

宇宙中的生命之源

中央大學天文所及物理系 陳文屏

- 為什麼要找？
- 往哪找？
- 找甚麼？
- 怎麼找？
- 真要找嗎？萬一真找到了呢？



淡水社區大學 2003.10.13

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、大小有限
並非甚麼都有可能

某件事：很可能、可能、不太可能、絕無可能

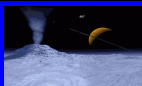
事實——有些事雖然不太可能，但
未抵觸任何已知科學定律
有些卻違背現有知識，因此
目前絕無可能



事實——很難證明「沒有」

一些問題：

- 地球上的生命何來？如何演化到目前狀態？（咳，生命是什麼呢？）
- 宇宙別的地方也有生命嗎？哪裡比較可能？
- 生命是偶然或必然？有多「偶」、多「必」？
- 文明呢？如果有外星文明，如何接觸呢？
- 人類已經有那麼多問題（戰爭、飢荒、疾病），有必要花龐大資源去找 'the little green men'（小綠人）嗎？
- 我們是唯一思索這些問題的文明嗎——假如是，這算非常進步還是非常原始？



二些問題：

- 他們是否已經試著和我們接觸？
- Enrico Fermi：假如外星人存在的話，他們在哪呢？（Where are they?）
- Absence of Evidence $\neq$ Evidence of Absence
沒有證據不能證明沒有，
但也不表示「因此應該是有的」
- 嘿，說不定我們就是他們！
- 宇宙是有目的的嗎？
宇宙充滿了答案，但問題是什麼？



有關「生命」——

□宇宙中有各式物體

→天體、物體、生命體→原子、分子

□我們目前只知道一種形式的生命——
也就是地球上的這種

→極度複雜 卻又簡單得不思議



生命的意義在創造宇宙繼起之生命
生活的目的在增進人類全體之生活

—— 蔣公嘉言錄 ——

生命的特徵 ——

- 生命是一堆原子、分子，只是物質形態的一種以致在根本上可以用物理、化學來描述？還是得有「靈氣」才行？
- 生命的定義，一說就錯，卻看了就知道？
- 繁衍 (to reproduce) 與 演化 (to evolve)
設想登陸某外星世界，如何尋找繁衍與演化的證據呢？
- 構成生命的是哪些（種）原子、分子？產生哪些（種）化學反應？



不同環境裡的元素豐度

太陽		地球		地殼	
氫	90.99%	氧	50%	氧	47%
氦	8.87	鐵	17	矽	28
氫	0.078	矽	14	鋁	8.1
碳	0.033	鎂	14	鐵	5.0
氖	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%	氫	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
氫	0.00052	硫	0.06	磷	0.13

不同環境裡的元素豐度

太陽		地球		地殼	
氫	90.99%	氧	50%	氧	47%
氦	8.87	鐵	17	矽	28
氫	0.078	矽	14	鋁	8.1
碳	0.033	鎂	14	鐵	5.0
氫	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%	氫	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
氫	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！



- 地球上的胺基酸單體，除極少數的例外（一些細胞壁的蛋白質），全都是左旋！非生命的則比例各半
構成生命的分子顯然「選擇性」地只用一種形式以增加化學反應的效率
- 胺基酸可能有幾乎無限多種，生物體上常見的卻只有廿種！
- 不同蛋白質→不同胺基酸（一般約百來個），以不同順序組合。可以有 20^{100} 種可能的蛋白質（比宇宙中所有的原子數還多！）
- 我們知道的生物體一般製造、使用卻只有不到十萬種蛋白質

以能量來說

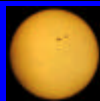
地球上所有能量來自太陽，太陽的能量則來自內部進行的核子反應

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

過程簡單，但使用複雜的結構
我們吃東西，卻沒有變成那樣東西！



- 生命在極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呢
- 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，及生物巧妙地取自原本來自太陽的能量

這使得生命得以宇宙的時間尺度維續



有關「外星」



- 人類在宇宙的地位——越無知越覺得自己偉大
- 生命可以存在恆星（例如太陽）當中嗎？要真可以就太讓人意外了
行星的環境好得多，又俯拾皆是，何苦呢？☺
- 事實：我們這樣的生命，生存在行星表面就太空而言，這其實是極特殊的地方
- 這顆行星（地球）繞行某顆平凡的恆星，在某個不起眼的星系（銀河系）中運行卻不知為何科幻故事中的「外星人」總是對地球特別感興趣！

