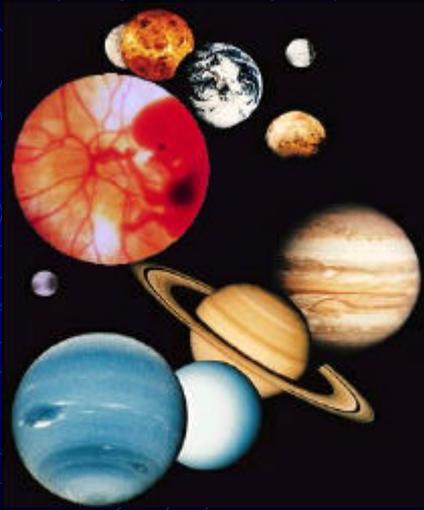
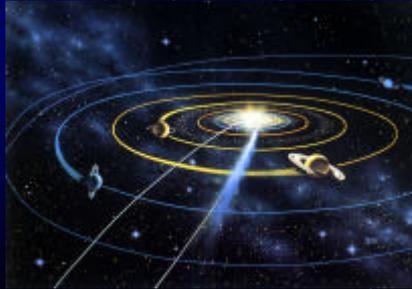


太陽系

- 太陽、行星、衛星、
、灰塵、雲氣



星星之間有極寬廣的空間
但是 太空 真空
日常空氣每cc約含 10^{19} 個分子
星際太空每cc約含 1 個分子



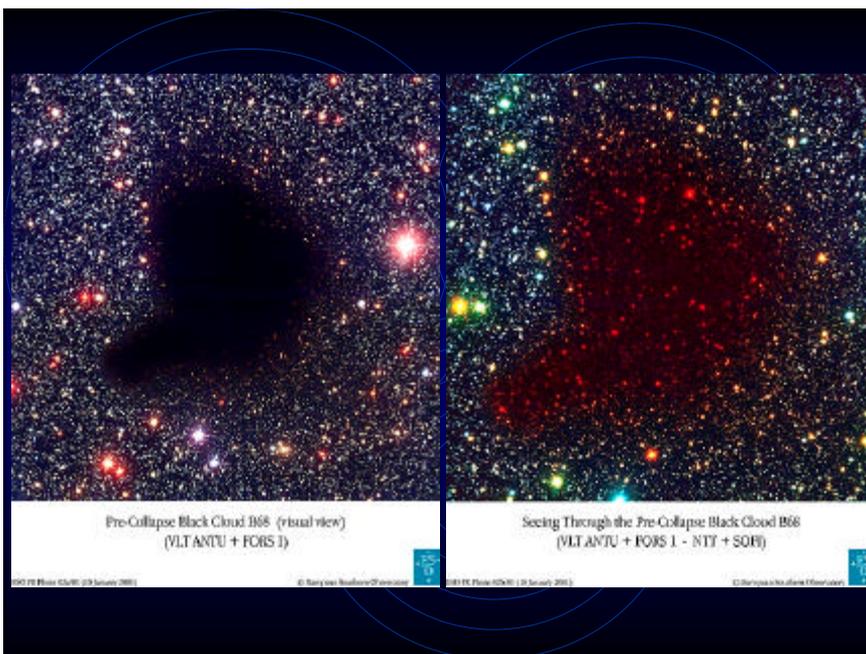
星際暗雲 收縮
初生星球 + 扁盤 + 剩下的環繞塵氣
旋轉

溫度上升、塵消氣散

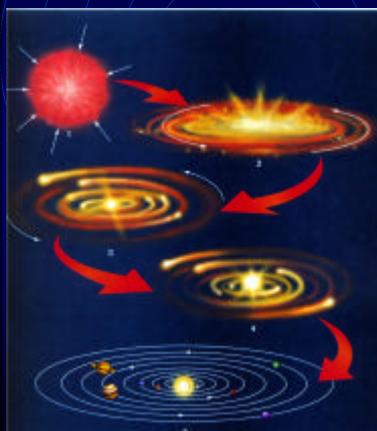
年輕的太陽 + 盤狀物質



星際塵埃 塵塊 小行星 行星



太陽（恆星）與行星皆來自 星際雲氣收縮



其他恆星周圍有
盤狀結構
→ 正形成行星？



初生恆星

環星盤

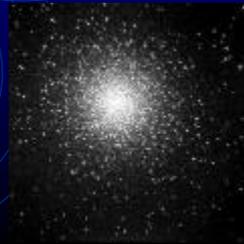


行星和太陽是差不多同時期產生的

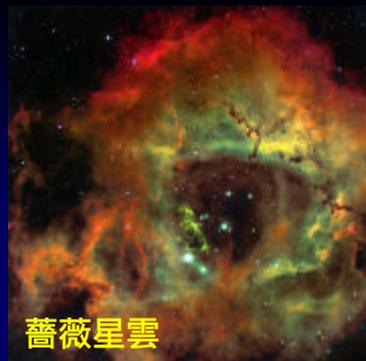
- 行星系統是恆星形成過程的副產品
→ 很多恆星周圍可能都有行星
- 這當中，有些可能適於生命發萌
但不一定就會出現



- 若雲氣夠大 分裂成小雲塊
- 分別形成恆星 星團
- 兩顆星互繞在一起 雙星



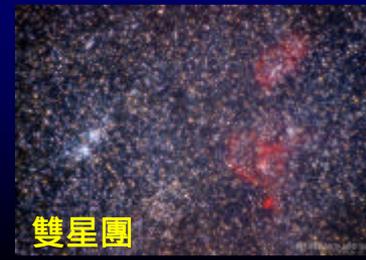
暗雲與初生星團



薔薇星雲



天鵝座



雙星團

太陽系中的各式天體

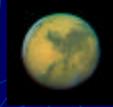
雲氣收縮、中央溫度升高、點燃核子反應

太陽

雲氣縮成扁盤狀、盤中灰塵凝集

小行星

繼續凝集 行星



旁邊扁盤中的灰塵凝集 衛星

不成形的 外行星的環



不成形的

留在原地，例如小行星帶

