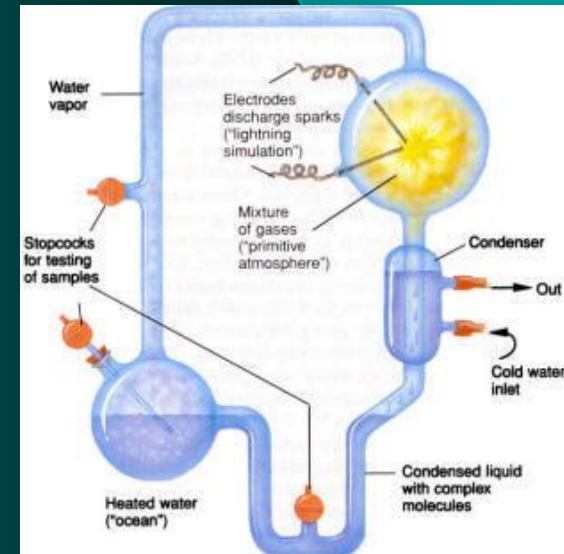
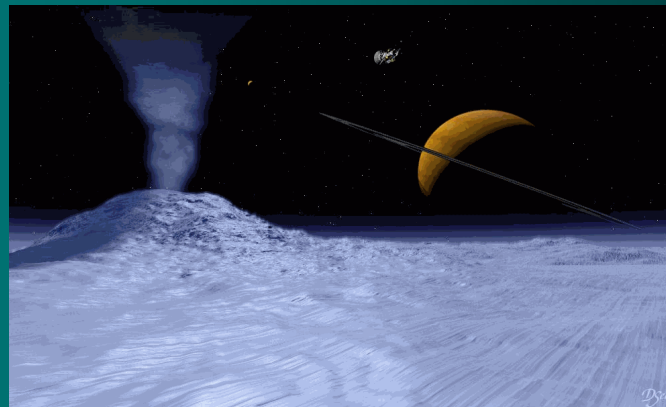
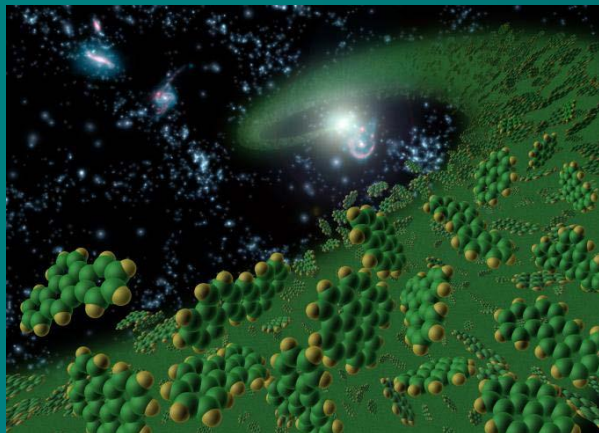
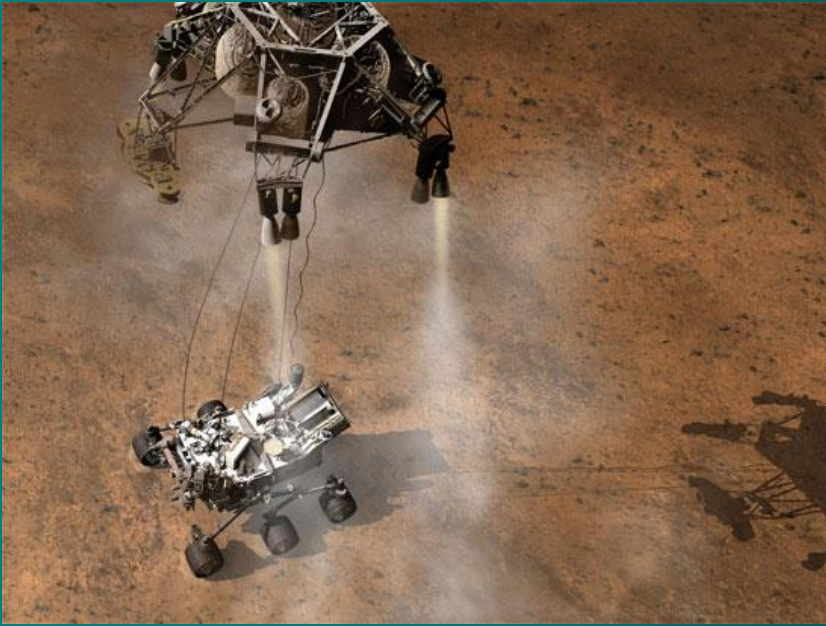


# Search for Extraterrestrial Life



- **尋找外星生命** 外星有哪些環境，哪些適合生命發展？但是何謂生命，找什麼呢？怎麼尋找外星生命？外星文明呢？
- **最期望的當然是「登門拜訪」** 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
- ∴ **電訊接觸** (一) 嘿，我們在這！  
(二) 咦，你們在哪？

他們來過地球嗎？



或許，「我們」就是「他們」！



# 不同環境裡的成分

太陽		地球		地殼	
氫	90.99%	氧	50%	氧	47%
氦	8.87	鐵	7	矽	28
氧	0.078	矽		鋁	8.1
矽		鎂		鐵	5.0
鎂		鎳		鈣	3.6
氮	0.010			鈉	2.8
				鉀	
地球大氣		細菌		人類	
氮	78%	氫	63%	氫	61%
氧	21	氧	29	氧	26
氫	0.93	碳	6.4	碳	0.5
碳	0.03	氮	1.4	氮	1
氖	0.0018	磷	0.12		
氬	0.00052	硫	0.06	磷	0.13

我們的能量來源

我們居住的地方

就是我們自己

# 不同環境裡的成分

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%	氫	63%	氫	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

