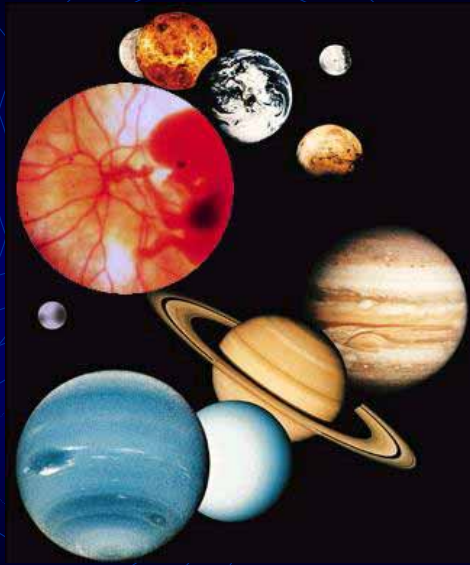
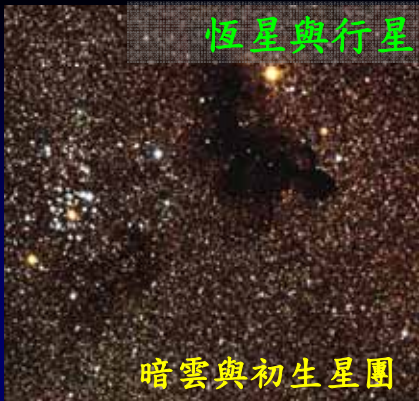


# 太陽系

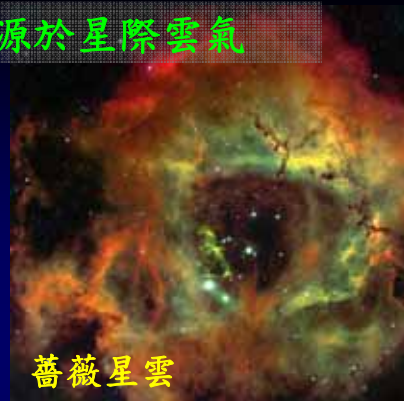
- 太陽、行星、衛星、  
• • •、灰塵、雲氣



## 恆星與行星源於星際雲氣



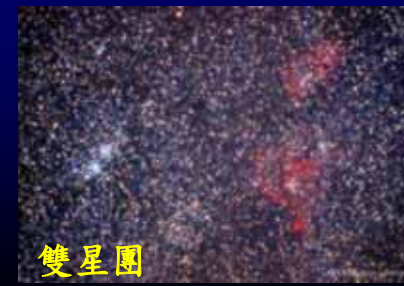
暗雲與初生星團



薔薇星雲



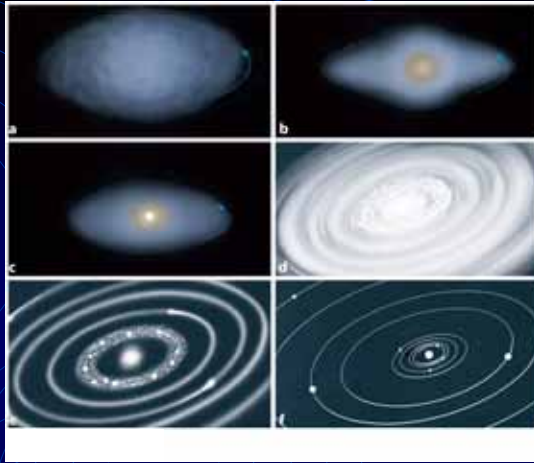
天鵝座



雙星團

### 理論：

旋轉的星際分子雲收縮，中央形成恆星，環星盤中形成行星、衛星、小行星、彗星等小天體



### 觀察太陽系

- ◆ 行星的公轉軌道幾乎在同平面
- ◆ 眾天體一致的自轉與公轉方向
- ◆ 依照遠近有系統的行星結構（類地、類木）
- ◆ 一致的年齡

## 地球 (Earth)

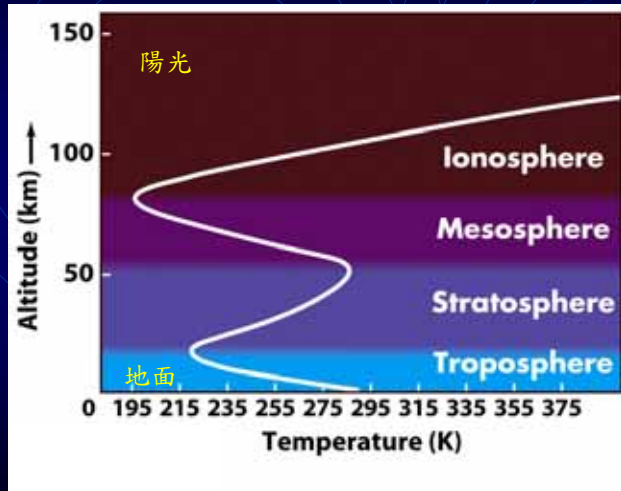
- 水的世界，孕育生命
- 活躍的地表（火山，地震等）
- 磁場與大氣層（80%氮 nitrogen, 20%氧 oxygen）的保護
- 我們的近鄰：永遠同一面的月球；潮汐  
如果沒有月球會如何？



$$[\text{Pressure}] = [\text{Force}] / [\text{Area}]$$

大氣壓力  
= 大氣的重量

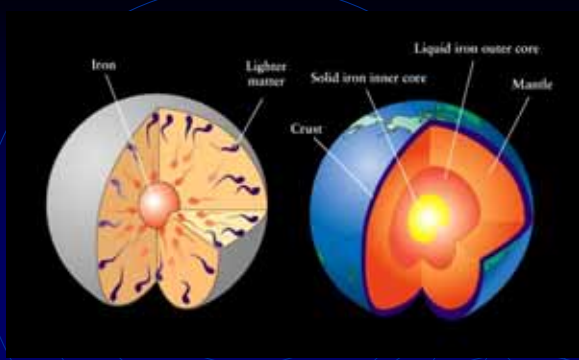
海拔  
(公里)



- 電離層
- 中氣層
- 同溫層
- 對流層

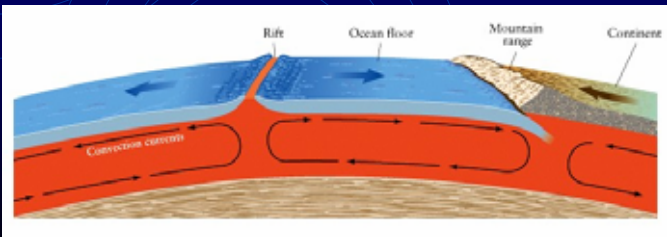
11-50 km  
臭氧層  
(保護層)

$$\text{溫度 (K)} = \text{攝氏} + 273$$



地球中央有個鐵  
鎳核心 (core)，  
外面包覆著岩石  
地函 (mantle)

地球內部對  
流造成板塊  
運動 (plate  
tectonics)





