

# 太陽系走一遭

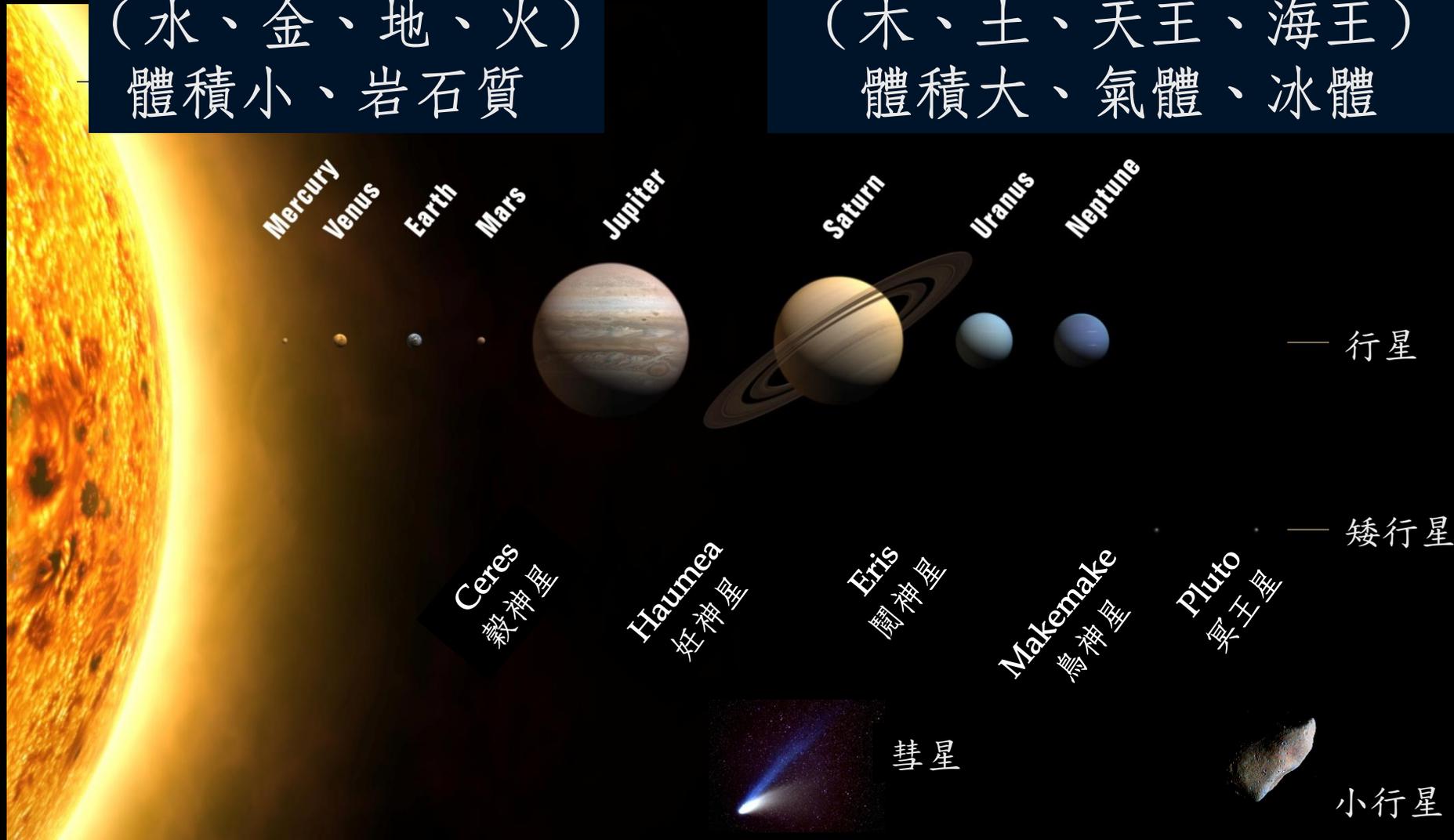


DSeal

# 太陽系家族之「巨口名簿」

靠內部的行星  
(水、金、地、火)  
體積小、岩石質

靠外部的行星  
(木、土、天王、海王)  
體積大、氣體、冰體

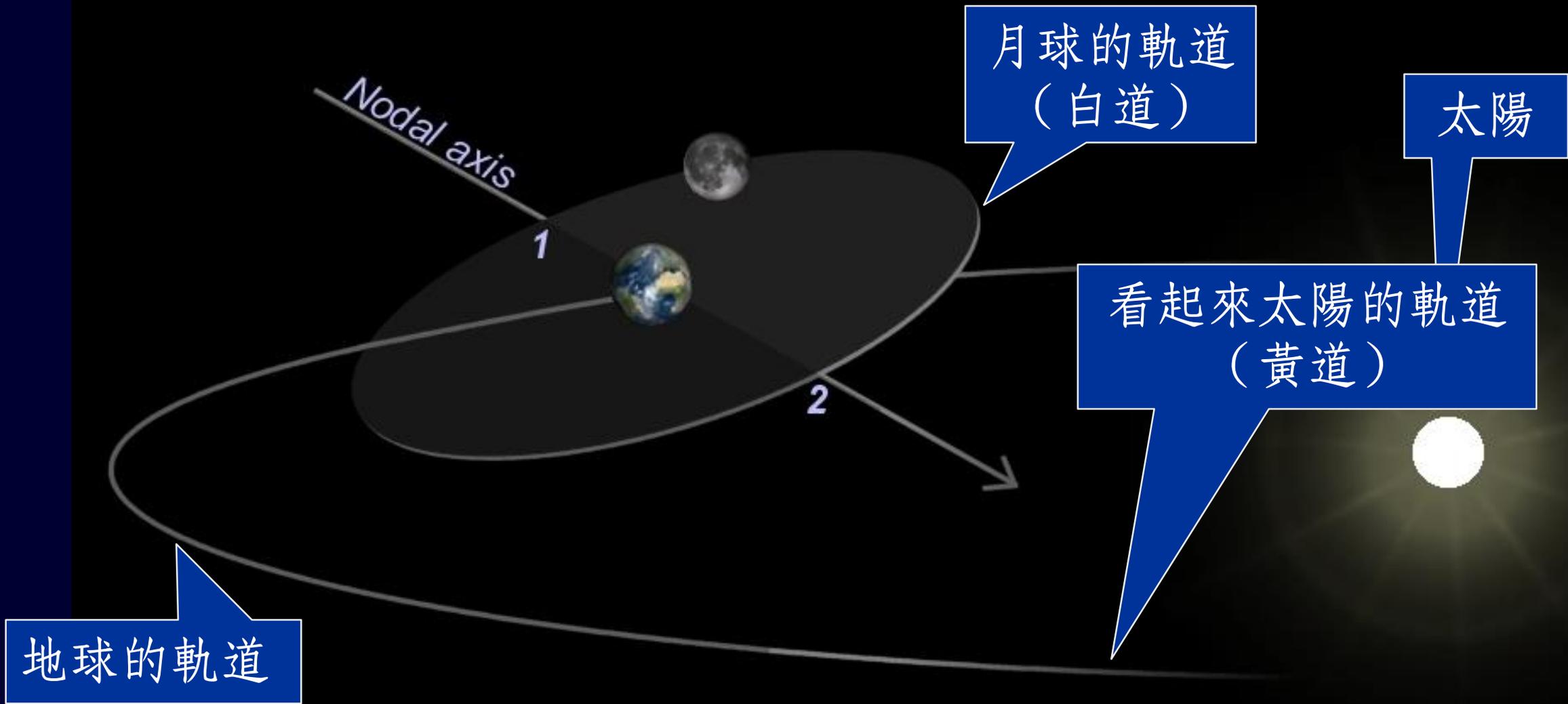


八顆

五顆  
(IAU認可)

百萬顆



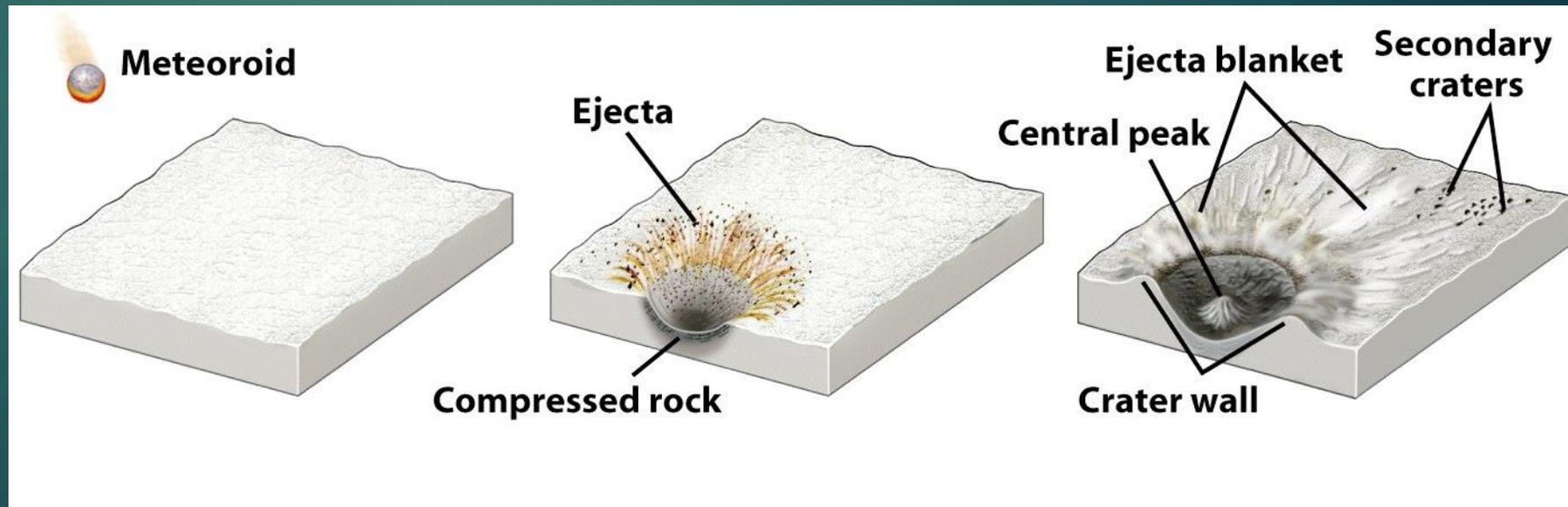