# 以成分來說

- 生物與恆星相似的程度更甚於所在的地球！  
∴ 地球生命是由隨處可得的元素構成的
- 就我們所知，宇宙其他地方的化學及物理和我們這裡是一樣的

宇宙別的地方要形成生命，  
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！

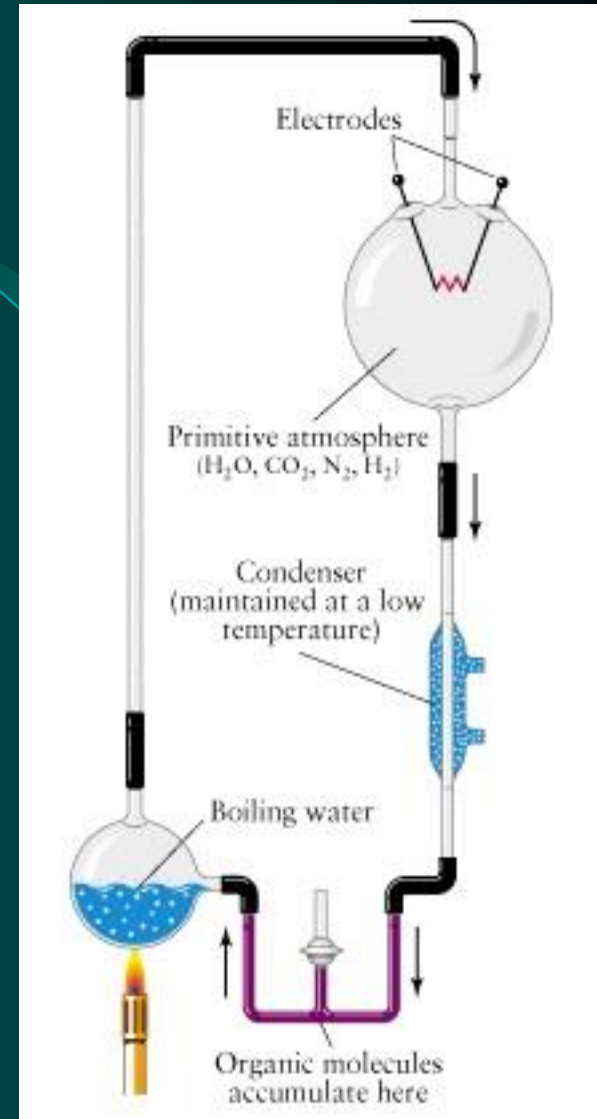


# 生命能無中生有嗎？

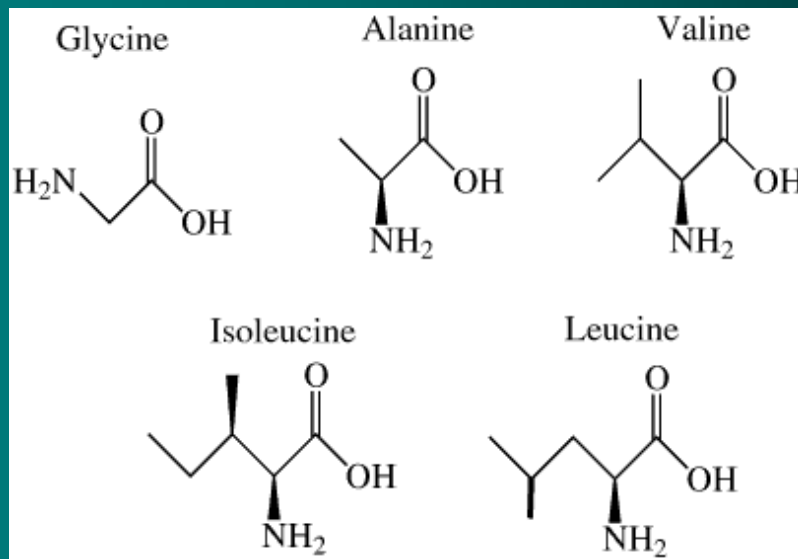
## Miller-Urey 實驗 (1953年)

—— 在地球早期環境中  
「創造」生命的可能

→ 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  
( 模擬天氣 )



→一週後，Miller 觀察發現15-20%的碳元素形成了有機物，2%的碳形成了胺機酸！其中以 glycine（氨基乙酸）最多



原始大氣並非如此「還原」（沒有這麼多氫）？  
早期環境並沒有這麼多的能量（連續雷擊）？



- 胺機酸當然還不是生命，但是由胺機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（例如胺機酸）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！



# 墨其森隕石的意義

- 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。
- 地球上的胺機酸有可能是小型天體撞擊而帶來的。

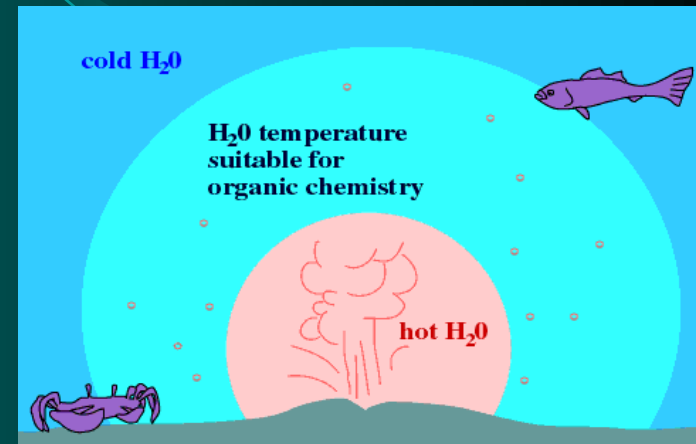


如果最初的胺機酸並非在早期地球（還原）大氣中產生，如 Miller-Urey 實驗所示，那麼它們可能是哪裡來的呢？

## 1. 來自海底 thermal vents

自成生態系統（魚蟹蟲菌）

→ 陽光之外的生命能量來源！

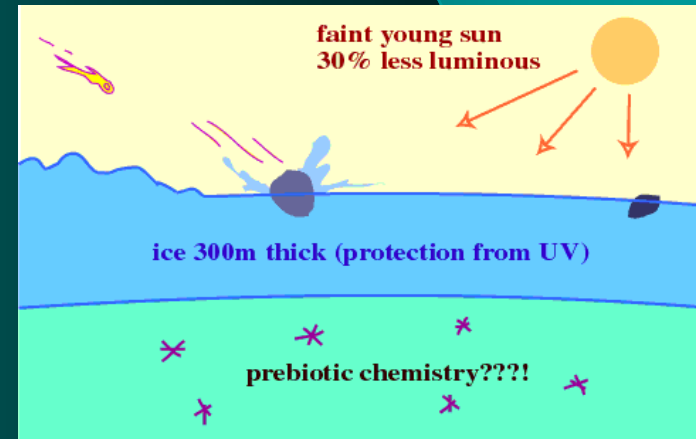


## 2. 來自冰凍的海洋

早年太陽光度比現在微弱30%

→ 地球海洋冰層約300公尺

→ 屏障了紫外線，  
又免於



### 3. 來自外太空 (panspermia)

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到地球，這樣可以倖免於太空的惡劣環境，甚至進入地球後受到的衝擊。太空裡可能很多這種 germs (細菌)、spores (孢子)



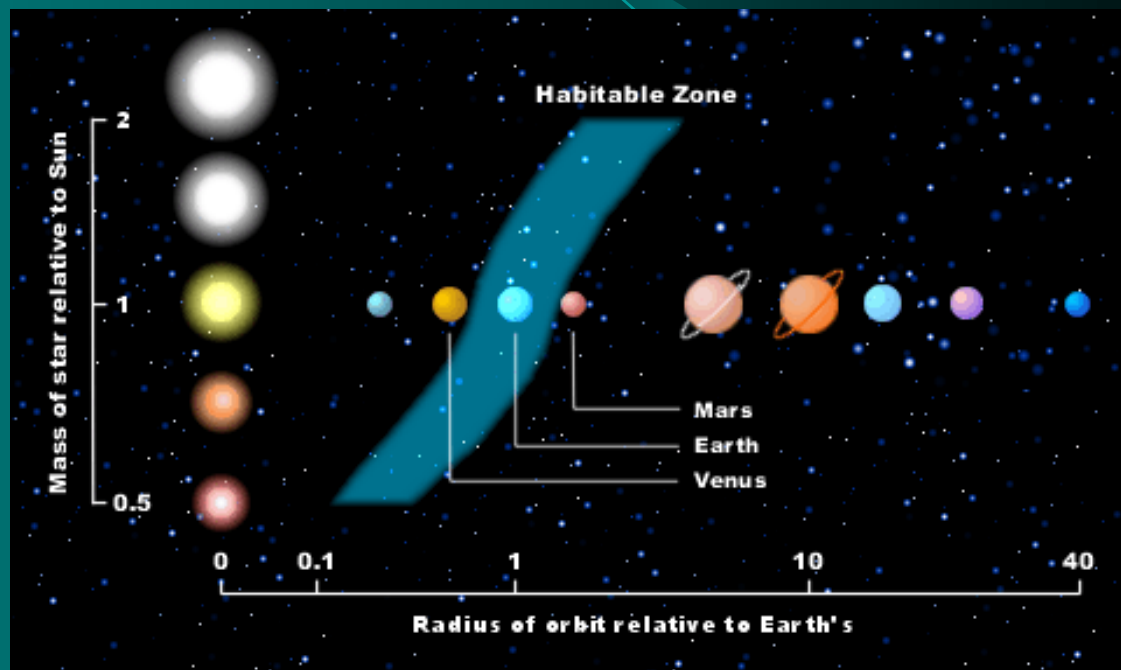


- 恆星的**適居區 (habitable zone)**

大質量恆星→寬廣 小質量恆星→窄小



太陽適居區包含地球(及火星?)