### 中洋脊

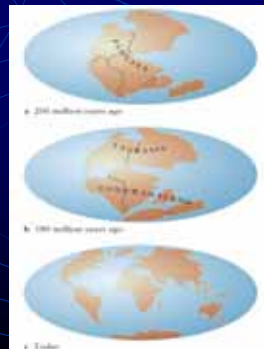
大西洋當中的海底山脈 (the Mid-Atlantic Ridge)，乃是地球內部岩漿冒出而成



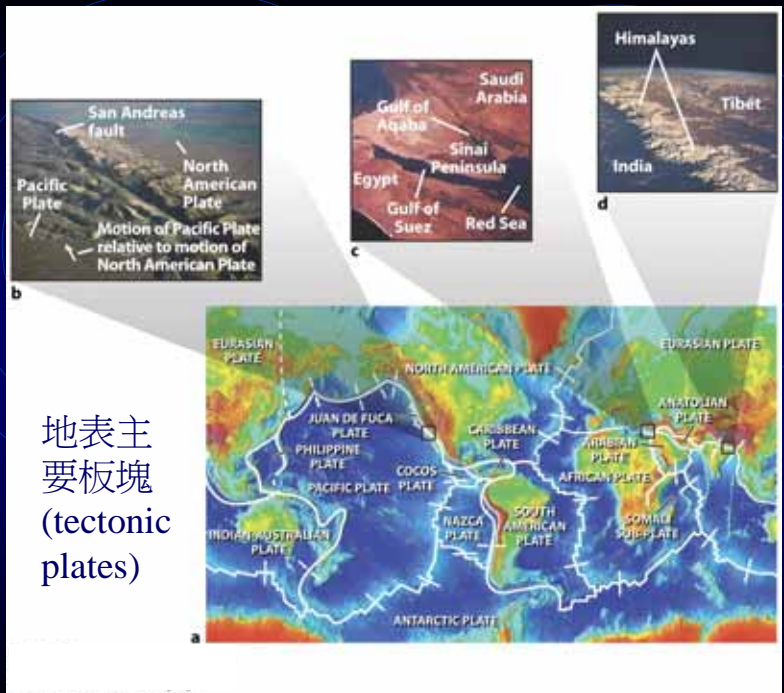
### 大陸邊緣吻合

→ 以前是連在一起的

Alfred Wegener：  
大陸飄移學說  
(continental drift)

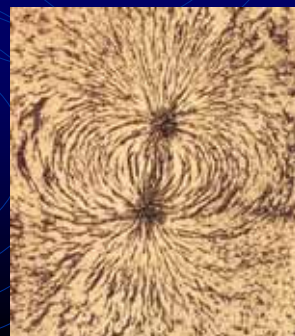
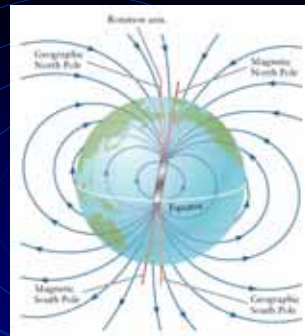


Pangaea  
盤古大地

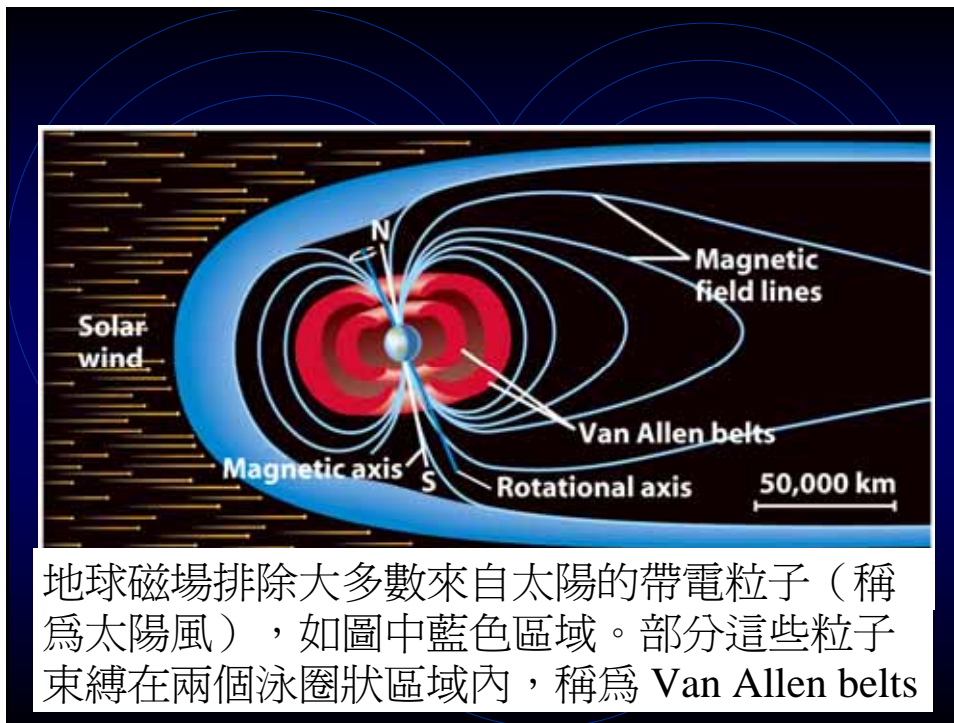


地表主要板塊 (tectonic plates)

極光 (aurora)