被拋到遠方 彗星核/小行星

不小心進入太陽系內圍 彗星



槍林彈雨的太空

- 剩下的大小碎渣在太空中遊走，四處亂撞，地球也不倖免



- 萬一撞到了

如沙粒般的碎渣掉入大氣 流星

地球撞向彗星留在軌道上的殘渣 流星雨

大一點的如小石，燃燒剩餘部分落到地面 隕石

- 再大一點的呢？



恆星璀璨多姿的一生

耀眼
壽命短



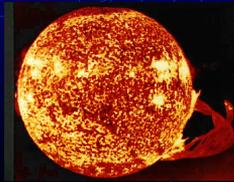
雲氣收縮 分裂 各自
形成恆星 星團

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



我們真
該慶幸

平庸
壽命長



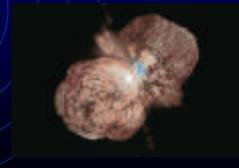
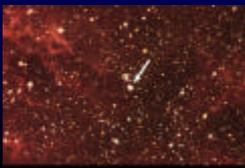
活生生的天體

恆星靠中心的核反應發光，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，將豐富複雜
元素回歸星際太空

→ 下一代的星球



各式各樣的行星

- 離母恆星距離近 熱；距離遠 冷
- 行星質量愈大 愈抓得住（輕的）氣體
 - ↳ 靠外圍的木星、土星、天王星、海王星
質量大、體積大、主要是氣體、沒有陸地
→ 類木行星
 - ↳ 內圍的水星、金星、地球（+月球）、火星
質量小、體積小、主要是岩石、有陸地
→ 類地行星

<http://www.seds.org/nineplanets/> 有豐富圖片與行星資料

1. 課外教學：參訪台北天文館

- 12/3 (?) 星期六上午
- 8 am 中興巴士從中大「依仁堂」（體育館）2路公車站開車；車資每人 \$ 50
- 預計於9點前抵達
- 參覽「展示館」（有學習單）
- 參覽觀測室（望遠鏡）
- 其他劇場...