但是大質量恆星壽命短，不利產生高等文明  
而小質量恆星周圍的適居行星可能靠得太近

我們可以發訊號  
給他們！



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 ( $3 \times 10^{12}$  W) 的訊號——人類有史以來發射最強的訊號！

嗯，訊號往  
哪送呢？

目標 M13（武仙座 Hercules 方向的一個星團；  
距離 25,000 光年，包含約 300,000 顆星），  
發射的電波束到達時（25000年後）恰涵蓋  
整個星團

喔，要送什麼  
訊號呢？





## Arrange bits into 73 rows and 23 columns – A Pictogram!



Numbers 1-10 in binary

Atomic numbers of C, H, O, N and P



Formulas for the sugars and bases making up DNA



The double helix of DNA and the number of nucleotides it contains



An image of a human and its height



The solar system with the Earth identified

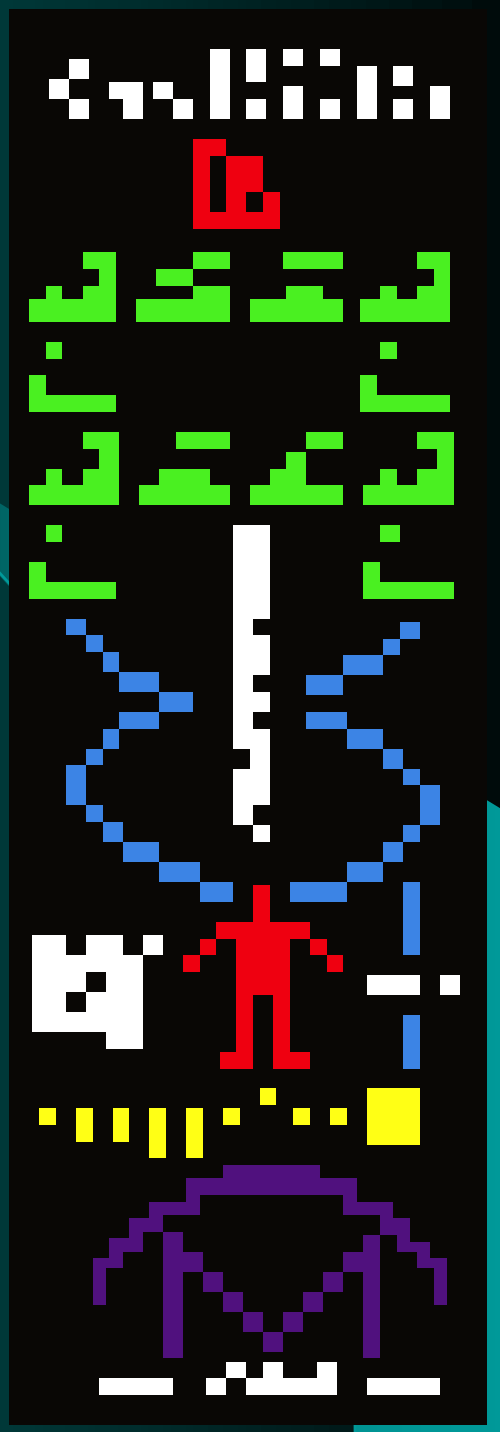


A picture of the Arecibo Telescope



The diameter of the Arecibo Telescope

The Population of the Earth at the time the message was sent



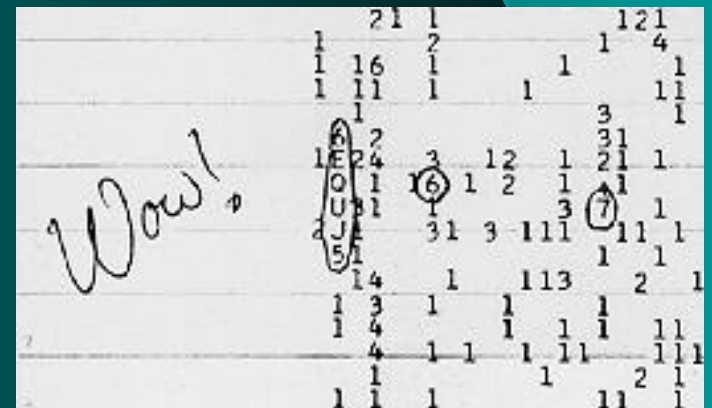
他們看得懂嗎？

如果我們收到這樣的訊號，  
我們看得懂嗎？



# 要不，就用聽的！

- 1977年8月15日 --- ‘Wow!’ 訊號  
6EQUJ5  
非自然、來自天外，但來源不明

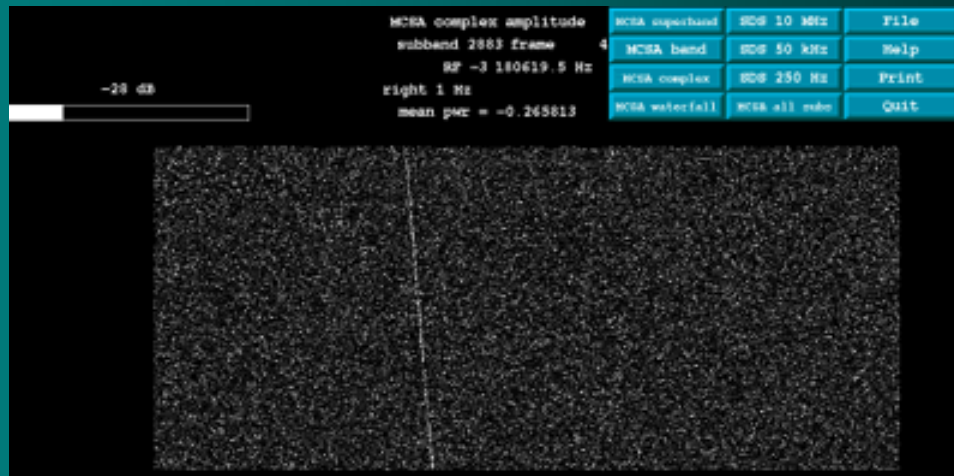


Ohio State Univ. Big Ear Obs.