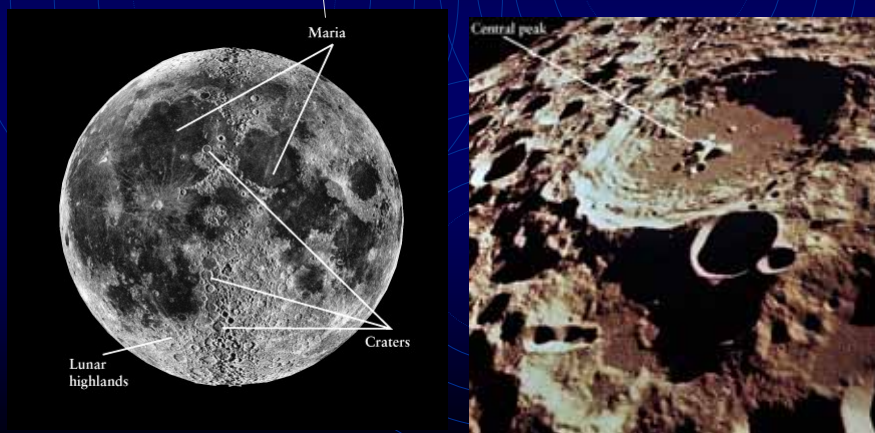


地球本身有磁場，保護地表與生物免於受太空帶電粒子（宇宙射線）的侵襲



## 月球 (Moon)

「月海」(mare) = 顏色灰暗；低窪地區；火山岩漿



Earth Moon

Earth Moon

Friction between the Earth and its oceans makes the Earth rotate more slowly

Forward pull on the moon makes it spiral outward

Spring tide

Neap tide

大潮

潮汐來自月球與太陽的萬有引力差

月球雖然小，但是距離地球近，影響較大

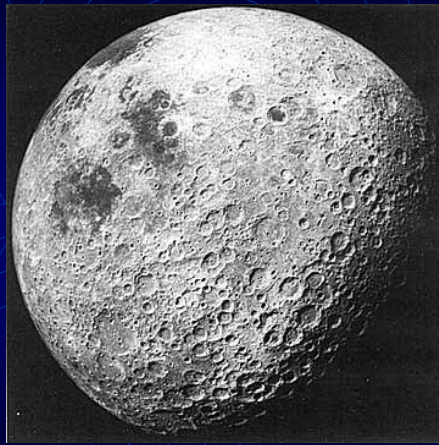
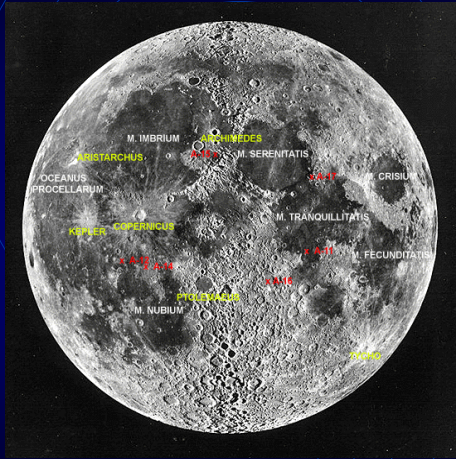
滿月、新月 → 大潮  
上弦、下弦 → 小潮

→ 月球遠離地球 3.8 cm/年、地球自轉減慢 0.001/世紀



## 我們看到的月球表面

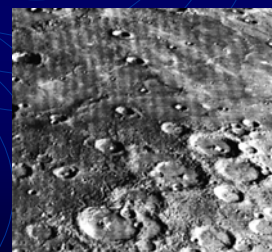
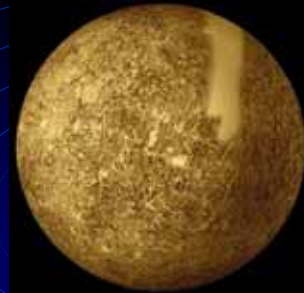
## 月球背面 (farside)



灰暗（低窪）區域比較少  
→ 高地居多

## 水星 (Mercury)

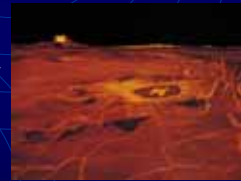
- 38% 地球半徑
- 隕石坑多（與月球很相像）
- 離太陽最近的行星
- 幾乎沒有大氣層 為什麼？  
少數氣體來自岩石擠壓，  
以及太陽風（主要是氫與氦）
- 日、夜溫差大  $350^{\circ}\text{C}$  to  $-170^{\circ}\text{C}$
- 太陽潮汐力（公轉 $88$ 天兩次，自轉 $58.7$ 天三次）



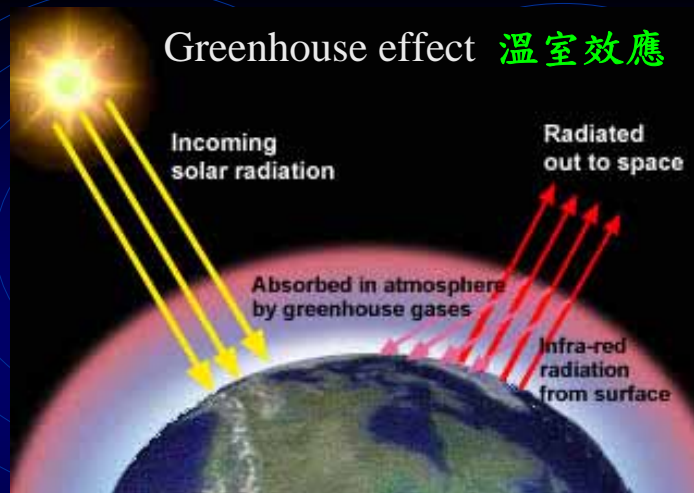


## 金星 (Venus)

- 凌晨，黃昏地平面上；耀眼
- 離地球最近的行星
- 沒有磁場
- 大小與地球相當；95% 地球半徑
- 自轉方向與其他行星相反
- 厚重的大氣
  - 嚴重的「**溫室效應**」(Greenhouse effect)
  - 表面溫度極高（太陽系中最熱的行星）
- 麥哲倫號發現曾經有火山（岩漿）活動

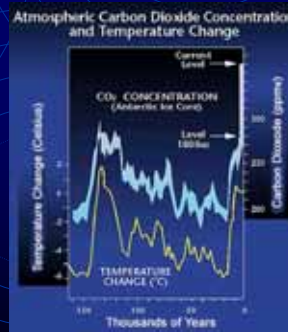
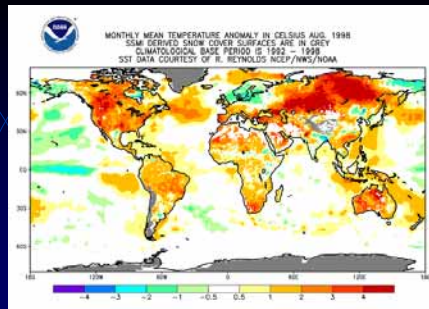


## Greenhouse effect 溫室效應



陽光（主要是可見光與紫外線）照射，地表受熱後輻射紅外線與微波，這些長波輻射容易被大氣分子吸收

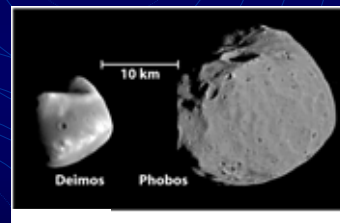
- 因為有溫室效應地球才有生命誕生
- 如果沒有 greenhouse effect，地球的平均溫度會低攝氏30度，也就不是現在的攝氏15度，而在冰點以下
- 但要是人類製造太多「溫室氣體」，使溫室效應惡化，便有全球暖化、氣候失調的危機



<http://www.tufts.edu/tie/tci/ClimateChange.html>

## 火星 (Mars)

- 53% 地球半徑
- 土壤及大氣中的氧化鐵（鐵鏽）→ 紅色外觀
- 自轉軸傾斜二十四度，有季節變化，兩極有冰（極帽）
- 火星人（運河）？
- 二顆小衛星（小於10公里），Phobos（‘fear’）及 Deimos（‘panic’）皆為不規則形狀，為攫獲之小行星