2. 下週停課



地球 (Earth)

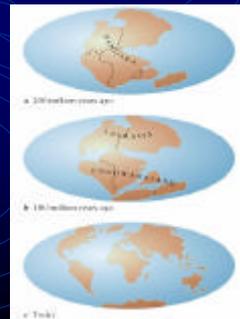
- 水的世界，孕育生命
- 活躍的地表（火山，地震等）
- 磁場與大氣層（80%氮 nitrogen, 20%氧 oxygen）的保護
- 我們的近鄰：永遠同一面的月球；潮汐
如果沒有月球會如何？

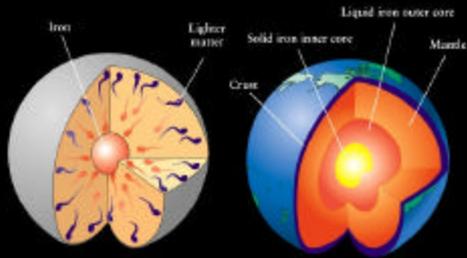


大陸邊緣吻合

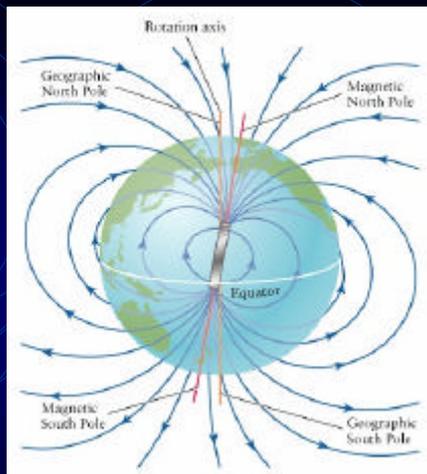
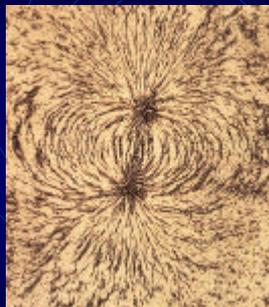
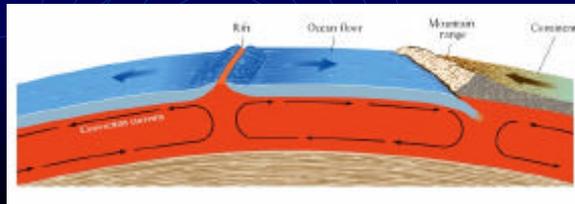
→ 以前是連在一起的

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





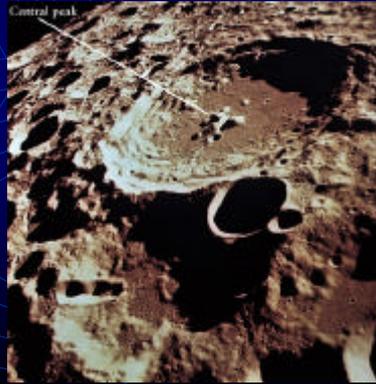
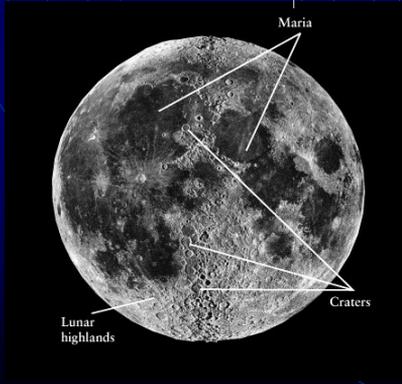
地球中央有個鐵鎳核心



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



The bottom section contains several diagrams illustrating tidal forces and cycles. On the left, a diagram shows Earth with tidal bulges and the Moon's position. On the right, a diagram shows Earth with tidal bulges and the Moon's position. Below these are two diagrams illustrating tidal cycles: 'Spring tide' and 'Neap tide'. The 'Spring tide' diagram shows the Sun, Earth, and Moon in a straight line, with the text 'Friction between the Earth and its oceans makes the Earth rotate more slowly'. The 'Neap tide' diagram shows the Sun, Earth, and Moon at a right angle, with the text 'Forward pull on the ocean makes it spiral outward'. To the right of these diagrams is a large text block explaining the origin of tides and their relationship to the Moon and Sun.