<http://www.bigear.org/6equj5.htm>

# 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！

# 要在哪個波段搜尋 外星文明訊號呢？

這麼說好了，若是我們要發射訊號，應該在  
哪個波段發射？

條件： (1) 傳得遠、干擾少  
(2) 認得出是非自然的訊號

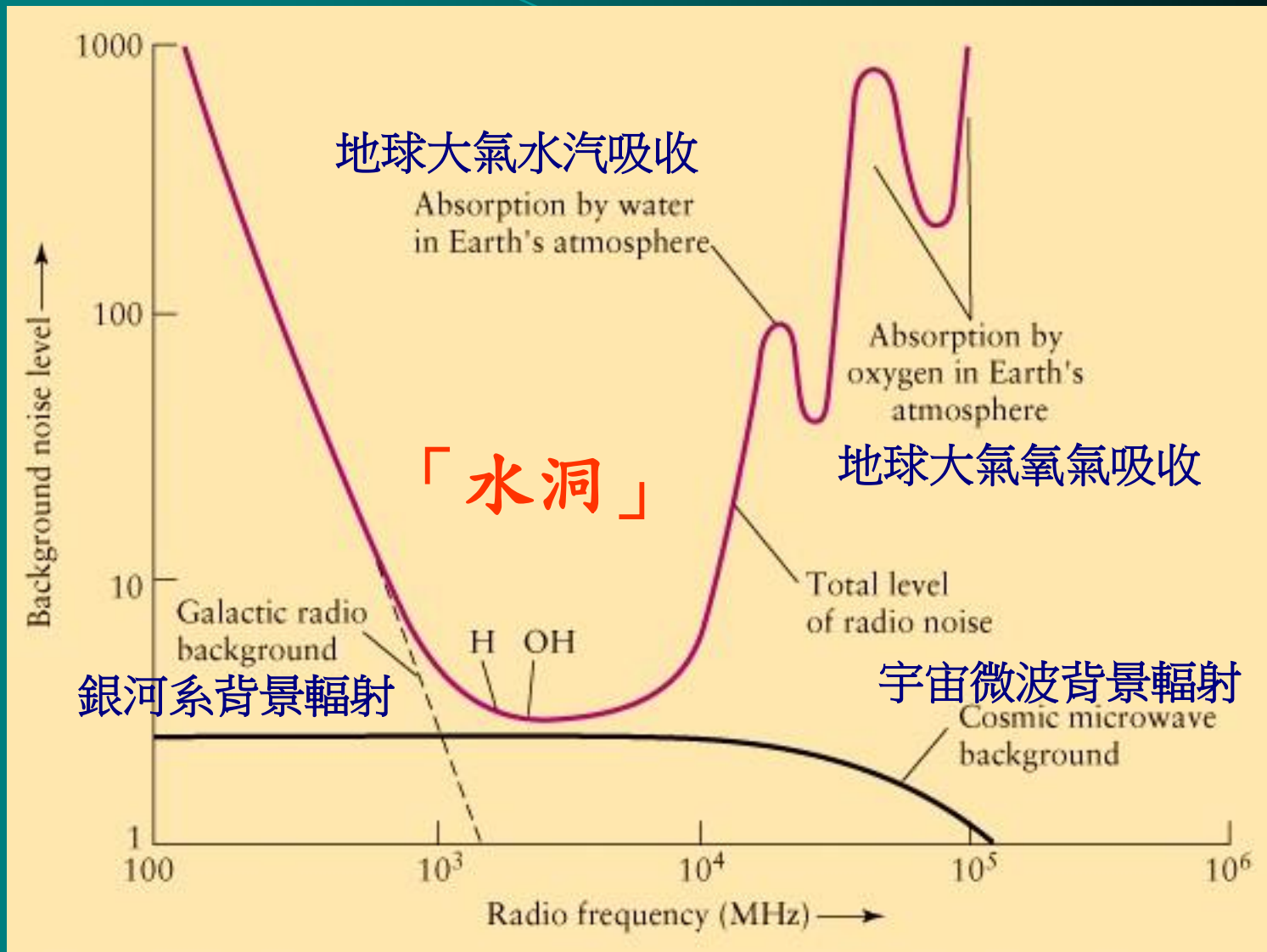
- 氫原子發射波長為 21 公分的輻射
- OH (hydroxyl) 分子發射的波長為 18 cm
- $\text{H} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ：生命的要素
- 該波段地球大氣或宇宙背景干擾都小
- 星際太空灰塵的吸收弱