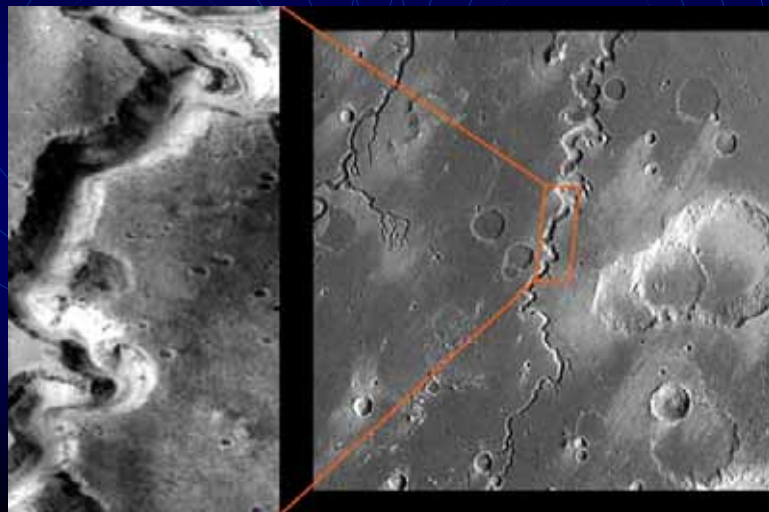


火星表面的奧林帕斯（火）山  
(Olympus Mons) 達24公里高



Q：地表最高的山矮得多，為什麼？

火星表面早年有大量流水



## 從 *Pathfinder* lander 看 *Sojourner*

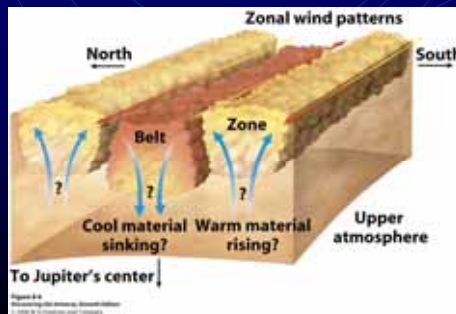
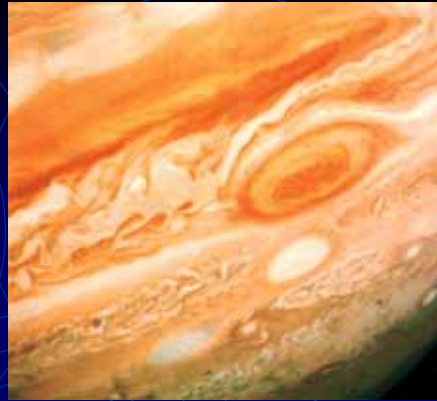


## 木星 (Jupiter)

- 太陽系最大行星  
(11.2 地球半徑；71% 行星物質；太陽千分之一)
- 彩色雲帶
- **大紅斑 (Great Red Spot)**  
乃表面風暴，至少已 300 年；較周遭冷、高；逆時鐘旋轉；約地球兩倍大小
- 大氣：氫，氦 內部：高壓；液態氫
- 自轉快，呈扁球狀
- 放出熱量為吸自太陽的兩倍，目前仍在收縮
- 有不明顯的環



平行於赤道的雲帶：  
上升、下沈氣流

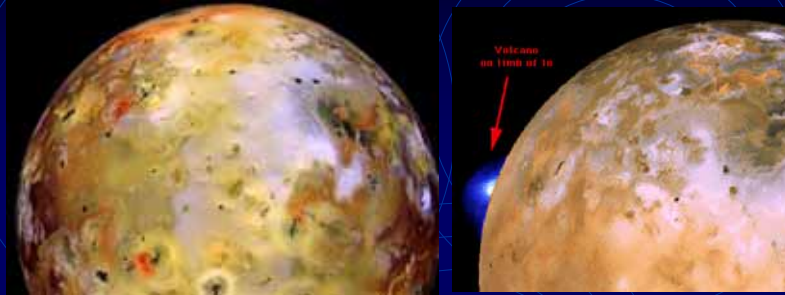


加利略發現的木星四顆衛星  
Io, Europa, Ganymede, Callisto

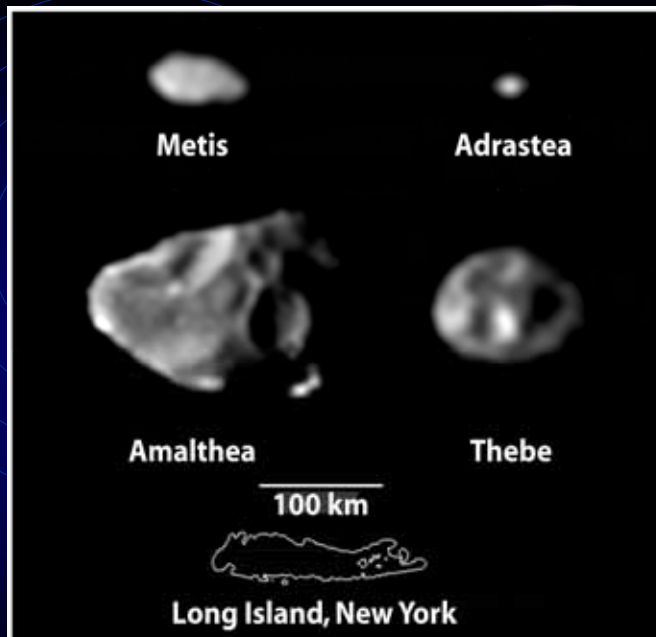
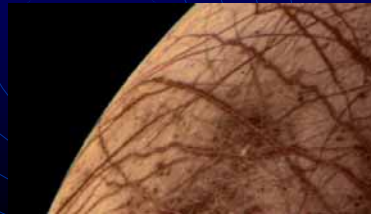


比水星還大

木星的衛星埃歐 (Io) 表面有火山活動，噴發大量硫化物



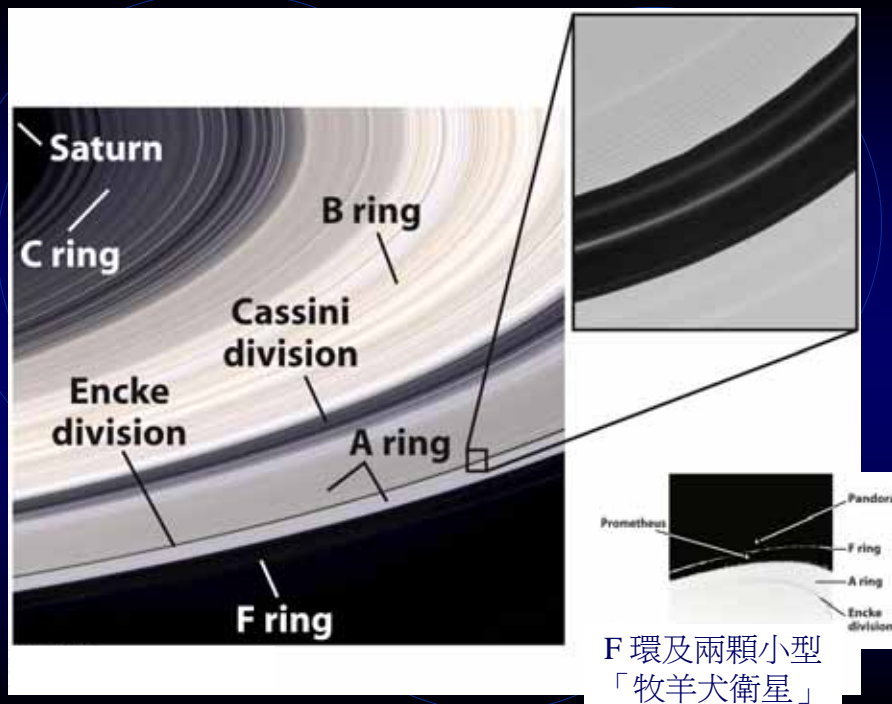
木星的衛星歐羅巴 (Europa) 表面有彩色裂痕，表層之下有水，甚至可能有海洋