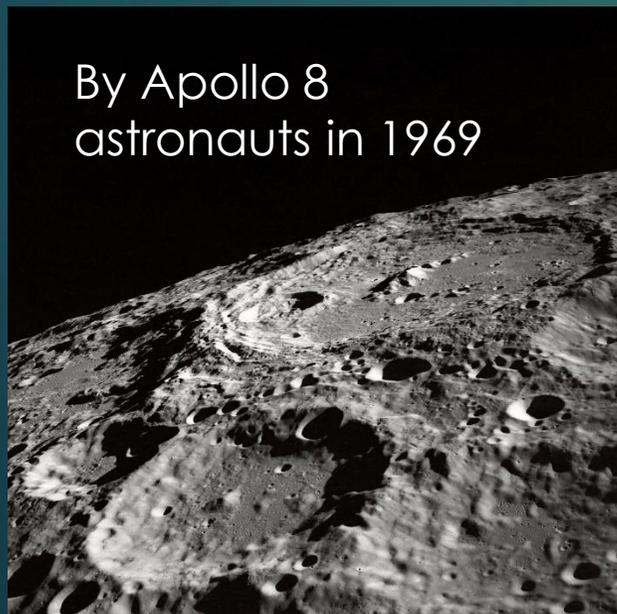


地球繞著太陽 月球繞著地球  
(其實都是互繞)

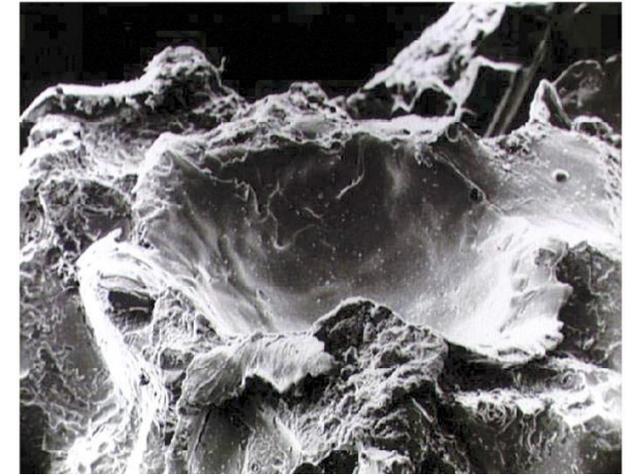


從地球使用望遠鏡可看到超過 3 萬個隕石坑，一般大型隕石坑以天文學家、物理學家、數學家、哲學家命名，例如刻卜勒、哥白尼、畢達哥拉斯 (Pythagoras)、柏拉圖 (Plato)、亞里斯多德 (Aristotle)

