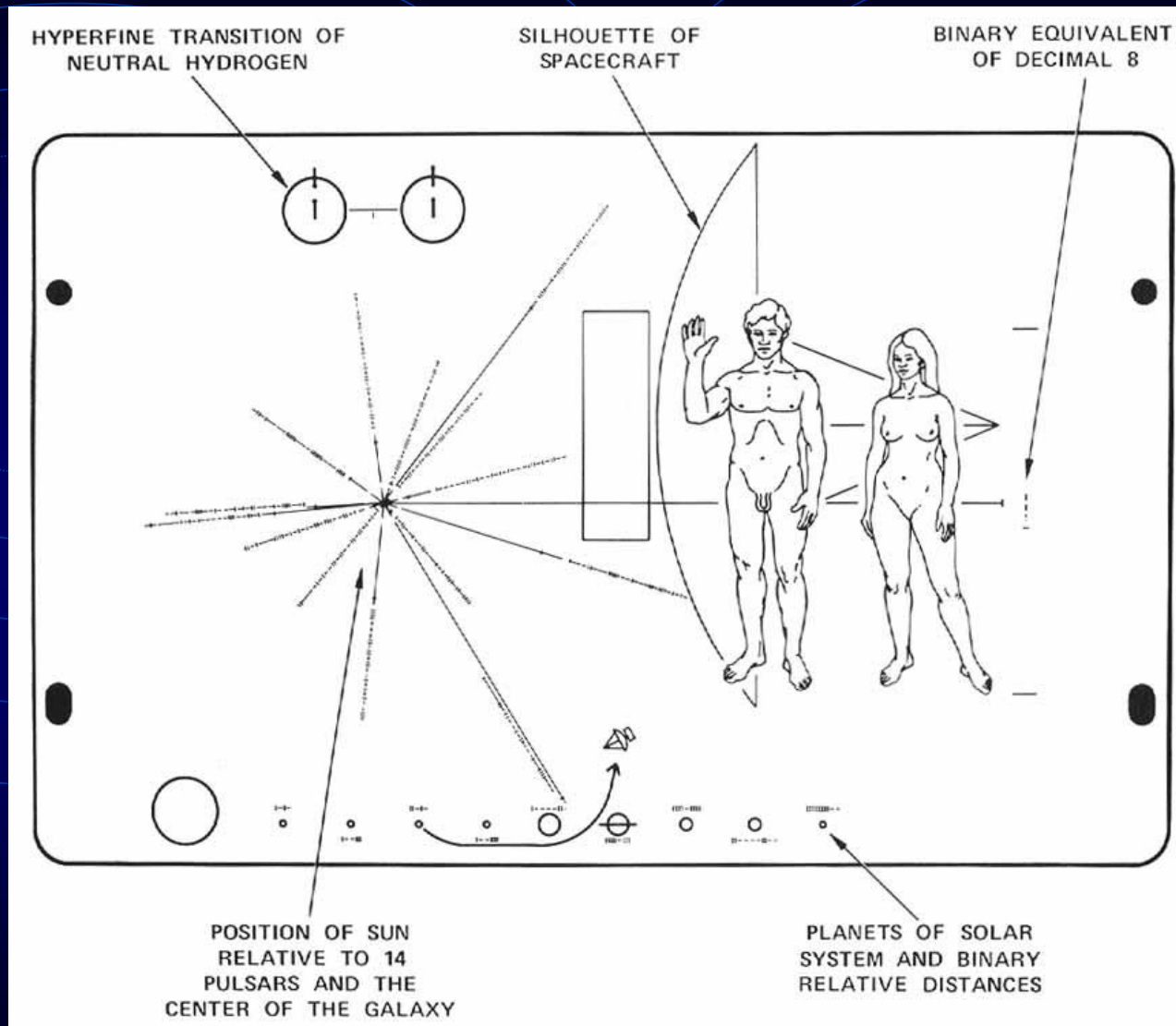


在我們問
「你們是誰？」
之前

我們其實應該想清楚
「我們是誰？」

氫原子的超精細結構 視景的太空船身 相當於8的二進位碼

太陽相對於 14 顆脈衝星與銀河系中心的相對位置，以及這些星現時的脈衝頻率

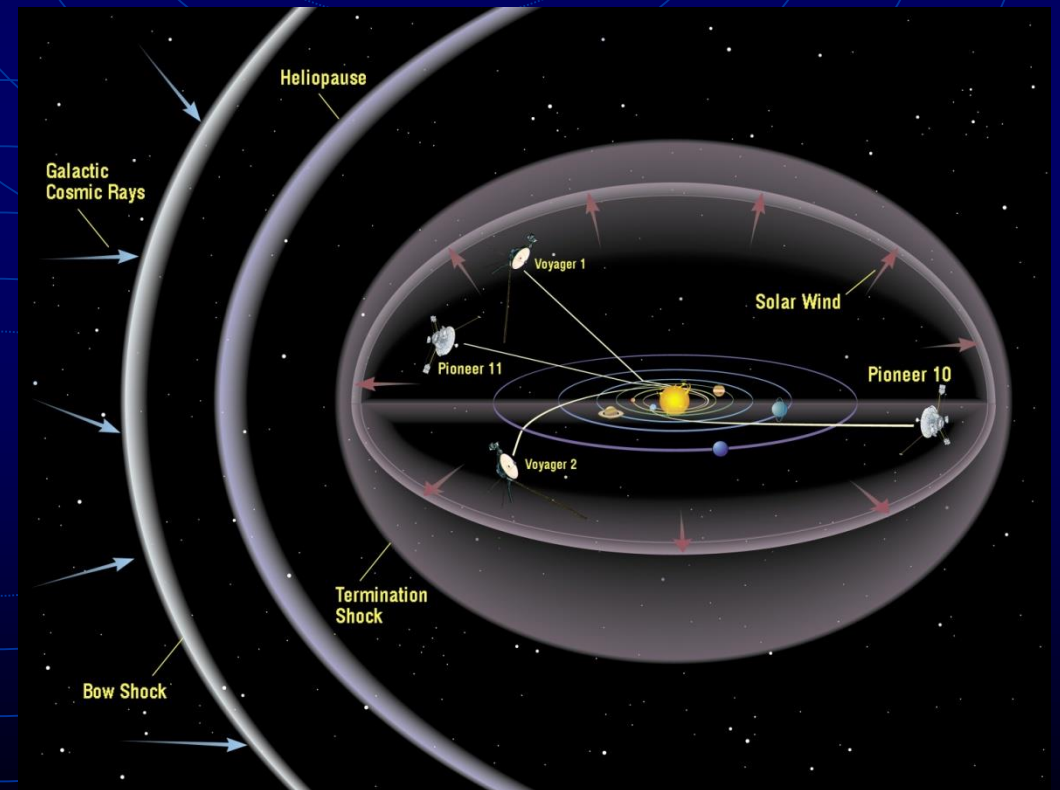


人類姿體與太空船大小相比

太陽系行星及相對距離的二進位碼