潮汐來自月球與太陽的萬有引力差

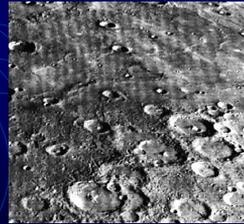
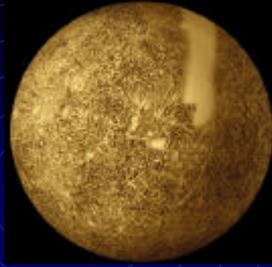
月球雖然小，但是距離地球近，影響較大

滿月、新月 → 大潮

上弦、下弦 → 小潮

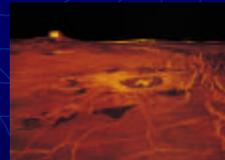
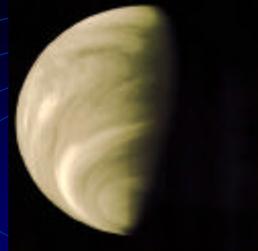
水星 (Mercury)

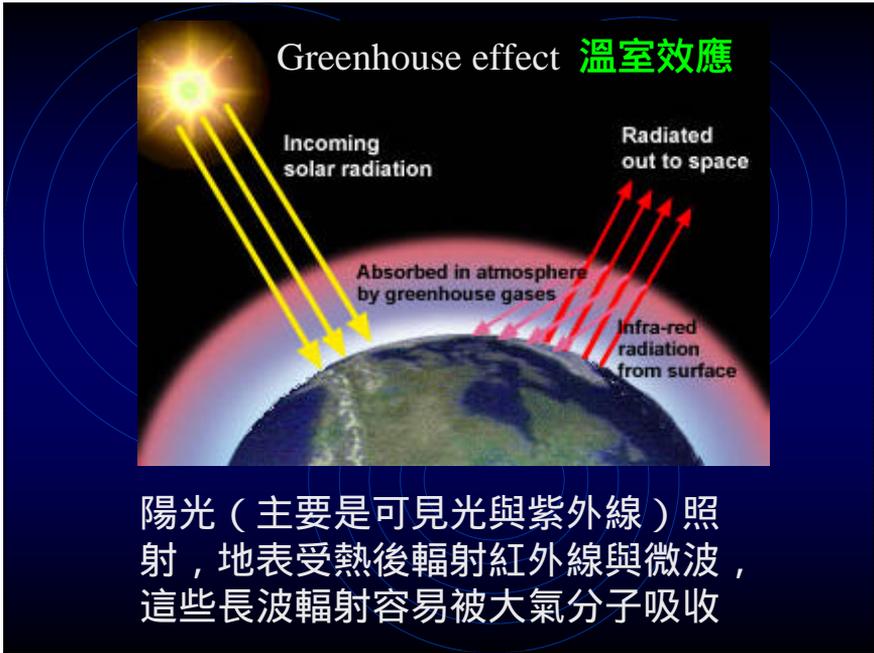
- 隕石坑多 (與月球很相像)
- 離太陽最近的行星
- 幾乎沒有大氣層 為什麼?
少數氣體來自岩石擠壓,
以及太陽風 (主要是氫與氦)
- 日、夜溫差大
- 太陽潮汐力 (公轉兩次, 自轉三次)



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
- 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





- 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

MONTHLY MEAN TEMPERATURE ANOMALY IN CELSIUS AUG. 1998
SSM DERIVED SNOW COVER SURFACES ARE IN GREY
CLIMATOLOGICAL BASE PERIOD IS 1952 - 1998
SST DATA COURTESY OF R. REYNOLDS NCEP/NCAR/NOAA

Atmospheric Carbon Dioxide Concentration and Temperature Change

CO₂ CONCENTRATION (Antarctic Ice Core)

TEMPERATURE CHANGE (°C)

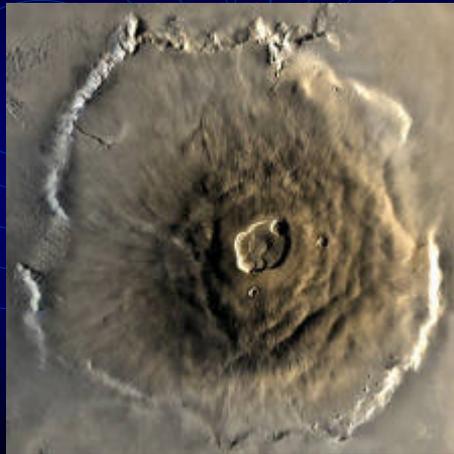
Thousands of Years

火星 (Mars)