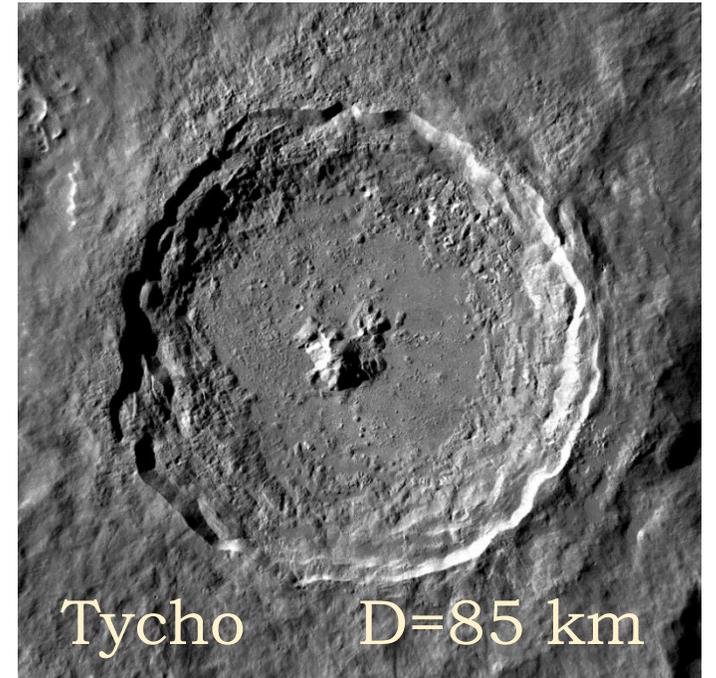
By Apollo 8 astronauts in 1969



Q： 隕星體有大、有小，有各種形狀，  
且從不同方向撞擊月面，那隕坑為何  
都是圓形呢？

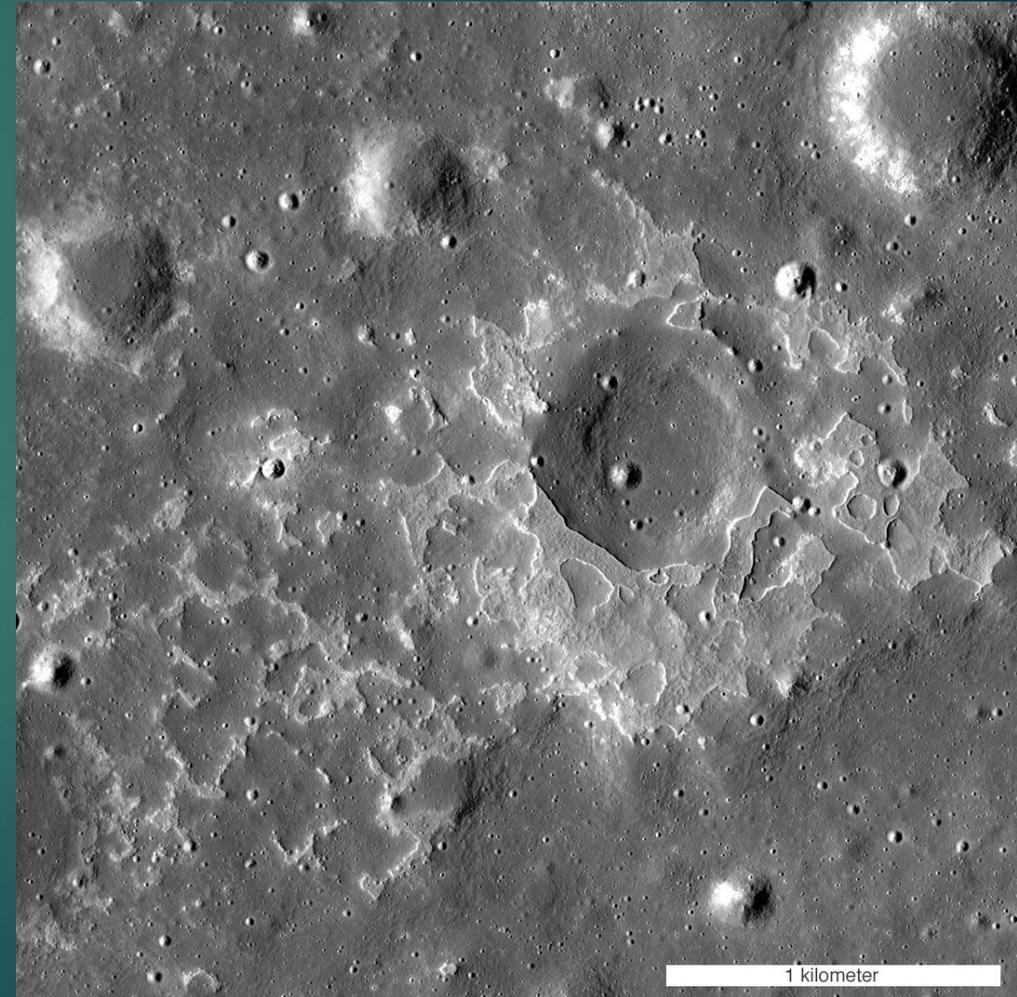
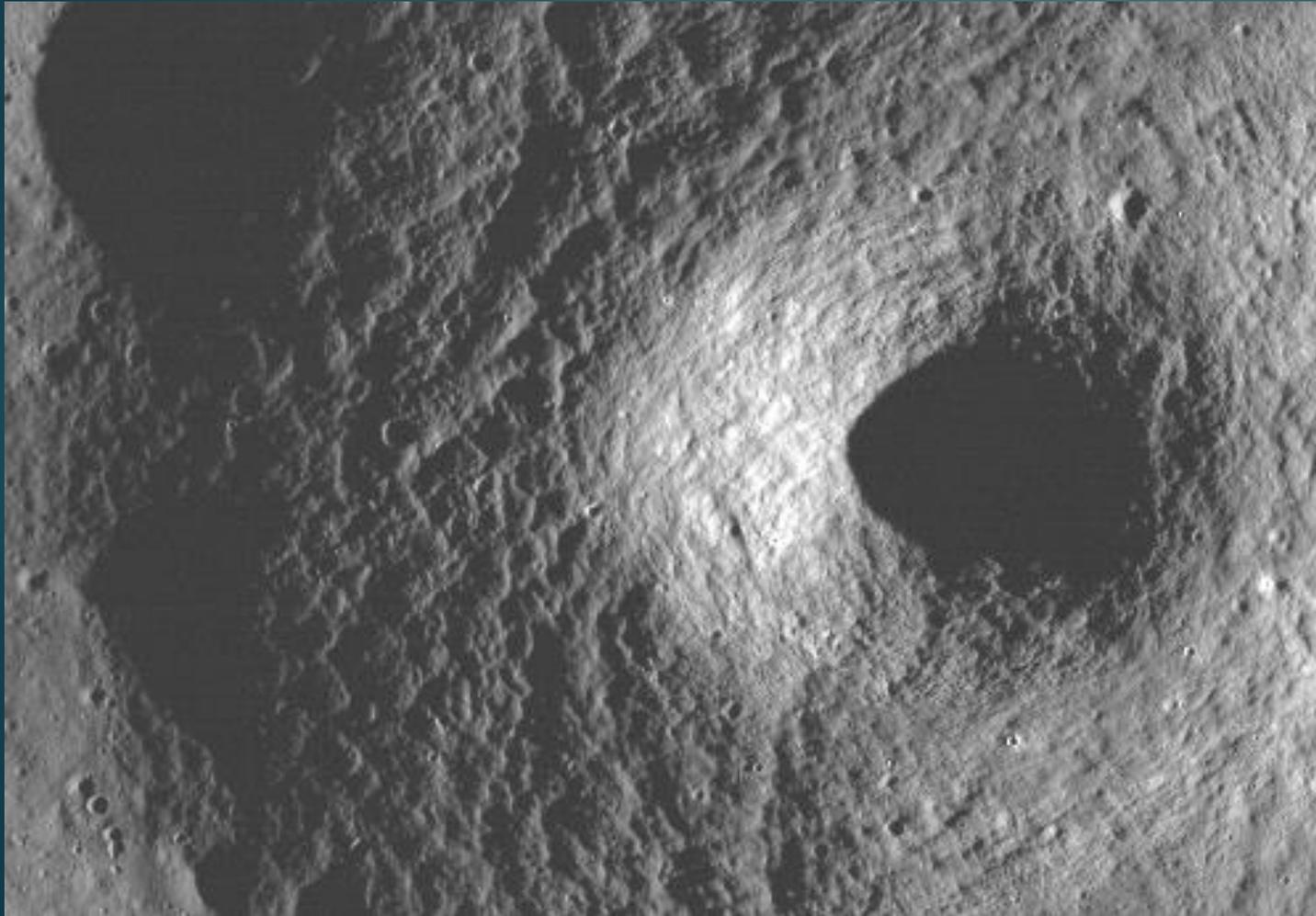