木星內圍軌道的小型、不規則形狀衛星

## 土星 (Saturn)

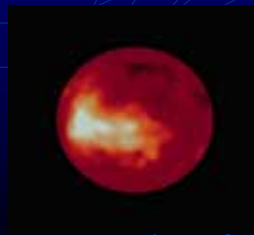
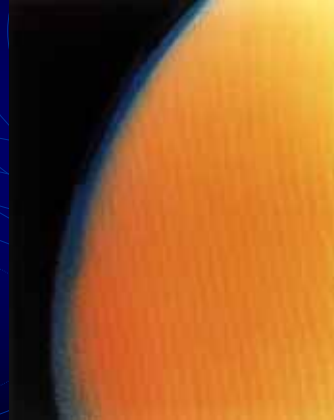
- 9.45 地球半徑
- 美麗炫目的光環，從地球觀看角度（時間）不同，光環呈現不同景觀
- 光環由無數小環組成，環寬而薄，成分為碎冰（水、阿摩尼亞、甲烷）
- 也有彩色雲帶，平均溫度 93K



F 環及兩顆小型「牧羊犬衛星」

## 泰坦 (Titan) —— 土星的衛星

擁有厚重的大氣層，充滿  
氮氣（97%）、甲烷，以  
及其他碳水化合物

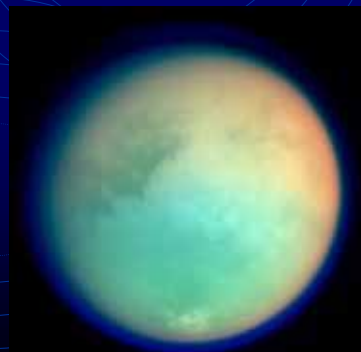
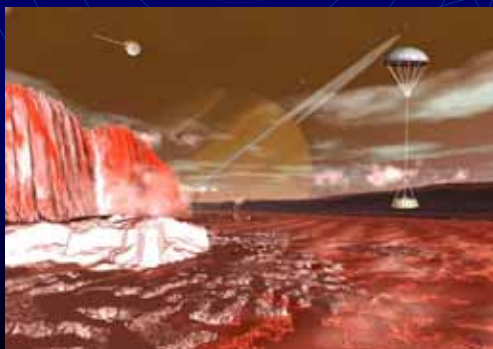


By HST  
in 1994

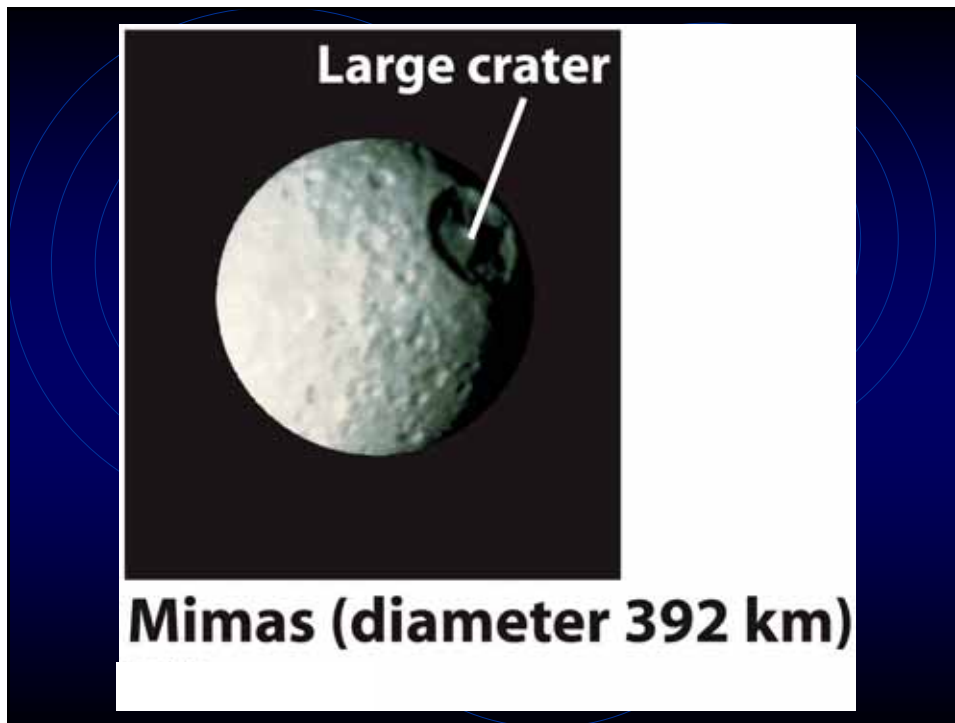
By Voyager 2



卡西尼任務：1997 年發射，2005 年抵達土星，  
釋放登陸艇到「泰坦」衛星

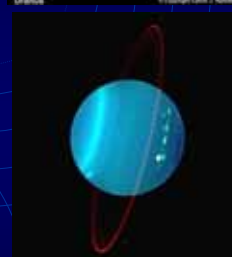






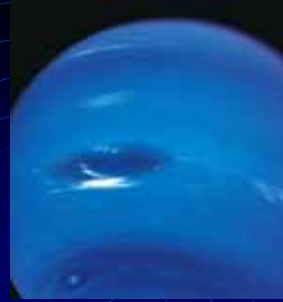
## 天王星 (Uranus)

- 3.88 地球半徑
- 1781年由William Herschel 以自製的望遠鏡（6.2吋）發現
- 自轉軸在公轉面上。原因未知，或許因為行星成形後經歷大撞擊造成
- 有環
- 看起來無彩色雲帶。



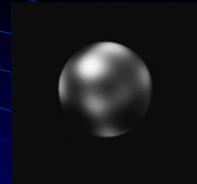
## 海王星 (Neptune)