科學家把18~21公分這個波段戲稱為「水洞」(Water Hole)，認為這是星際通訊最佳波段

水洞與水無關！

# 'Water Hole'

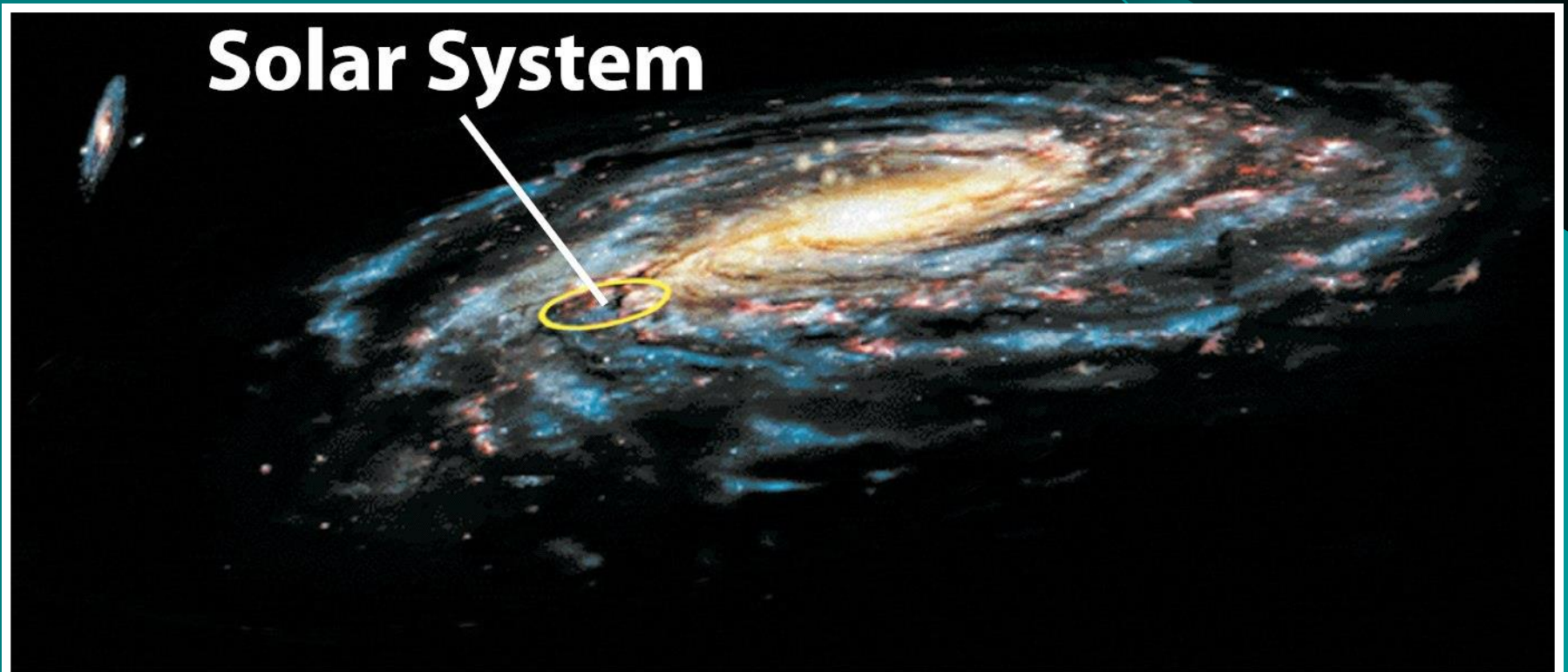
背景雜訊



無線電波頻率



SETI 計畫試圖偵測外星文明所發出，類似我們文明的訊號。目前搜尋的範圍只包括太陽系附近很小的範圍。



# 德瑞克方程 (Drake Equation) —— 銀河系中高等文明的數目

需要考慮下列問題：

- 有多少文明存在？
- 這些文明平均可以存在多久？
- 他們有多渴望和我們聯絡？
- 怎麼和他們聯絡呢？



$$N = N_* f_s f_p f_e f_l f_i f_c L/L_{\text{MW}}$$

- $N$ ：現在銀河系中可以通訊的**文明數**
- $N_*$ ：銀河中的**恆星數**
- $f_s$ ：**類似太陽的恆星**比例
- $f_p$ ：每顆類似太陽的恆星**擁有行星系統**的比例
- $f_e$ ：每個行星系統中**適合生命發生**的比例
- $f_l$ ：適合的行星中**實際發展出生命**的比例
- $f_i$ ：生命**發展出智慧文明**的比例
- $f_c$ ：擁有技術**而且願意對外通訊**的比例
- $L/L_{\text{MW}}$ ：文明向外通訊的時間/銀河系的壽命

- 所以 Drake equation 其實並不是個「方程式」
- 而是個估計數量的公式
- 公式中各個「因素」，以及各因素所採用的「數字」都是主觀的估計
- 越前面的因素（天文的部分）我們知道得越多；越後面的因素（外星生物、社會、心理）越不清楚，估計起來也越主觀

# 估計德瑞克方程 .....

- 銀河系中大約有 3000 億顆恆星= $N_*$
- 只考慮類似太陽的恆星， $\therefore f_s \sim 0.3$
- 猜  $f_p \sim 1$   $\because$  太陽似乎是顆典型的恆星
- $f_e \sim 1/4$ ;  $f_l \sim 0.5-1$ ;  $f_i \sim 0.75-1$ ;  $f_c \sim 1$   
(這樣是保守還是無可救藥的樂觀?)
- 最不確定的數目是  $L$  (以年為單位) ，  
也就是文明能存活多久
- 我們的文明能存活 1,000 年嗎？  
1,000,000年呢？



# 估計的結果：

1.  $N = 300 \text{ G} \times 0.3 \times 1 \times 0.25 \times 0.5 \times 0.75$   
 $\times 1 \times L/10 \text{ G} = 0.84 L$  (本書)
2.  $N \sim 10L$  (Sagan 1974)
3.  $N \sim 120L$  (most favorable case)
4.  $N \sim L/10$  billion (least favorable case)

最可能差別的關鍵在於

「發展出智慧文明的比例」

也就是說，銀河系中的文明個數  $N$  在數值上差不多相當於文明能存在的年數  $L$

活得越久，能碰到的機會越大！

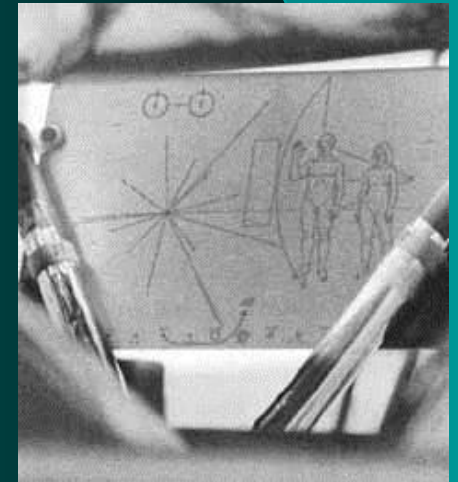
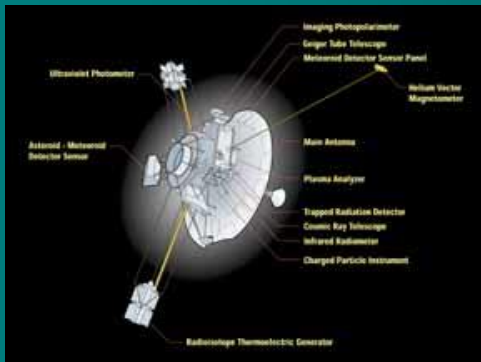
∴ 可能的數目從  $N=1$ （也就是我們自己）  
到  $N > 1000$

$L$  是甚麼？

是我們肩上沈重的宇宙責任！

# 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 x 9 吋 (15.15 cm x 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，  
我們應該好好想想！  
「我們是誰？」

# Do Not Take Anything for granted. 生命中没有任何理所当然的事情



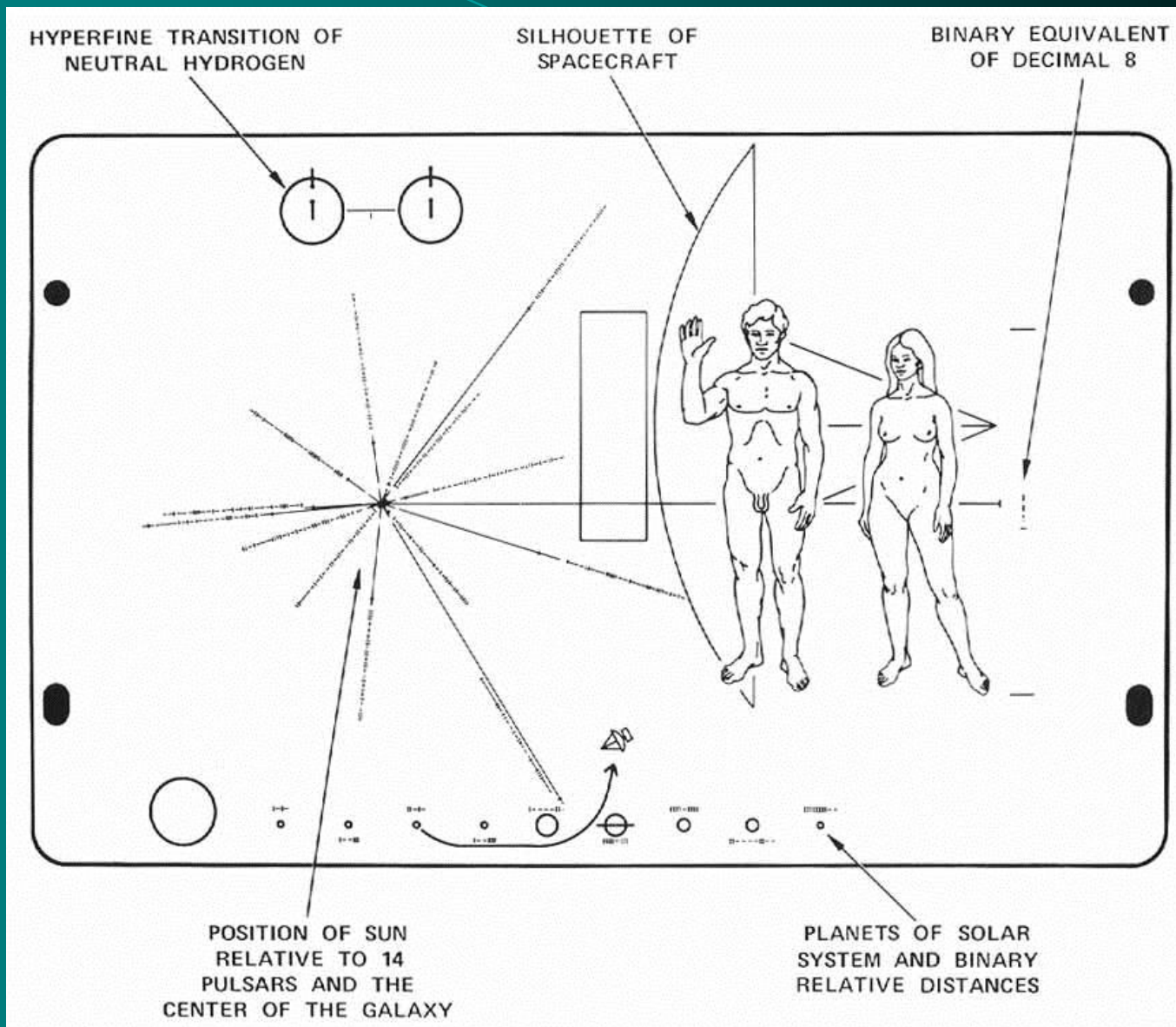
- ◆ What if our Sun were 1.2 times more massive? What if less?
- ◆ What if there were no moon?
- ◆ What if Jupiter did not exist?
- ◆ What if there were no heavy bombardment in early solar system?
- ◆ What if the dinosaurs did not extinct?