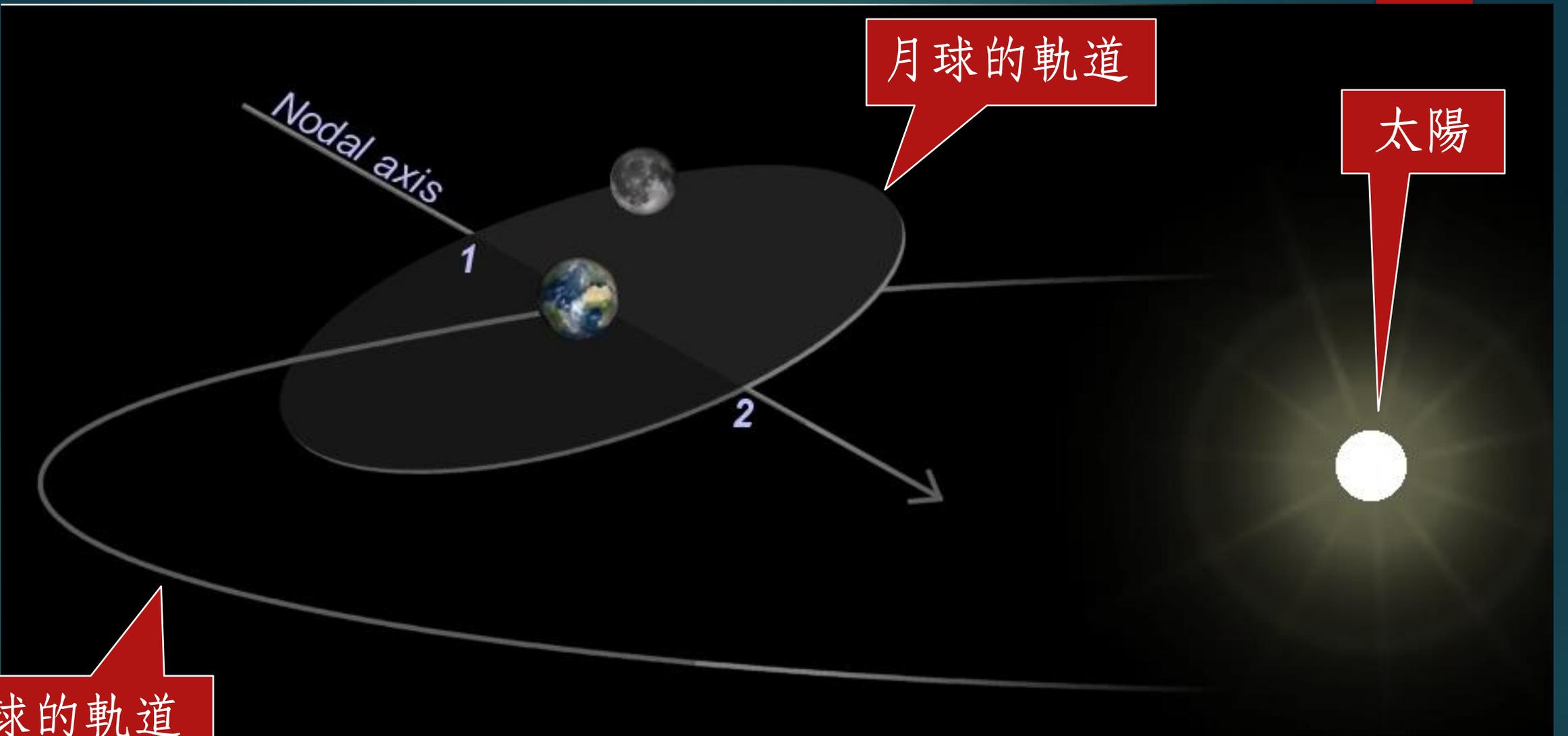
Microscopic Lunar Crater < 1 mm



並非所有坑洞都是隕石造成的，有些可能是火山口，甚至可能很年輕。

怎麼分辨呢？





月球的軌道

太陽

地球的軌道

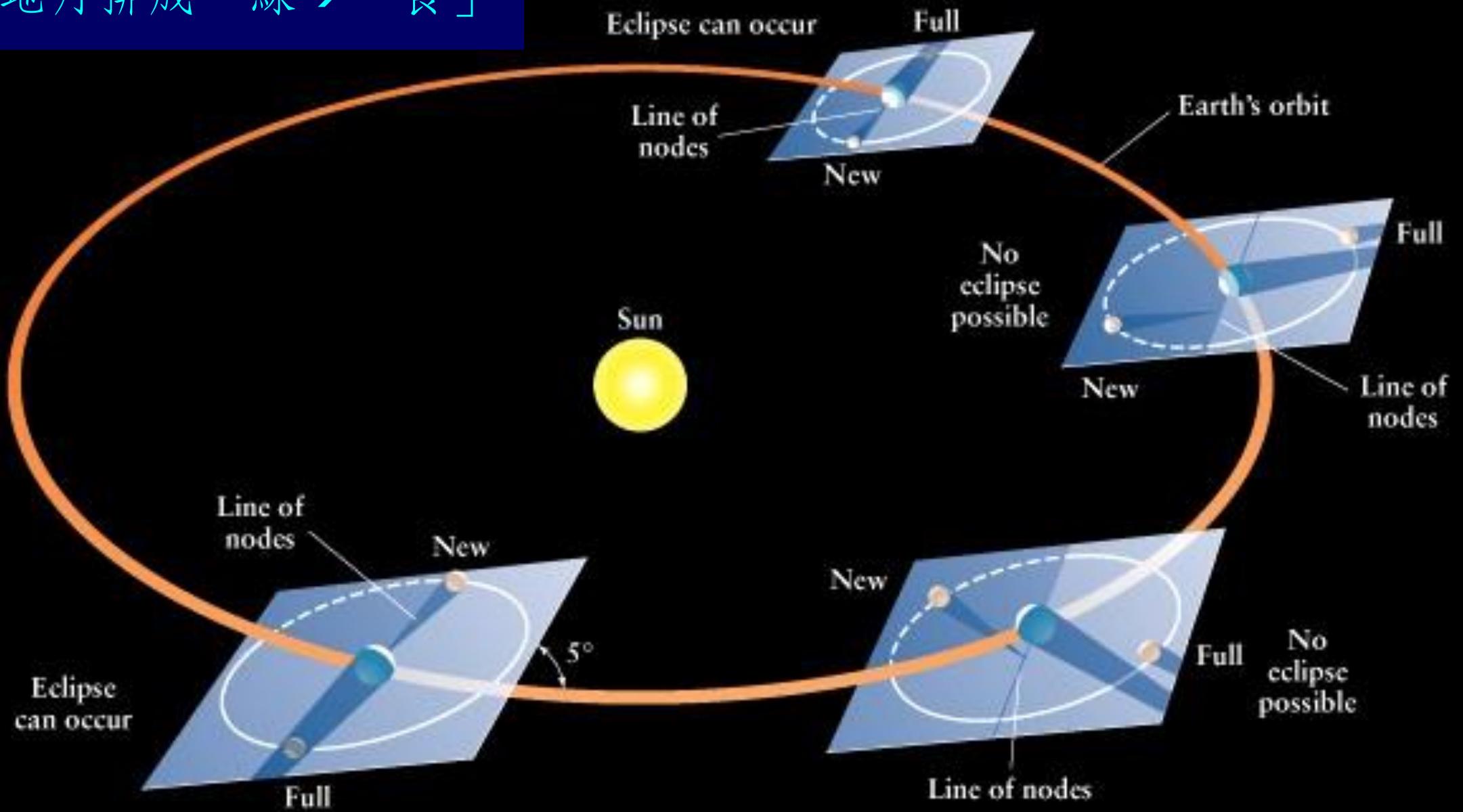
地球繞著太陽 月球繞著地球  
(其實都是互繞)

# 大小遠近…比一比

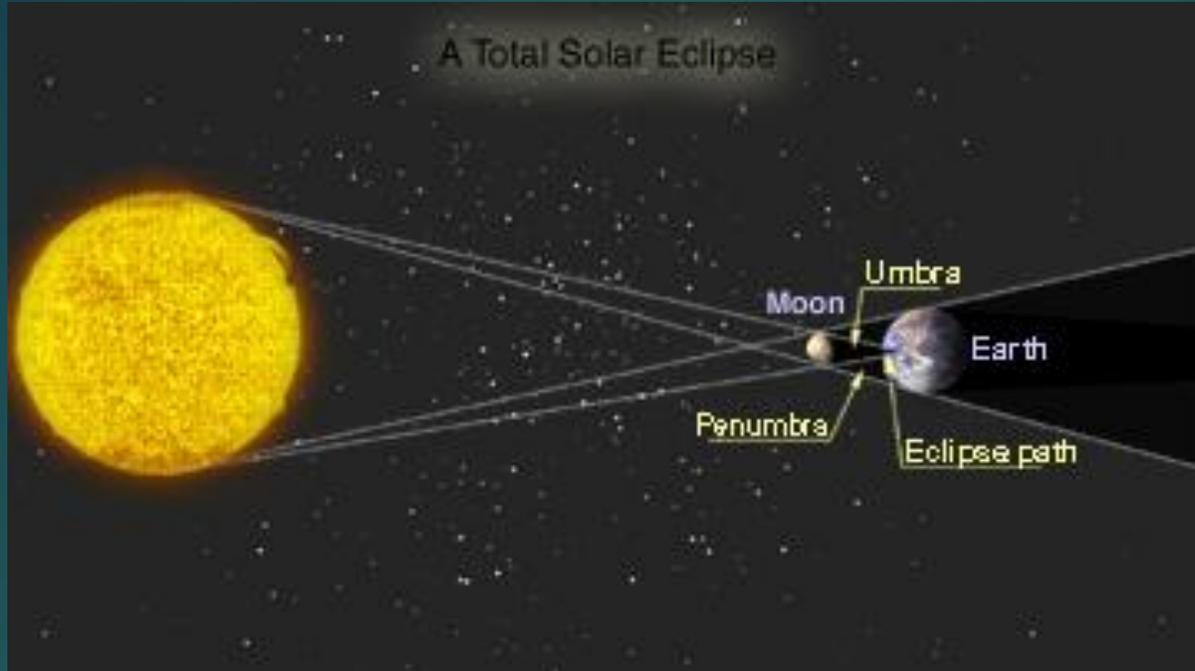
	太陽	地球	月球
距離 [km]	395 (1億5千萬)	0	1 (38萬)
直徑 [km]	109 (1,391,000)	1 (12,742)	0.27 (3474)
密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	0.26 (1.41)	1 (5.51)	0.6 (3.34)
溫度 [°C]	5500	15 (-89~57)	-53 (-173~117)
扁率	0.0000000009	0.0035	0.0012