- 先鋒10號被木星甩了一下，10萬年後會到達金牛座方向的鄰近恆星
- 億萬年後說不定會被外星文明找到

然後呢？



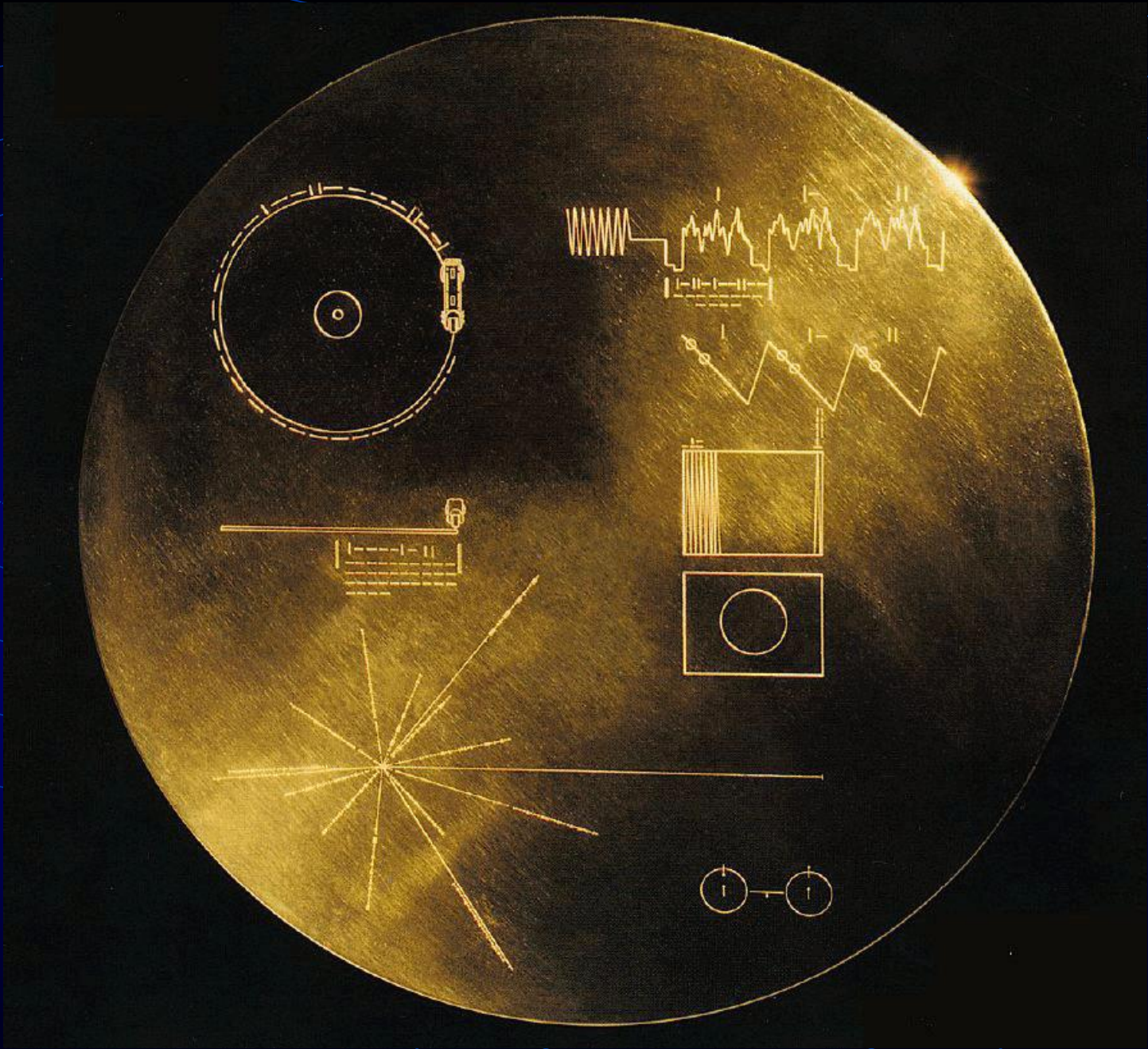
人類的足跡 II

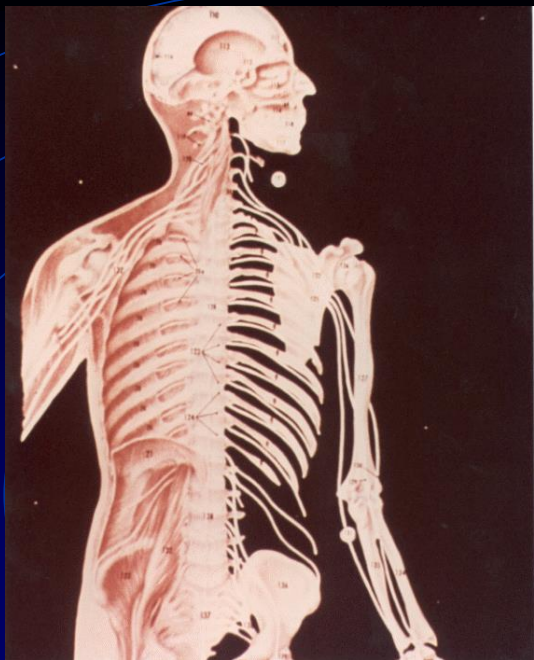
- Voyager 1 及 Voyager 2 (late 1970s) 上的唱盤 (正在離開太陽系~~)
- 2 吋直徑的銅盤，裝在鋁盒中，內有116 張圖像；用 55 種語言問好；各種地球上的聲音（天然的或人工的）；27 種音樂（古典、搖滾、非洲土著民謠等）

<http://re-lab.net/welcome/>

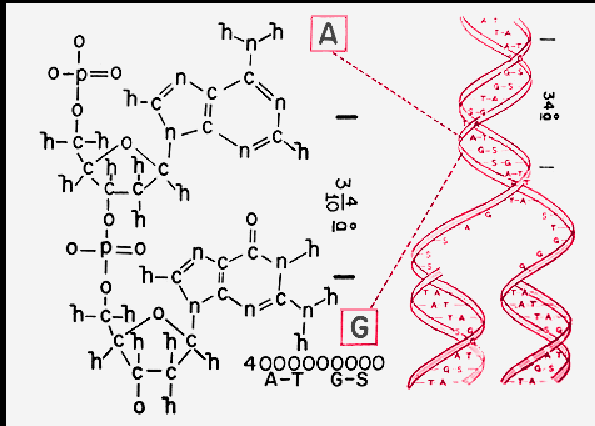
[in Chinese](#), [French](#), [English](#), [Spanish](#), [Japanese](#), [Korean](#) ...