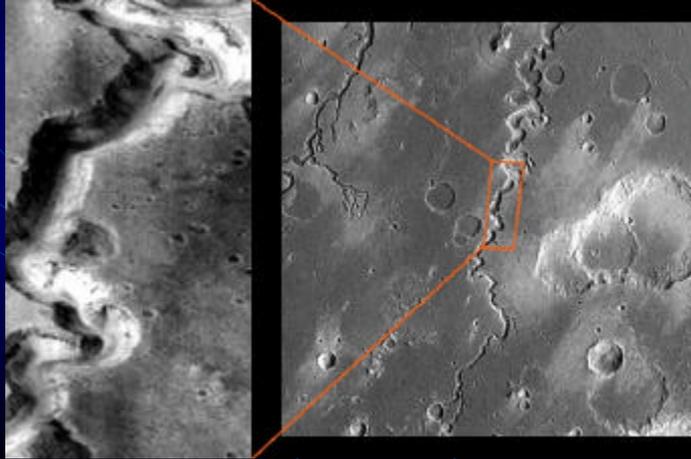
- 土壤及大氣中的氧化鐵（鐵鏽）→ 紅色外觀
- 自轉軸傾斜二十四度，有季節變化，兩極有冰（極帽）
- 火星人（運河）？
- 二顆小衛星（小於10公里），Phobos（‘fear’）及 Deimos（‘panic’）皆為不規則形狀，為攫獲之小行星



火星表面的奧林帕斯（火）山 (Olympus Mons) 達24公里高



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 (71%行星物質；太陽的千分之一)
- 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
- 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



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



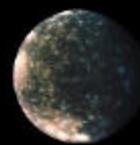
Io



Europa

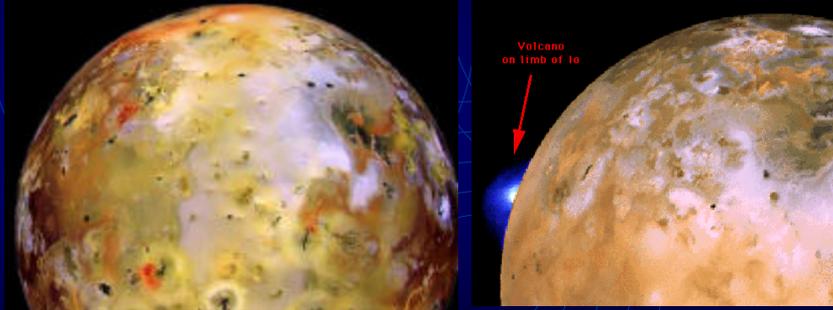


Ganymede

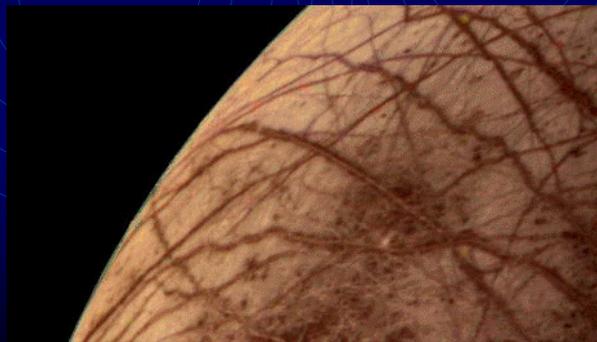


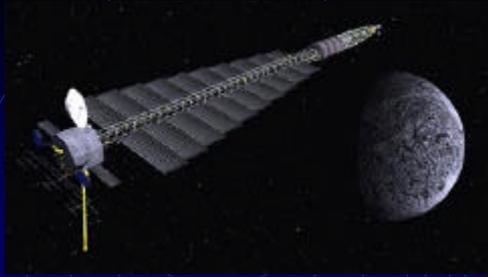
Callisto

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



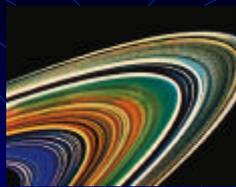


NASA 規劃
2011 年以後發
射 Jupiter Icy
Moons Orbiter

利用 cryobot/hydrobot 穿
越 Europa 的冰層後，會
看到這樣的光景嗎？——→



土星 (Saturn)