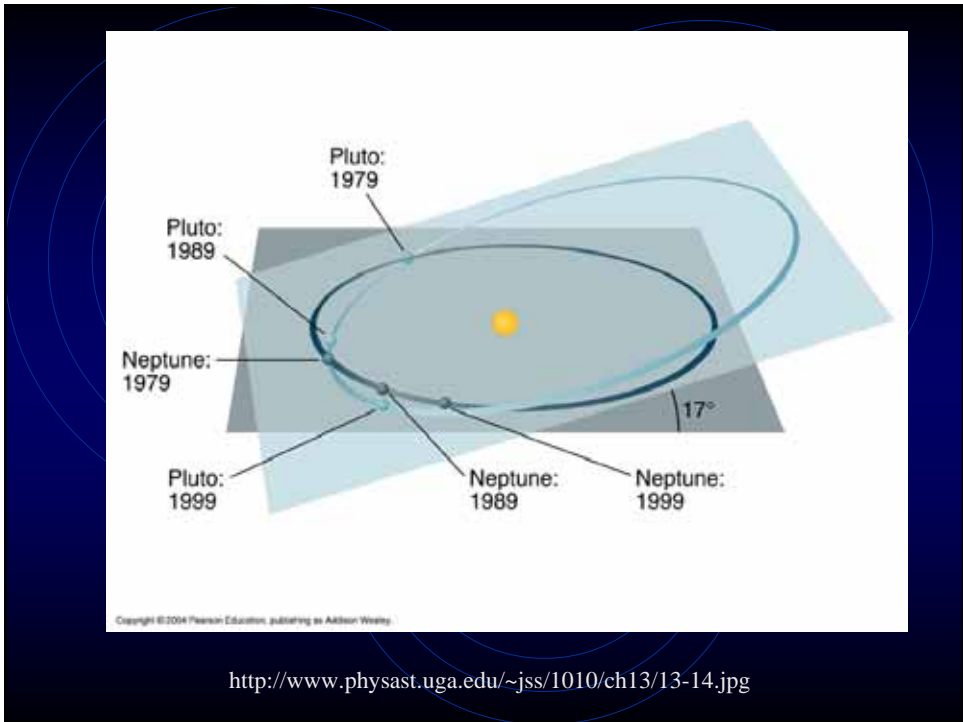
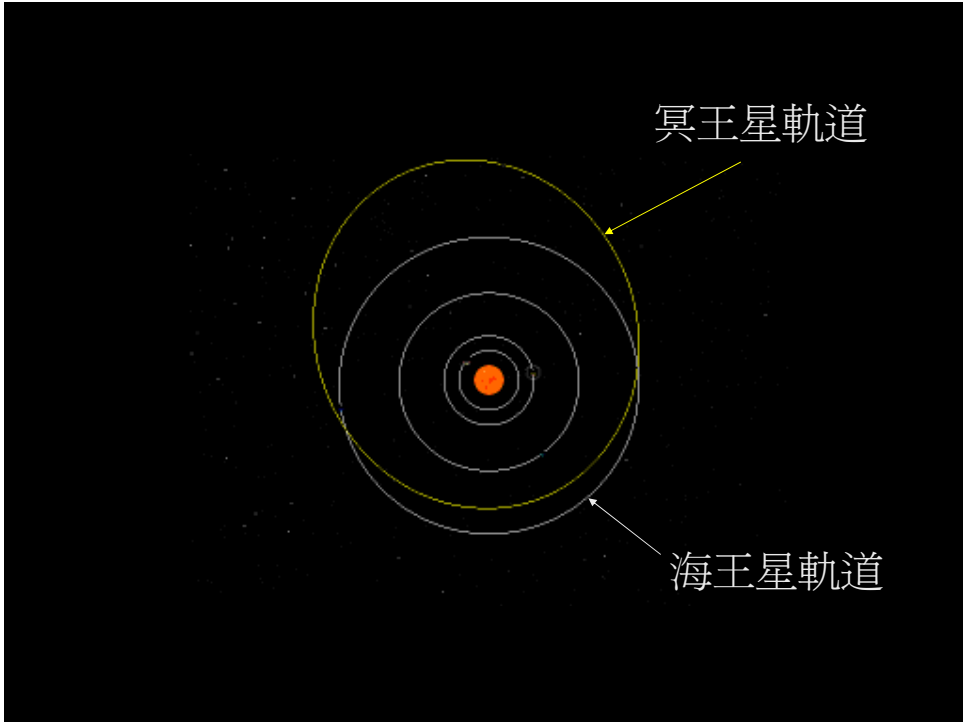
- 1846年法國 Leverrier 由天王星不規則的軌道推算出海王星位置，由 Galle 尋獲
- 之前於1845年由英國 Adams 已有類似預測，但是...
- 天王星的發現為牛頓力學的一大勝利
- 大暗斑。
- 有環（石塊而非冰塊）

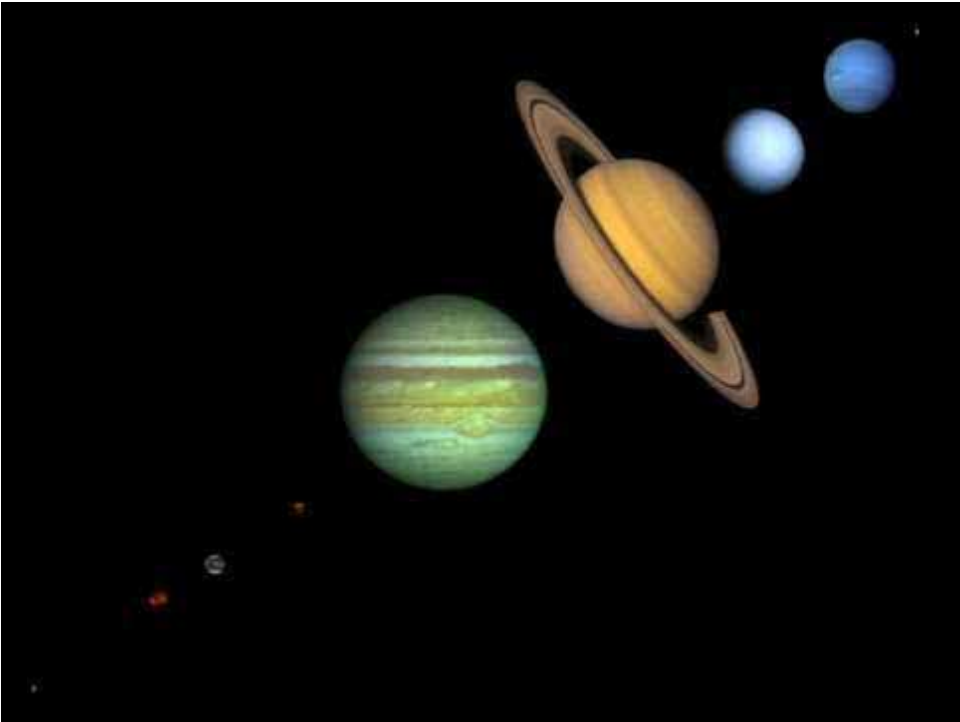
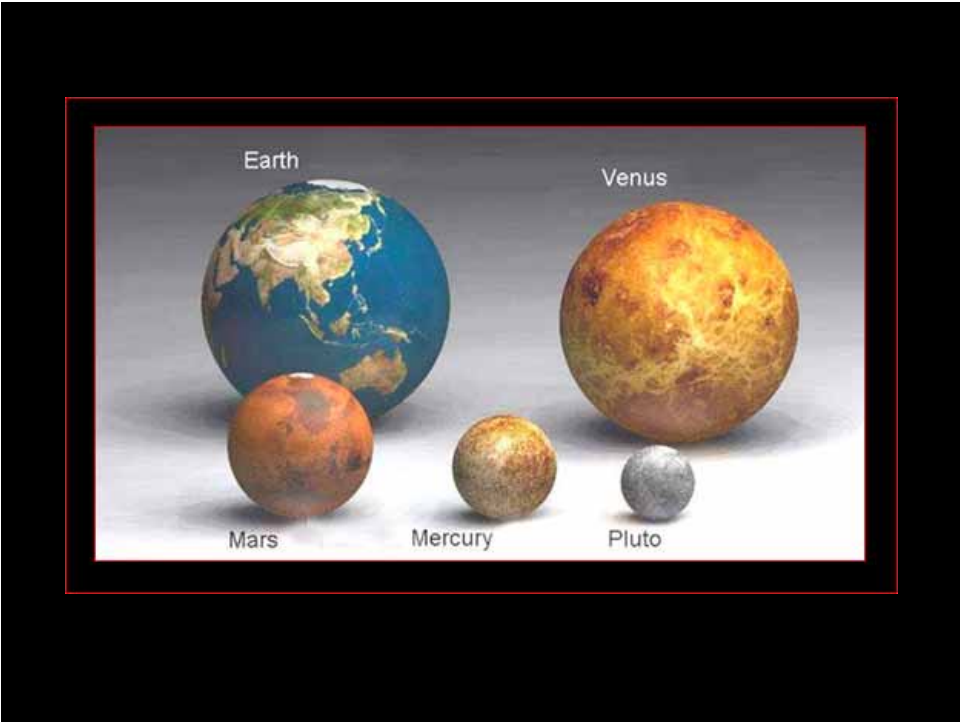