- 表面甚至電鍍了鈾238

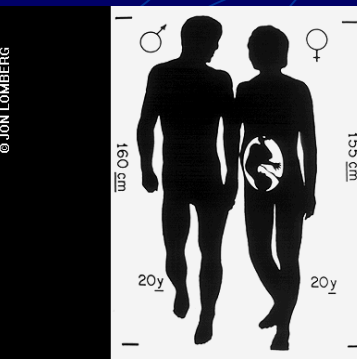




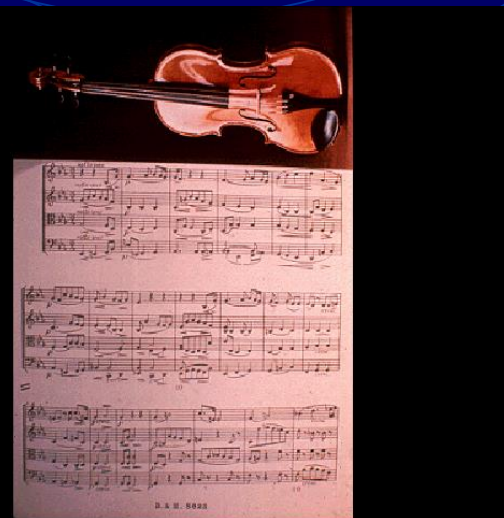
© JON LOMBERG



© JON LOMBERG



© NATIONAL ASTRONOMY AND IONOSPHERE CENTER



要是外星人找到這些太空船，
他們應該有能力檢視各種證據
希望他們會同意 ... 您同意嗎？
這東西來自有思想、文明的世界！
值得他們聯絡



人類的足跡 III

◆ Breakthrough Listen

十年內電波監測一百萬顆星，以及一百個星系，找尋來自文明的訊息，到2019年6月為止，在160光年之內（1,327顆星）沒有發現任何可能的訊號

◆ Breakthrough Watch

在地球周圍20光年內的恆星尋找有「生物標記」的類地行星

◆ Breakthrough Starshot

以雷射加速配有光帆的「超微太空船」，預期在數十年內能夠以時速超過一億公里（光時速10億公里），前往南門二星（> 20年）

◆ Breakthrough Message