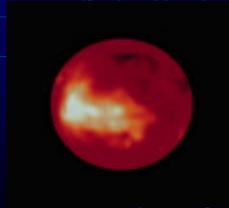
- 美麗炫目的光環，從地球觀看角度（時間）不同，光環呈現不同景觀
- 光環由無數小環組成，環寬而薄，成分為碎冰（水、阿摩尼亞、甲烷）
- 也有彩色雲帶



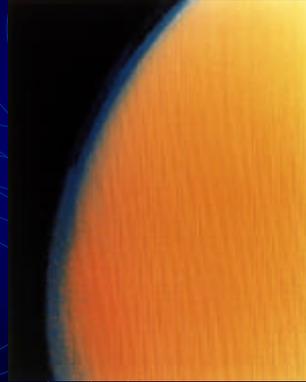
泰坦 (Titan)

擁有厚重的大氣層，充滿氮氣（90%）、甲烷，以及其他碳水化合物

By HST
in 1994



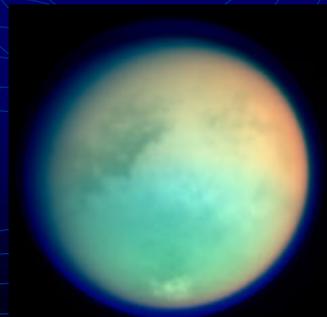
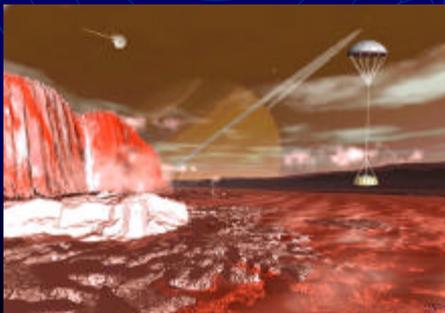
土星的衛星



By Voyager 2

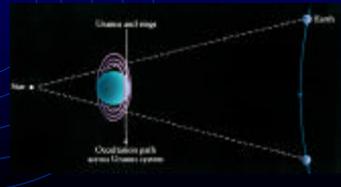
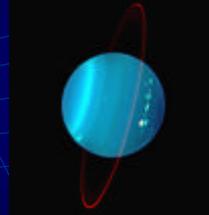
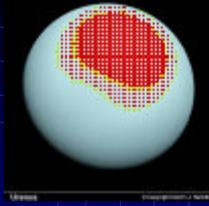


卡西尼任務：1997年發射，2005年抵達土星，釋放登陸艇到「泰坦」衛星



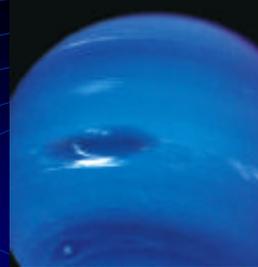
天王星 (Uranus)

- 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。

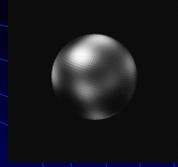


海王星 (Neptune)

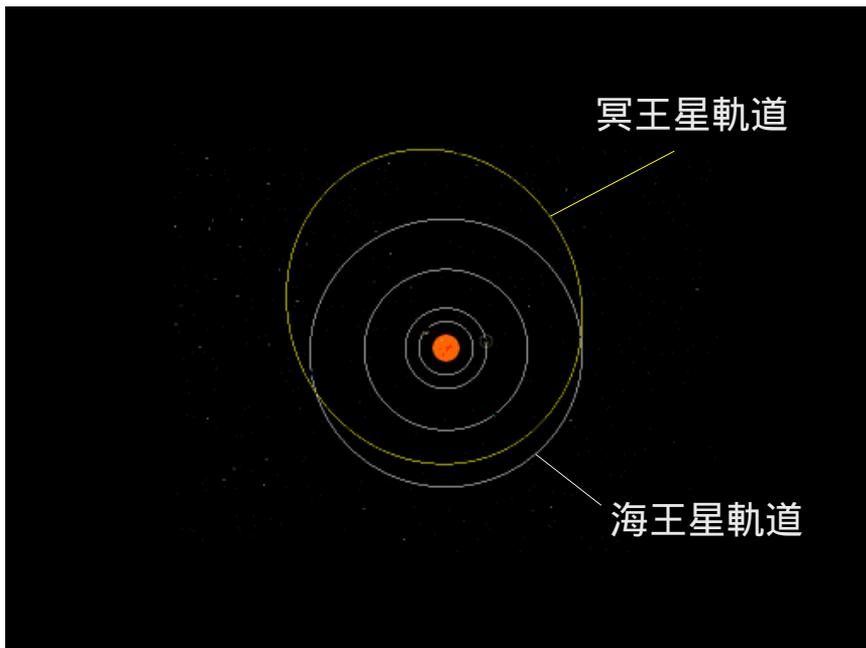
- 1846年法國 Leverrier 由天王星不規則的軌道推算出海王星位置，由 Galle 尋獲
- 之前於1845年由英國 Adams 已有類似預測，但是...
- 天王星的發現為牛頓力學的一大勝利
- 大暗斑。
- 有環（石塊而非冰塊）