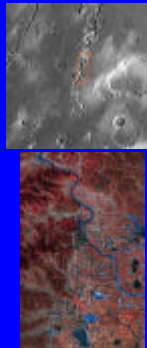
If we are alone in the Universe, then it is an awful waste of space. — Carl Sagan

要是宇宙中只有我們，那真是太浪費空間了。
—— 卡爾 沙岡



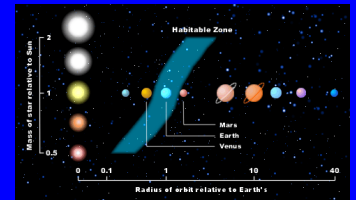
哪種恆星較能孕育高智慧生物？

- 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)，在這當中有某種液體存在（不一定非是水，但水很不錯！）



- 適居區範圍：
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?)



- 若母恆星質量太小，適居區內恰好有行星的機會不大
- 但質量太大的恆星也不行，因為壽命太短，孕育不出文明——地球上的生命花了35-40億年才發展出現在的文明

太陽可以活100億 (10^{10}) 年，太空裡藍白色耀眼星星有些只能活千萬 (10^7) 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

- 銀河系中這樣的恆星超過600億顆，目前已經在百來顆這種恆星周圍找到行星存在的證
- 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？

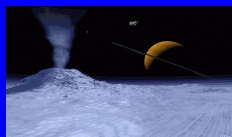
如果太陽不是大小適中...如果地球不是距離適中
如果沒有月亮.....如果沒有木星.....
需要撞擊嗎？如果沒有月亮？沒有木星？

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」（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）「喂，你們在哪？」



外星人來過（還在）地球嗎？

不明飛行物
(Unidentified Flying Objects)
空軍用語
UFOs → 幽浮

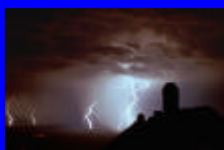
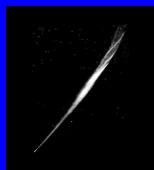


事實——

天上有很多東西

.....

很多也會飛
有些無法一下認
出來



The Great Pyramid of Egypt

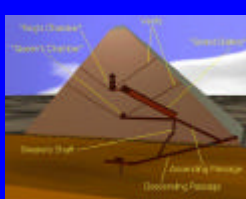
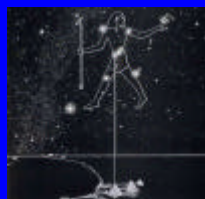
墳墓？天文台？藏寶地？



Khufu's Great Pyramid



Giza from Cairo



http://www.delange.org/Giza_Pyramids_Sphinx/EP2.htm

秘魯高原上的神秘線條



<http://unmuseum.mus.pa.us/nazca.htm>

畫線有那麼難嗎？為什麼非要從
飛機（太空船）上面看，不是在
高原嗎？



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_{MW} ：文明向外通訊的時間/銀河系的壽命

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， $f_s \sim 0.3$
- 猜 $f_p \sim 1$ 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. $N \sim L/10 \text{ billion}$ (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**！

我們怎麼知道別文明 在發訊號呢？

- SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) 計畫
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’附近) 搜尋「可疑訊號」

我們也可以主動發訊號啊！

- 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！
—— 要送些甚麼呢？



- 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（兩萬五千年後）恰涵蓋整個星團



- 如果那兒有文明
- 如果他們有夠靈敏的天線
- 如果他們正在聽
- 如果他們朝我們這個方向聽
- 如果他們選對了頻率收聽
- 他們就有可能聽到這個訊號

他們能懂嗎？

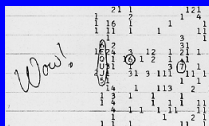
我們要是收到這樣的訊號，我們懂嗎？



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

我們到底聽到了什麼？ （嘿，嘿，嘿？）

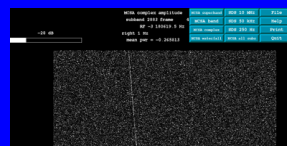
- 1977 年8月15日 --- ‘Wow!’ 訊號 6EQUJ5
非自然、來自天外，但來源不明