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

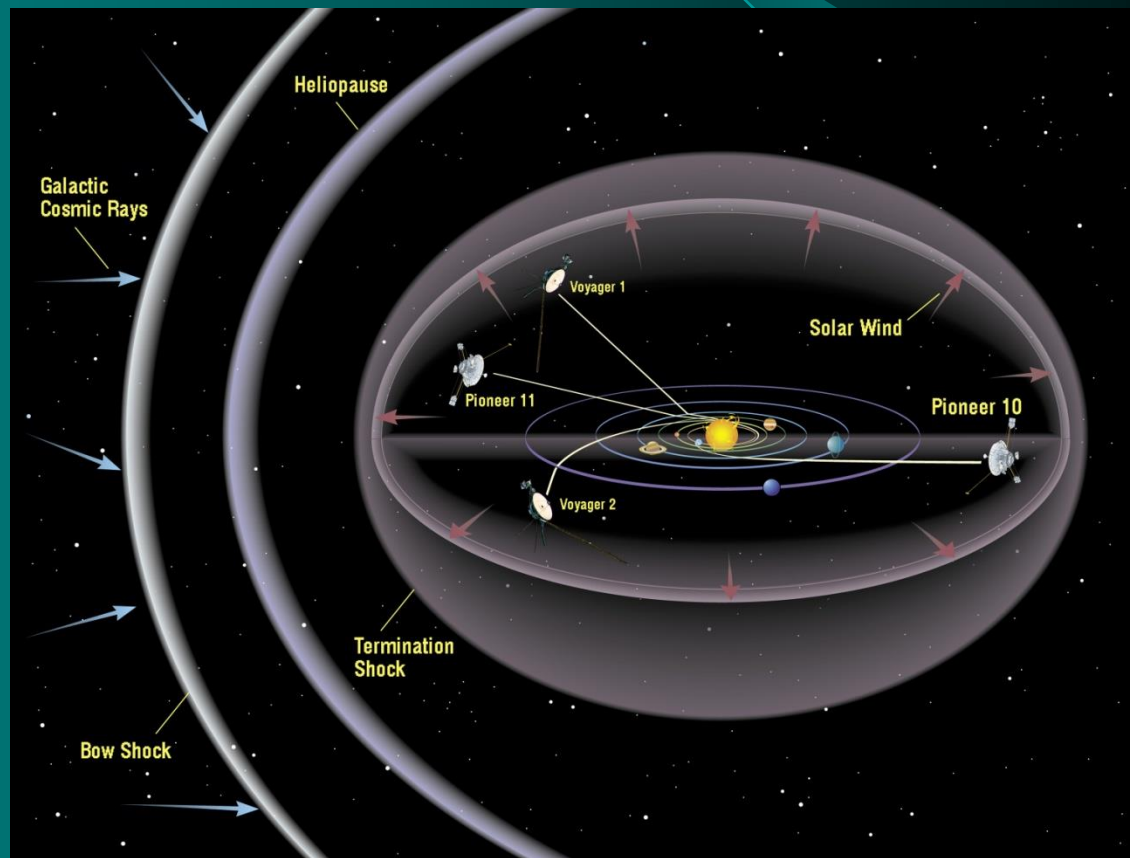


太陽相對於14顆脈衝星以及銀河系中心的位置

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
- 誰知到，億萬年後說不定會被外星文明找到



# 人類的足跡 II

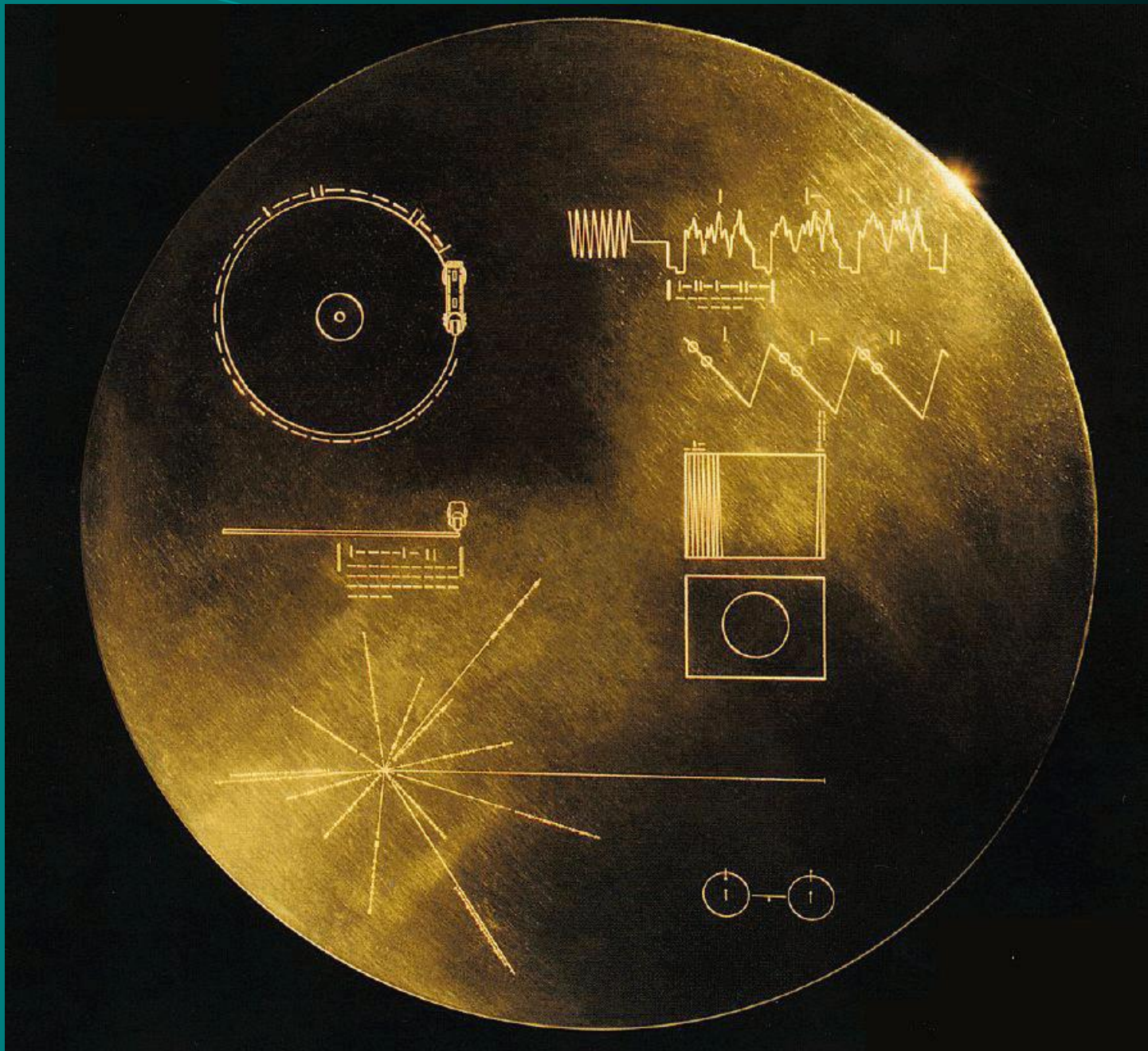
- Voyager 1 及 Voyager 2 (late 1970s) 上的唱盤
- 2 吋直徑的銅盤，裝在鋁盒中，內有116張圖像；用 55 種語言問好；各種地球上的聲音（天然的或人工的）；27 種音樂（古典、搖滾、非洲土著民謠等）