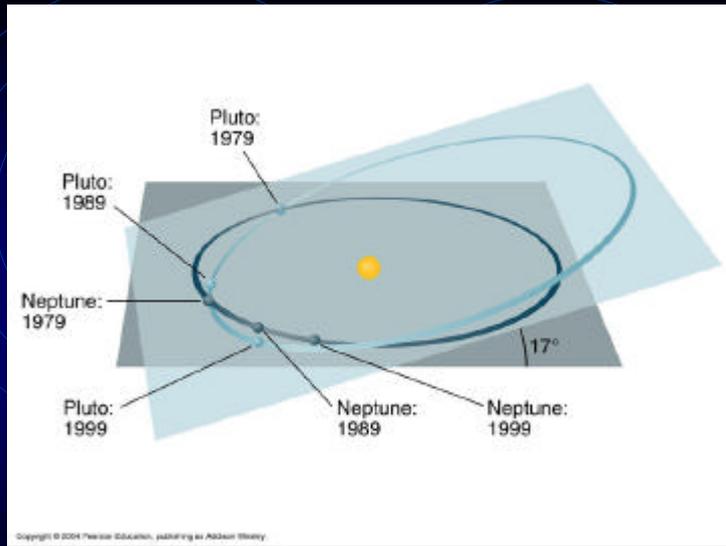


冥王星 (Pluto)



- 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
- 行星中的異數





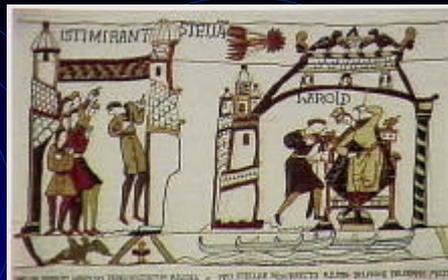
<http://www.physast.uga.edu/~jss/1010/ch13/13-14.jpg>



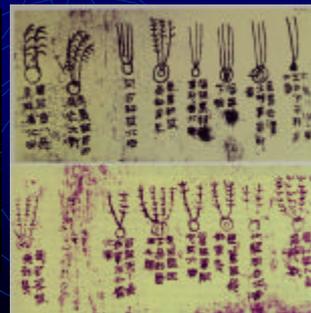
彗星 (comet)