## 冥王星 (Pluto)

- 1930年Tombaugh 繼續 P. Lowell 未完志業，在 Lowell 天文台以海王軌道擾動尋找未知行星。乃幸運發現，因為 Lowell 預測未知行星應有7倍地球質量，但 Pluto 實際上只有0.002倍！根本不足以造成擾動
- 離心率大 → 橢圓軌道，有時（例如 1979 至 1999 年間）比海王星更接近太陽
- 公轉面與太陽系平面成17度
- 稀薄大氣，表面（！）為氮化物與甲烷冰層
- 與其他行星迥然不同





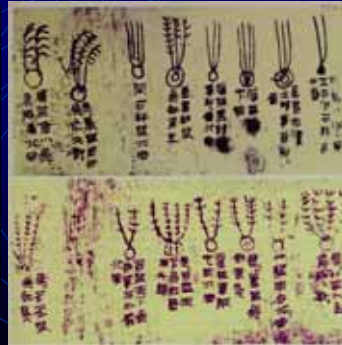




## 彗星 (comet)

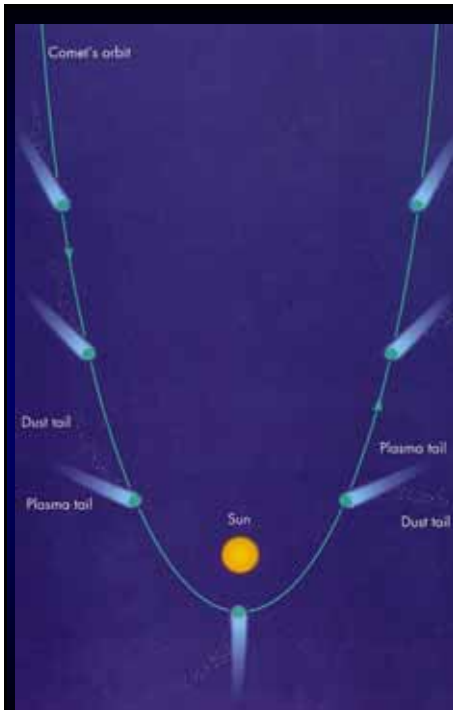


Halley's comet, first seen on the 24 April 1066, was considered a bad omen by the Saxons.



Thomas Nast, cartoon - "The Comet of Chinese Labor" (1870)

長沙馬王堆出土西漢帛畫中的彗星圖



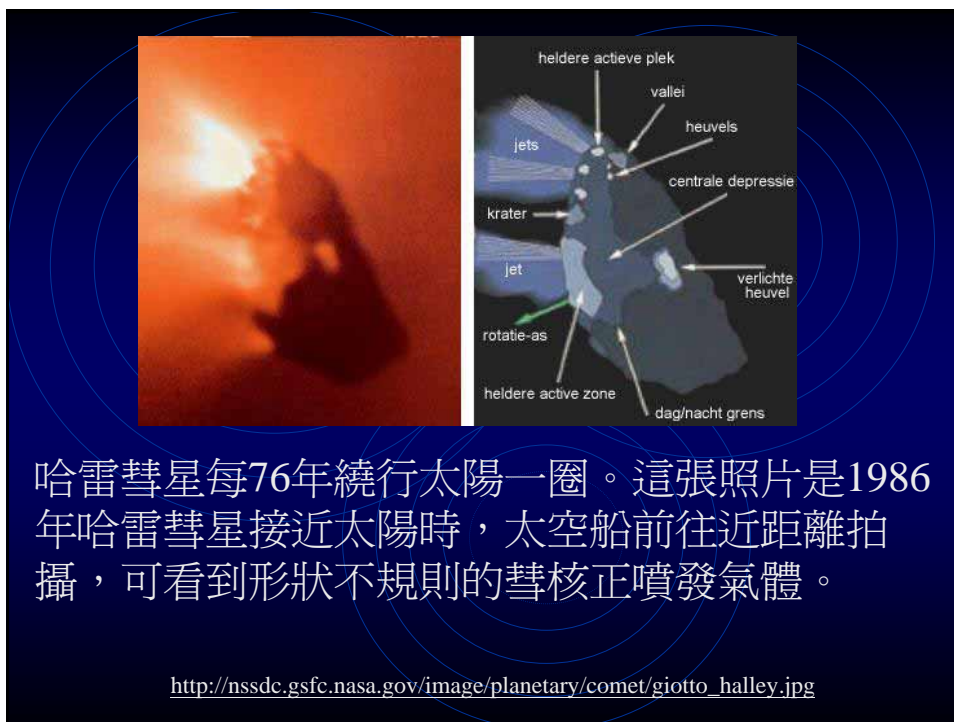
彗尾一定指向太陽的反方向

為什麼？

來自太陽的力量：

- 太陽風（帶電粒子）
- 輻射壓

冰體受熱 → 蒸發、昇華 → 彗星（現象）



哈雷彗星每76年繞行太陽一圈。這張照片是1986年哈雷彗星接近太陽時，太空船前往近距離拍攝，可看到形狀不規則的彗核正噴發氣體。

[http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/comet/giotto\\_halley.jpg](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/comet/giotto_halley.jpg)