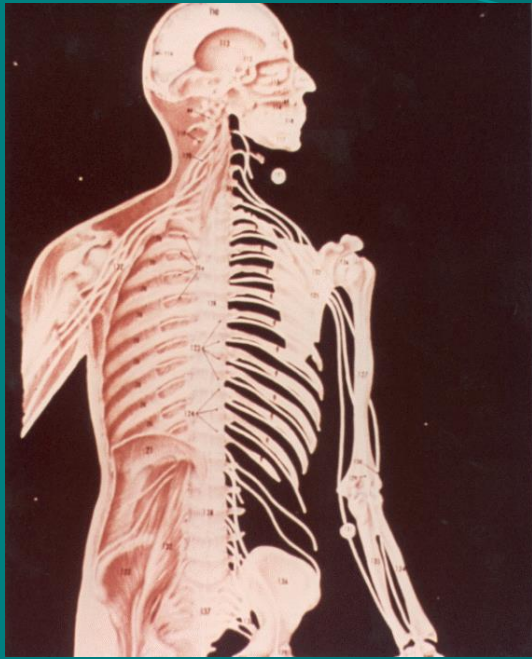
<http://re-lab.net/welcome/>

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

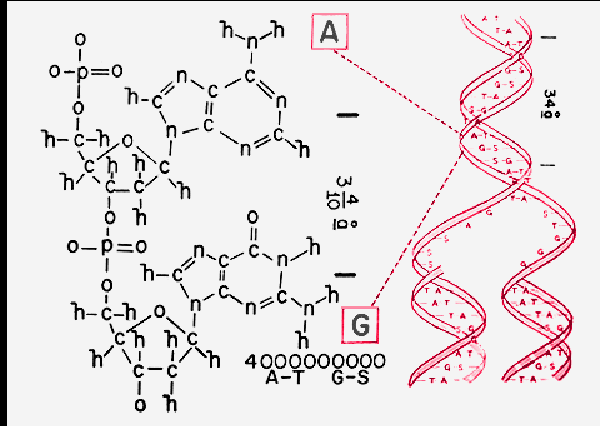
- 表面甚至電鍍了鈾238（？）



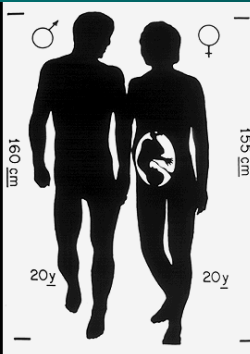




© JON LOMBERG



© 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 ...

這東西來自有思想、文明的世界！



- 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

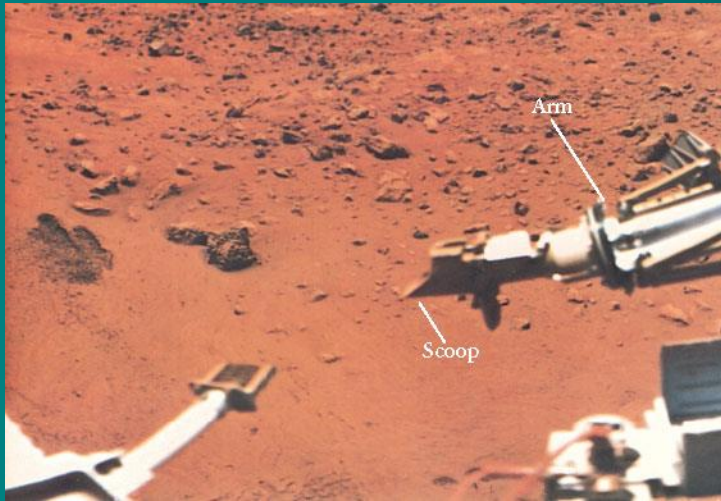
地球生命真是多樣呀！

- 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

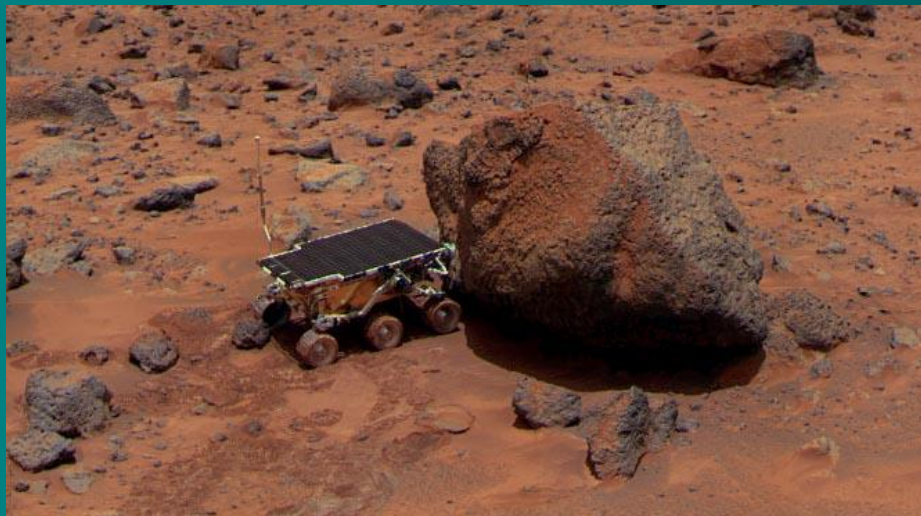
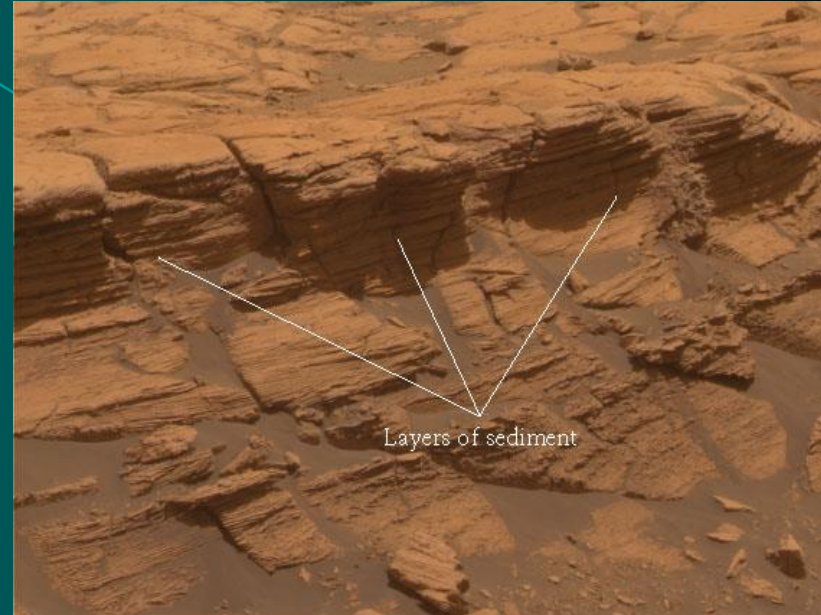
找了，不一定找得到，  
但不找絕對找不到！  
花多少資源找算是合理？