討論如何跟外星文明以數位資訊（數學、物理學、語言學、心理學）溝通（介紹地球、文明）。要嗎（科學、政治、宗教？）？

<https://breakthroughinitiatives.org/>

再次開展視野的工具

太空航行技術

Breakthrough Initiative

Breakthrough Listen

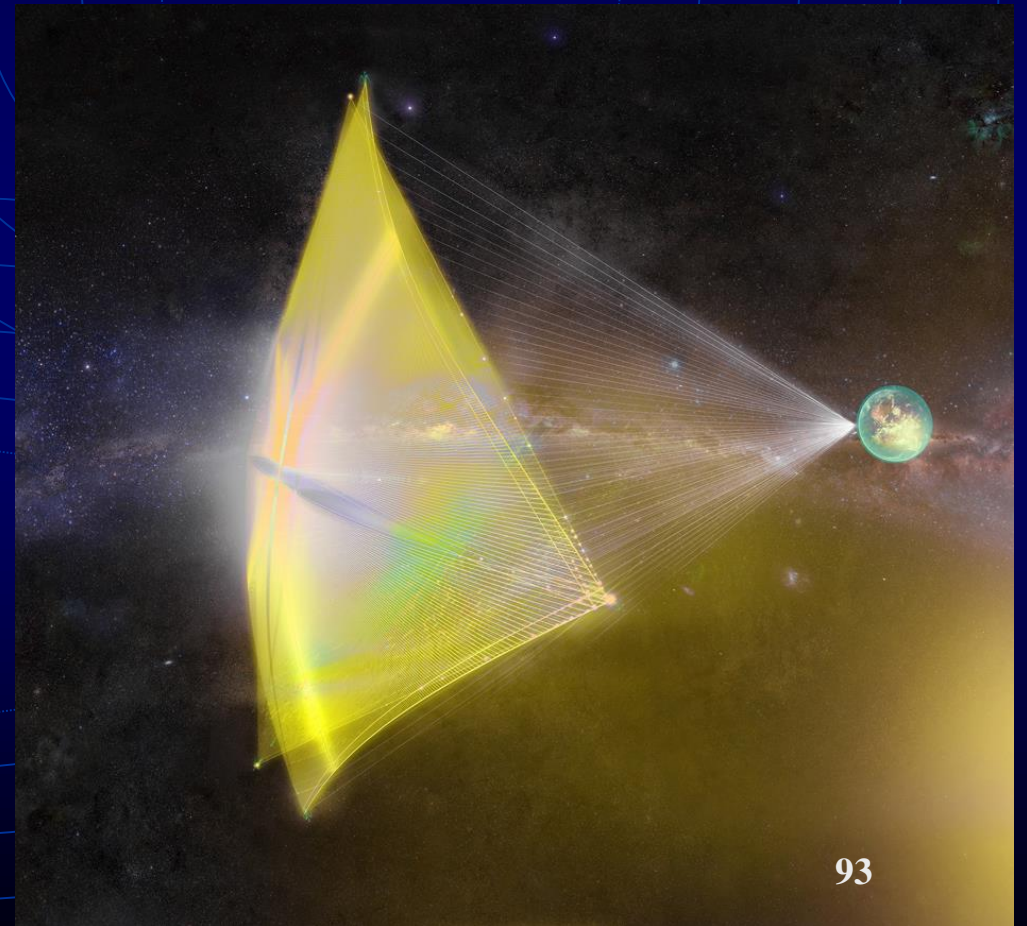
Breakthrough Message

Breakthrough StarShot

(突破星擊)

從地球上發射一兆瓦雷射，推動一公尺大小的「風帆」，以加速一公克的晶片「太空船」

20秒加速到 20% c，數小時抵火星；三天到冥王星；20年到南門二



- 這些有如丟入汪洋中的「瓶中信」，攜帶了我們對自己的瞭解，也攜帶了盼望別人瞭解的期待

地球生命真是多樣呀！

- 只是宇宙這個汪洋大得多得多（得多）
- 象徵的意義大於實質意義，因為被找到的機會微乎其微

花多少資源算合理？



- 地球上最早的證據已不復尋
→ 向外找
- 尋找外星生命不只是找高等文明
- 飛越其他行星時，看到
「風吹草地見牛羊」的感動

vs.