日地月排成一線 → 「食」



當月球擋住太陽光  
↓  
日食



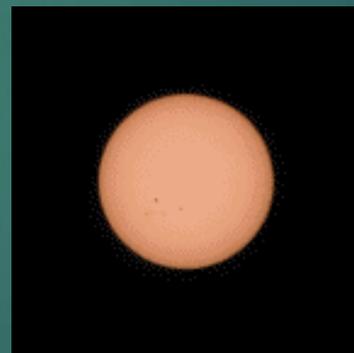
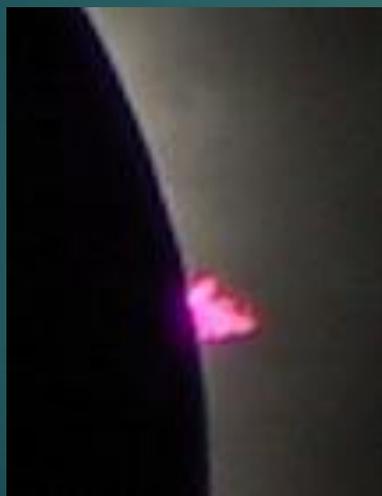
[http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/atmosphere/solar\\_eclipse.html](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/atmosphere/solar_eclipse.html)



日偏食



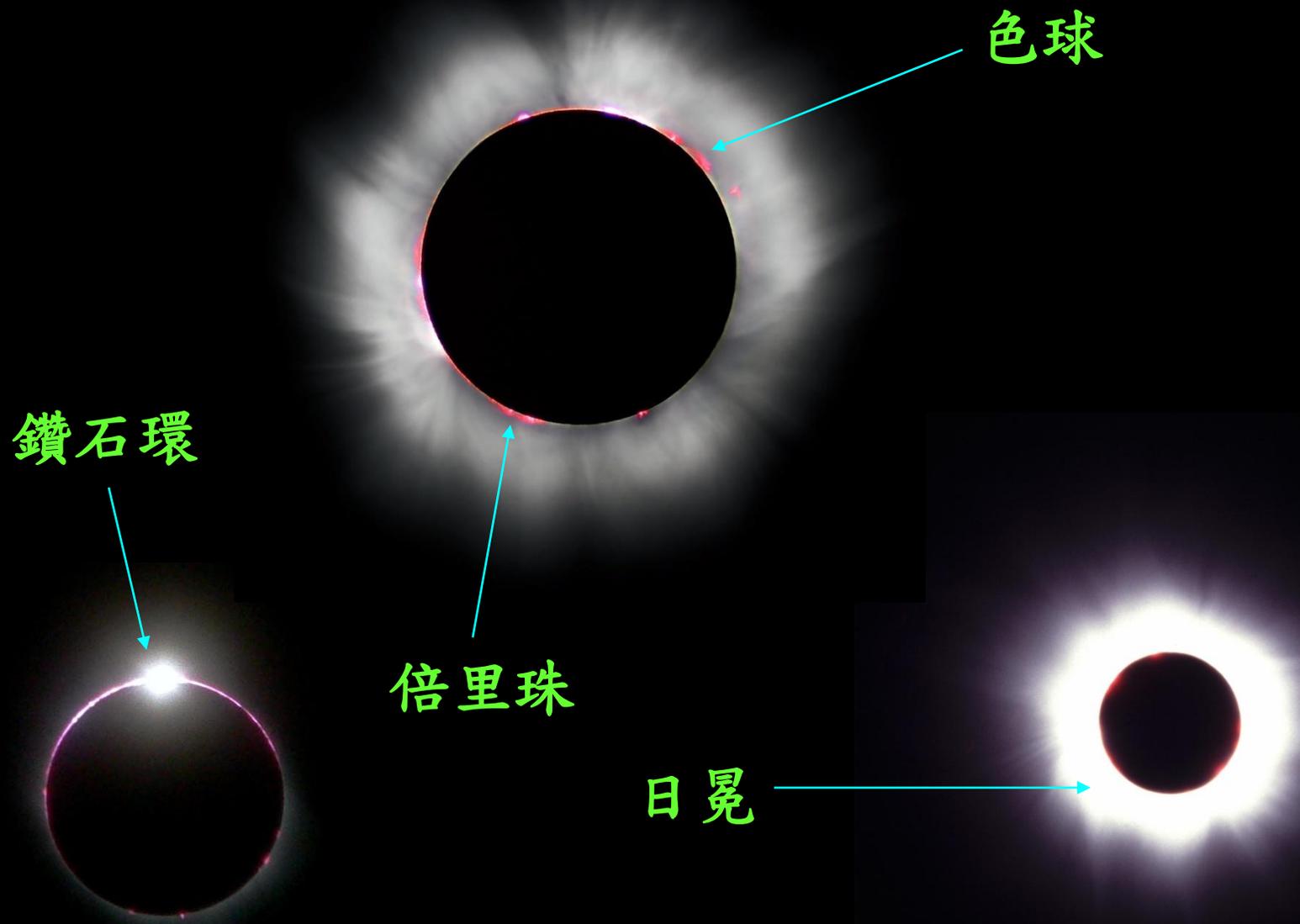
日全食



日環食

# 日食 (Solar Eclipse)

<http://www.moonglow.net/ccd/pictures/eclipses/>



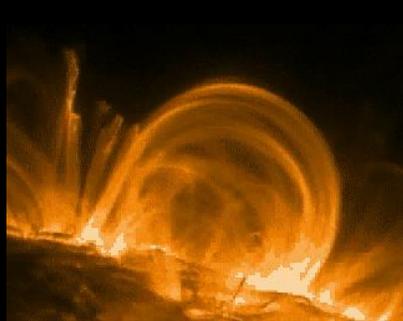
# 日全食的完整過程



www.MrEclipse.com

©2006 F. Espenak

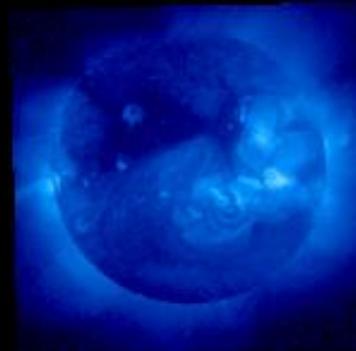
太陽表面的日珥



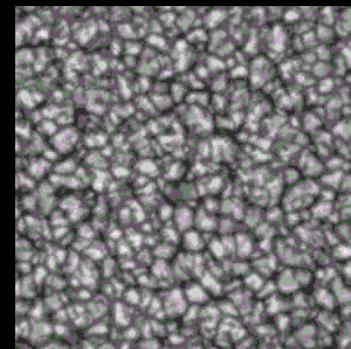
太陽表面噴發氣體



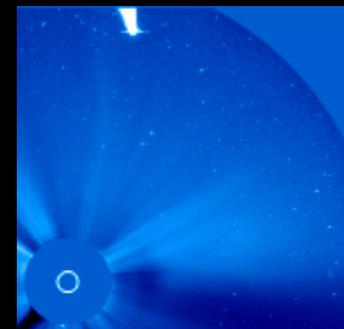