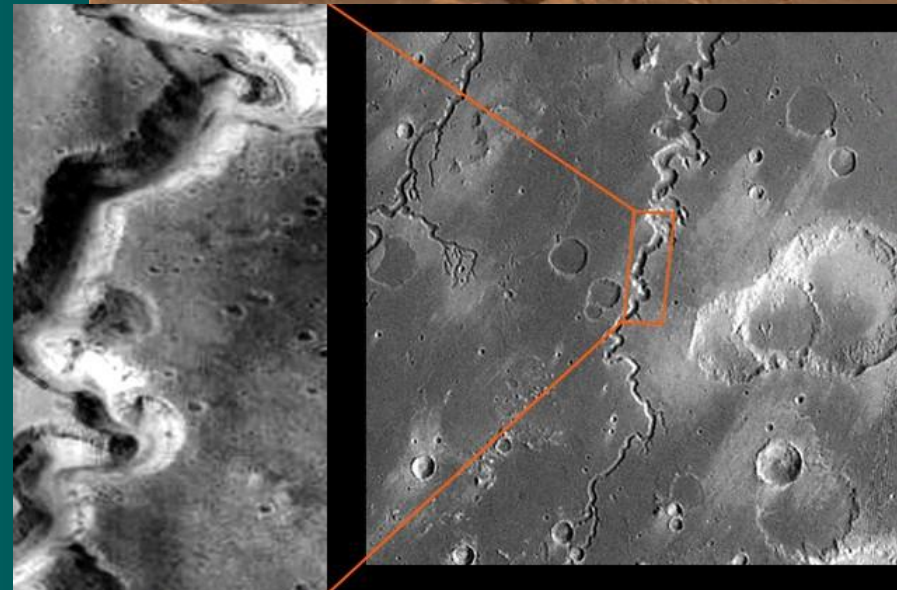
# 人類的足跡 III --- Mars



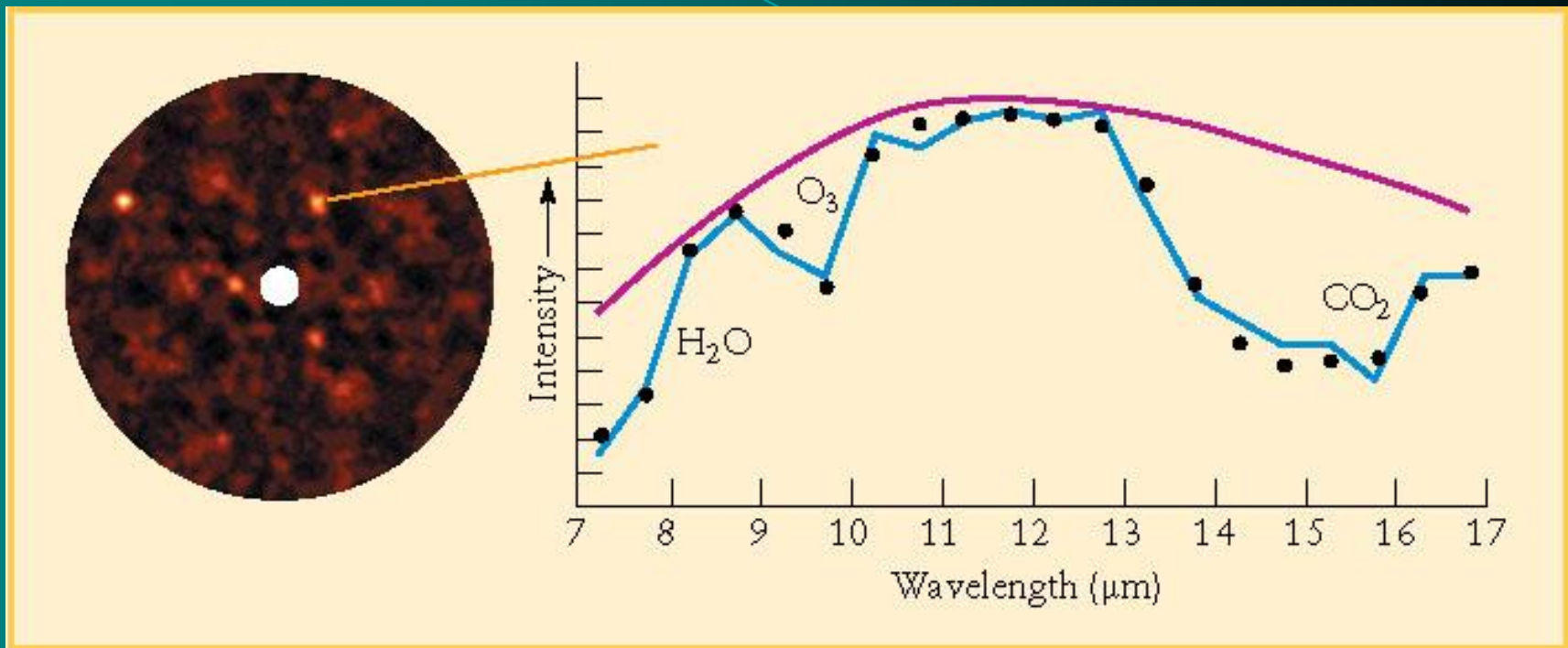
View from *Viking Lander 1* (1976)



從 *Pathfinder* lander 看 *Sojourner* (1996)







找生命 ... 為什麼找水？為什麼找行星？行星怎麼找？

宇宙：138億年

太陽系：46億年

類似人類的生物：300萬年前

如果把地球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，一直要到十一月廿八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十二月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？在這部電影中，直到除夕當天才出現類似人類的生物，而直到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，而國父推翻滿清相當於元旦凌晨前0.6秒，就更別說上一次立法院是什麼時候打架了！人類做為時空過客，實在應該珍惜這部影片的劇情與道具，努力成為影片續集的主角，讓世代子孫永續經營，向宇宙拜年！