接收到第一筆「外太空訊號」
的震撼與恐懼 一旦證實我們不孤獨...

其他世界中的原始生命一樣動人！

宇宙生命當然存在，
我們就是～

宇宙：137億年前

太陽系：46億年前

類似人類的生物：三百萬年前

如果把地球的四十六億年歷史製作成一年的電影，於元旦開演時地球剛剛形成，整個一、二月份地球仍遭受大量小行星轟擊而處於熔融狀態。終於海洋形成，最原始的生命大約在三、四月之際出現。之後生命展開漫長的演化，一直要到11月28日左右才有陸地生命。如果電影繼續放映，像是恐龍這樣的生物直到12月12日才出現，然後在聖誕夜滅絕，接著哺乳類動物以及鳥類大量出現。

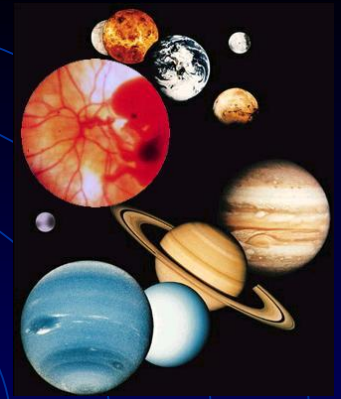
人類呢？電影中直到除夕當天才出現類似人類的生物，除夕傍晚他們才學到製作石器。秦始皇統一天下時，影片放映到最後14秒鐘，而推翻滿清發生在元旦凌晨前0.6秒

最近跟好朋友鬧彆扭？上次考試第幾名？為什麼別人總有新手機？這些重要嗎？有多重要？

人類做為時空過客，必須珍惜這部影片的劇情與道具，擔任續集的主角，讓世代子孫永續經營，向宇宙拜年！

珍惜地球！這樣地球人才見得到外星人...
才有機會當外星人

事實 —— 除了地球，目前（還）沒有在其他地方找到（智慧）生命



- 完全沒有證據顯示外星人來過地球

「宇宙那麼大、時間那麼長」外星生物有很多種可能，
即使來了，我們多半認不出來（生化）機器人？

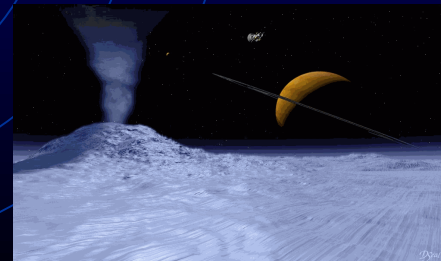
- 不能把無法解釋的現象，都推給外星人
- 地球上最早的證據已不復尋
→ 向外找尋找外星生命不只是找高等文明
- 飛越其他行星時，「風吹草地見牛羊」的感動

VS.

接收到第一筆「外太空訊號」的震撼與恐懼

結論

- ✓ 科學家從未停止想像，且盡力實踐想法
科學家想辦法證明自己對
狂想者等着別人證明他錯
- ✓ 科學以嚴謹手段，解決特定問題
不是萬能，但是科學態度與方法很有用
- ✓ 追求科學真理的過程，其精彩程度絕不下於奇幻小說
- ✓ 連江湖郎中都必须多讀書、多思考！
- ✓ 有外星生物不奇怪；就是因為到目前都沒找到，才讓人納悶！怎麼了？
- ✓ 避免以「未知」解釋「未知」！
- ✓ 學而不思則罔；思而不學則殆



繼續尋找吧！

找了
不見得找得到

但是不找
必定找不到