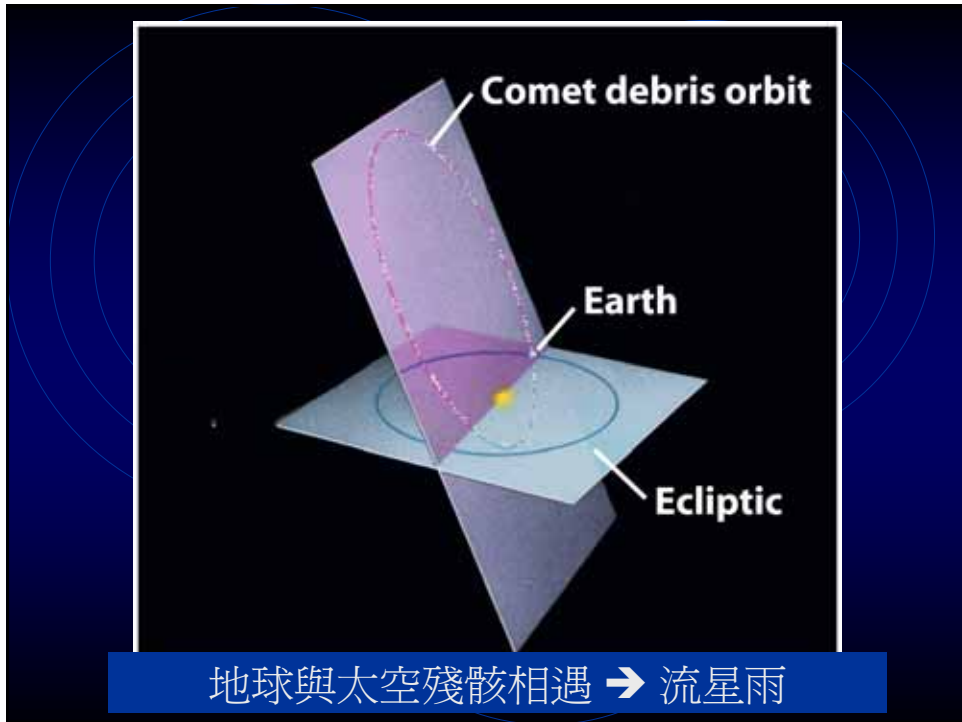
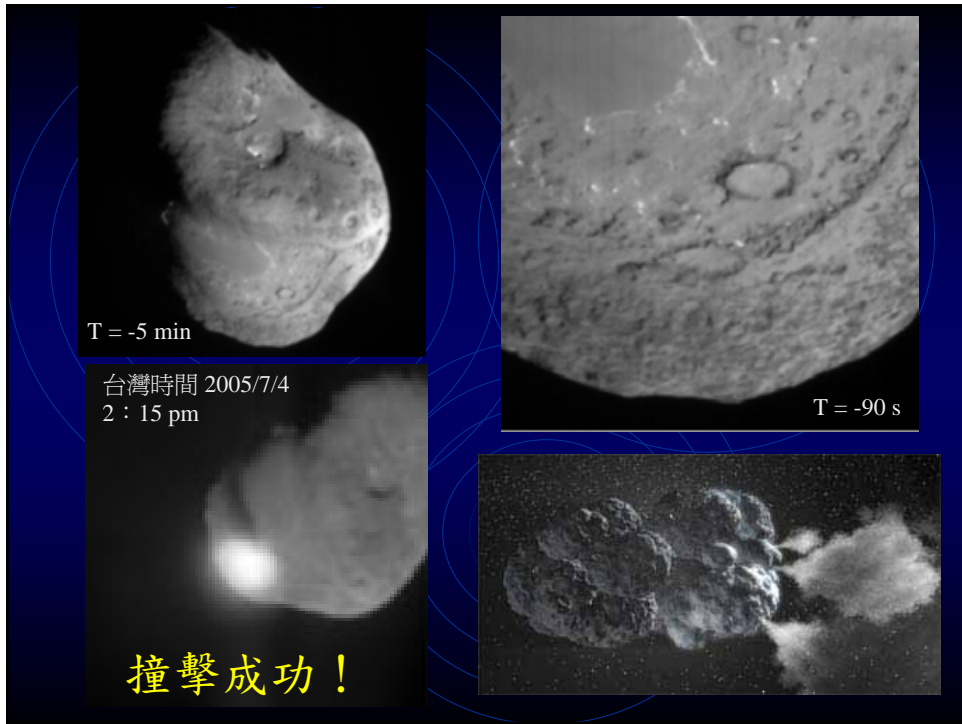


2005年1月發射

2005年7月4日抵達譚普一號 (Temple 1) 彗星，釋放370公斤子船「撞擊號」(impactor) 自行導引以時速36000公里撞向彗星。預期產生大小、深度達十幾公尺到幾十公尺的坑洞，藉此研究彗星表面塵埃、氣體噴出，以及內部結構。

母船「飛掠號」(flyby spacecraft) 撞擊後改變軌道，以500公里近距離觀察撞擊結果，並將結果傳回地面 NASA Deep Space Network







PROMINENT YEARLY METEOR SHOWERS			
Showers	Date of maximum intensity	Typical hourly rate	Constellation
Quadrantids	January 3	40	Boötes
Lyrids	April 22	15	Lyra
Eta Aquarids	May 4	20	Aquarius
Delta Aquarids	July 30	20	Aquarius
Perseids	August 12	80	Perseus
Orionids	October 21	20	Orion
Taurids	November 4	15	Taurus
Leonids	November 16	15	Leo Major
Geminids	December 13	50	Gemini
Ursids	December 22	15	Ursa Minor

一年當中知名的流星雨

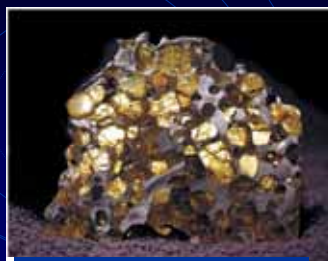
## 小行星 (asteroid; minor planet)



Stony meteorite



Iron meteorite



Stony-iron meteorite



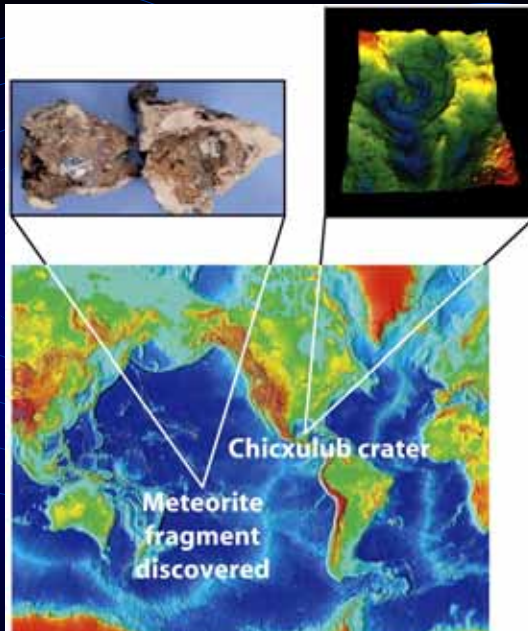
落於墨西哥之Allende meteorite

切開後

球粒 chondrules



1998年在太平洋當中尋獲之隕石，咸信是6500萬年前撞擊 Yucatán Peninsula 的碎片



利用重力異常起伏測得之地底結構

6500萬年前造成生物大滅絕的天體撞擊地點