Ohio State Univ. Big Ear Obs. <http://www.bigear.org/6equj5.htm>

Project Phoenix

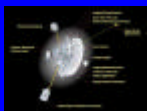
- 1995.02 開始，南北半球天線定點監聽
<http://www.seti.org/science/ph-bg.html>
- 還真聽到了！！



這是先鋒10號 (Pioneer 10) 的訊號。我們聽到了自己！

人類的足跡

- 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

「Who Are You?」

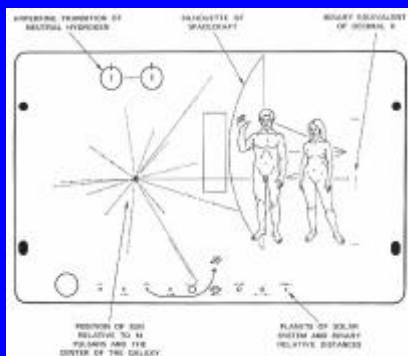
之前，

我們真要想想（好好想想！）

「Who Are We?」

氫原子的超精細結構 襯景的太空船身 相當於8的二進位碼

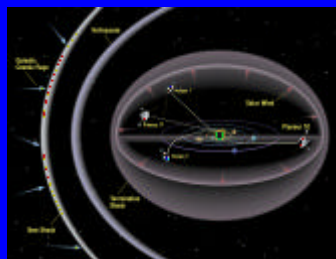
太陽相對於14顆脈衝星以及銀河系中心的位置



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

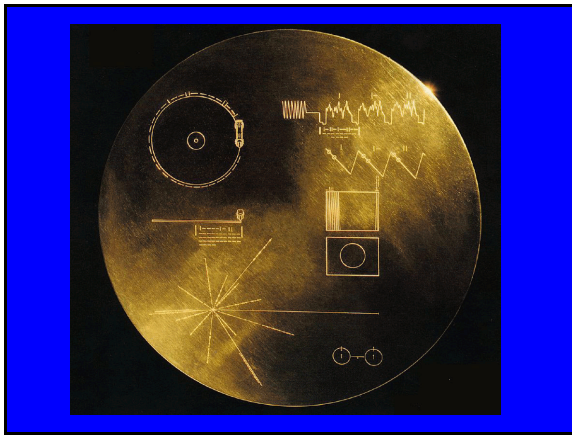


要是外星文明找到這個太空船，
他們應該有能力檢視各種證據，
希望他們會同意，
這東西來自有思想的生物！

<http://history.nasa.gov/SP-349/epilog.htm>

人類的足跡 II

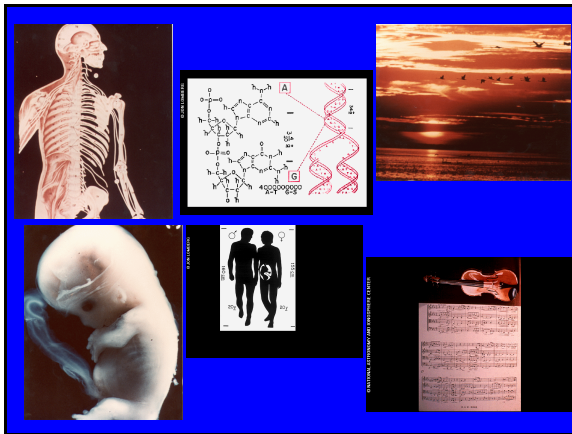
- Voyager 1 及 Voyager 2 (late 1970s) 上的唱盤
- 2 吋直徑的銅盤，裝在鋁盒中，內有 116 張圖像；用 55 種語言問好；各種地球上的聲音（天然的或人工的）；27 種音樂（古典、搖滾、非洲土著民謠等）
- <http://re-lab.net/welcome/>
- 表面甚至電鍍了鈾238（？）



唱盤的規格

EXPLANATION OF RECORDING COVER DIAGRAM

播放影音資料的方式



唱盤的規格

EXPLANATION OF RECORDING COVER DIAGRAM

播放影音資料的方式

唱盤的規格

EXPLANATION OF RECORDING COVER DIAGRAM

播放影音資料的方式

唱盤的規格

EXPLANATION OF RECORDING COVER DIAGRAM

播放影音資料的方式