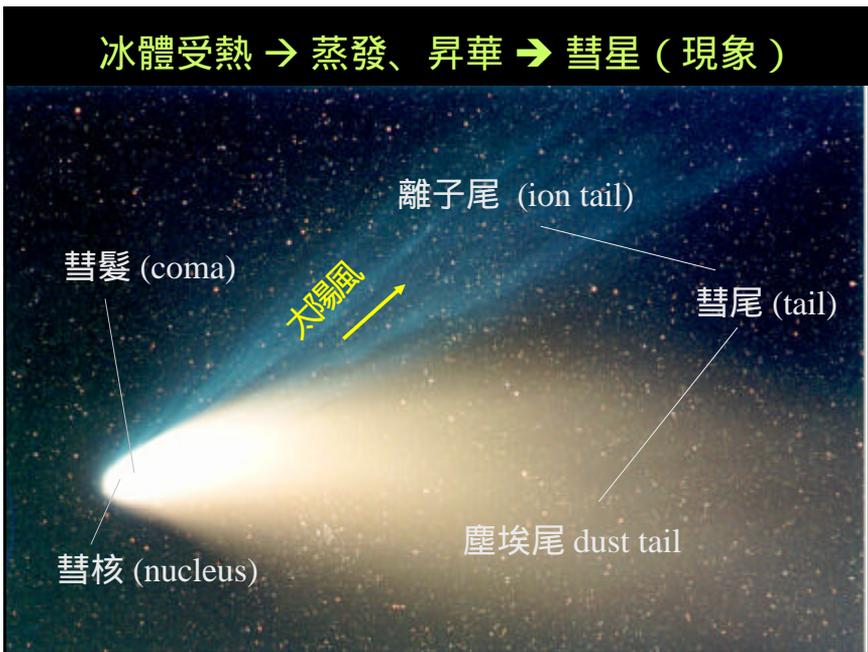
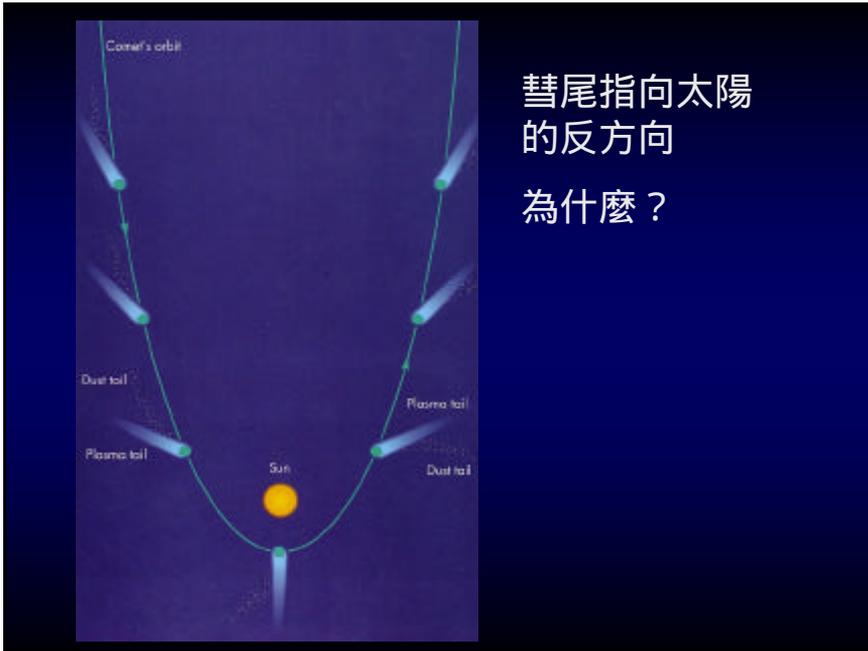
Halley's comet, first seen on the 24 April 1066, was considered a bad omen by the Saxons.

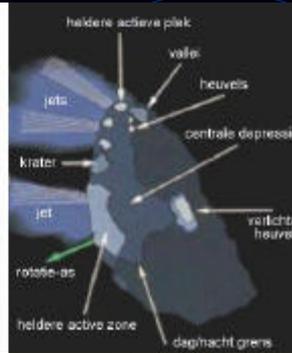


Thomas Nast, cartoon - "The Comet of Chinese Labor" (1870)



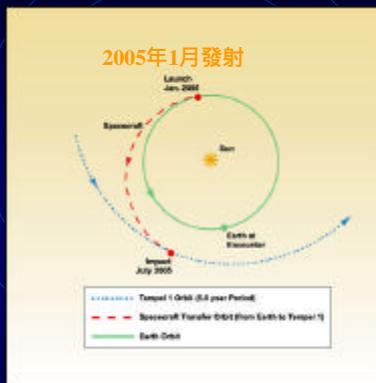
長沙馬王堆出土西漢帛畫中的彗星圖





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。

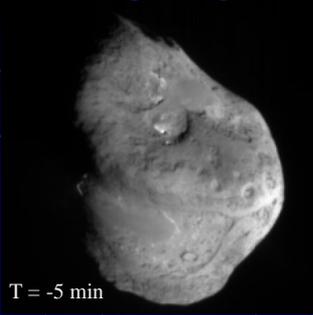
http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/comet/giotto_halley.jpg



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





T = -5 min

台灣時間 2005/7/4
2 : 15 pm



T = -90 s



撞擊成功！