在X射線波段明亮的日冕



太陽表面翻騰的氣體



太空望遠鏡拍到墜入太陽的彗星



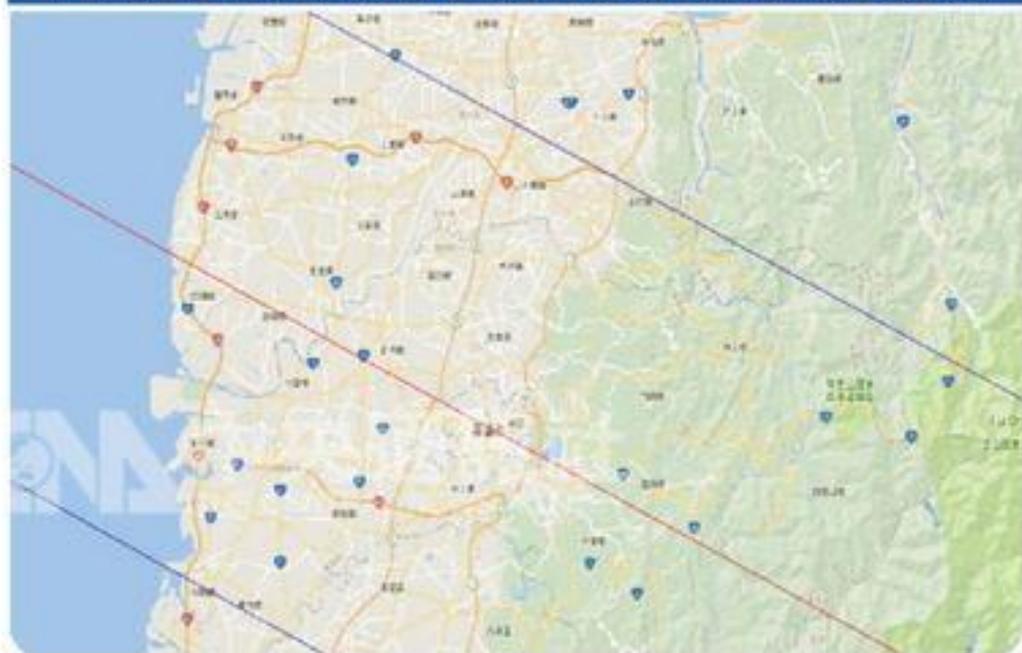
## 百年難得一見天文奇景 主場在嘉義

發生時間：2020年6月21日星期日 初虧 14:46 食甚 16:14 復圓 17:25

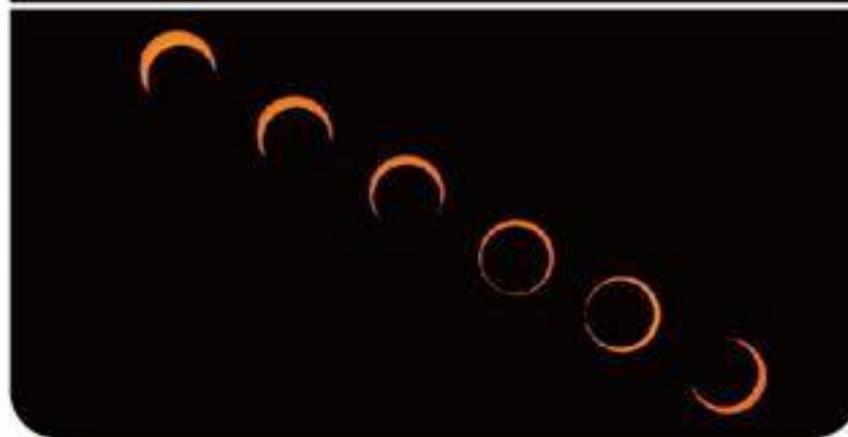


### 環食帶嘉義區域圖

兩條藍色線中間的區域可見日環食，紅色線是環食帶



### 日環食示意圖



#### 下一次 台灣日全食

時間 2070年4月11日

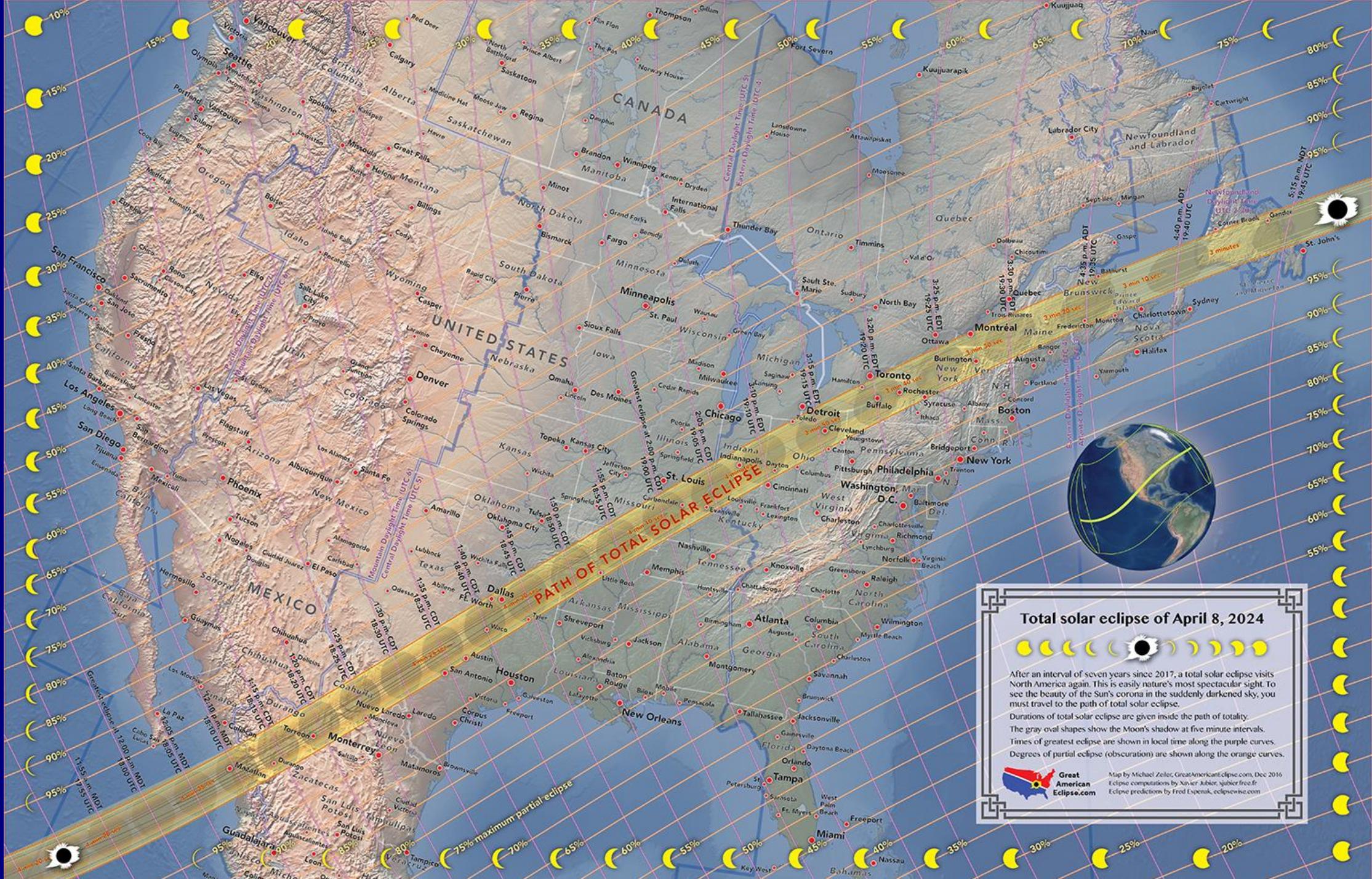
地點 恆春墾丁以南

#### 下一次 台灣日環食

時間 2215年6月29日

地點 高雄、台南、台東、花蓮

# 二〇二四 北美日全食



### Total solar eclipse of April 8, 2024

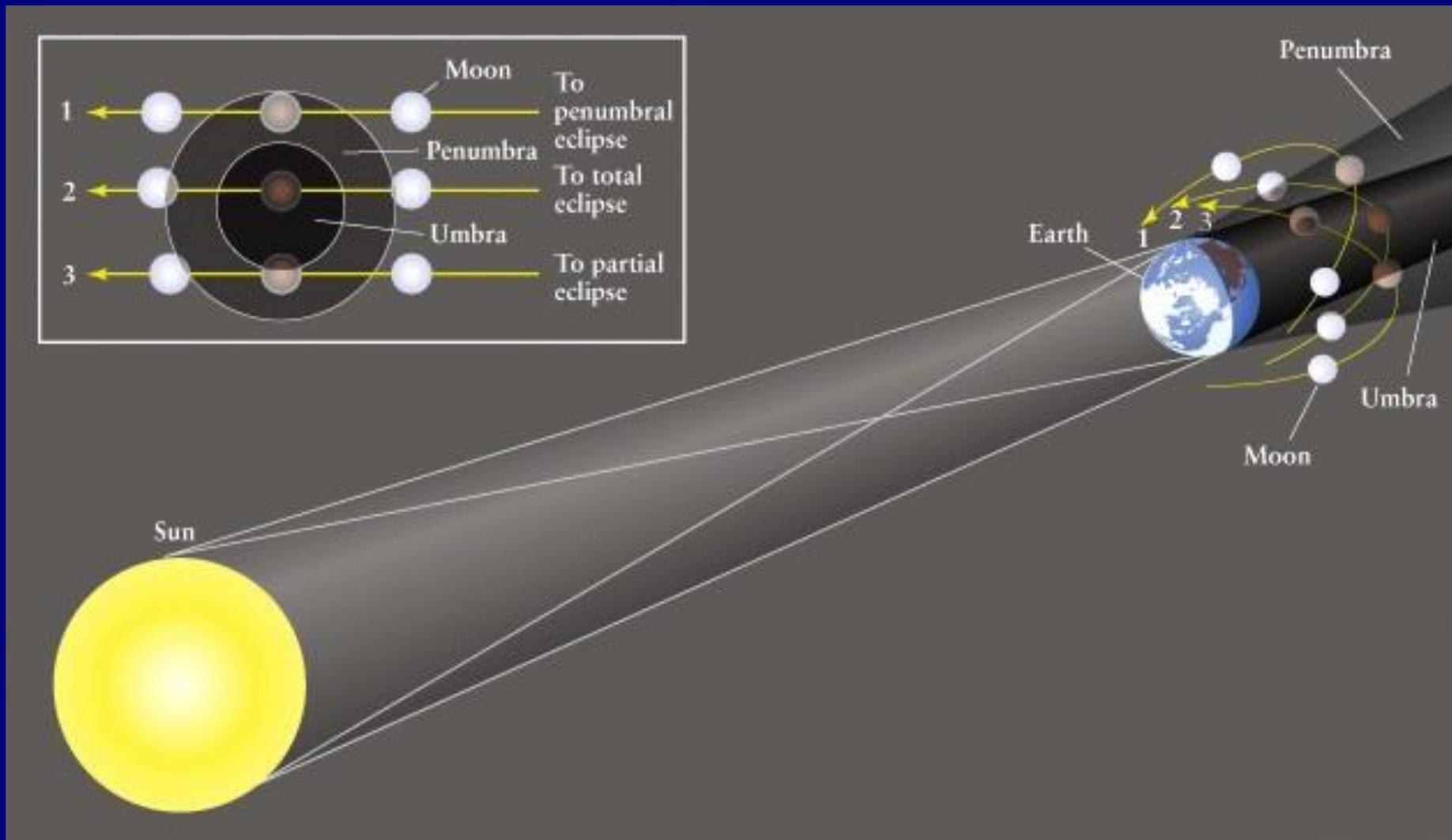
After an interval of seven years since 2017, a total solar eclipse visits North America again. This is easily nature's most spectacular sight. To see the beauty of the Sun's corona in the suddenly darkened sky, you must travel to the path of total solar eclipse.

Durations of total solar eclipse are given inside the path of totality. The gray oval shapes show the Moon's shadow at five minute intervals. Times of greatest eclipse are shown in local time along the purple curves. Degrees of partial eclipse (obscuration) are shown along the orange curves.

 Great American Eclipse.com

Map by Michael Zeller, GreatAmericanEclipse.com, Dec 2016  
Eclipse computations by Xavier Jubier, xjubier.free.fr  
Eclipse predictions by Fred Espenak, eclipsewse.com

當地球擋住太陽光 ↓ 月食



# 月食 (Lunar Eclipse)



月全食的時候，  
月球為何呈現  
血紅色？

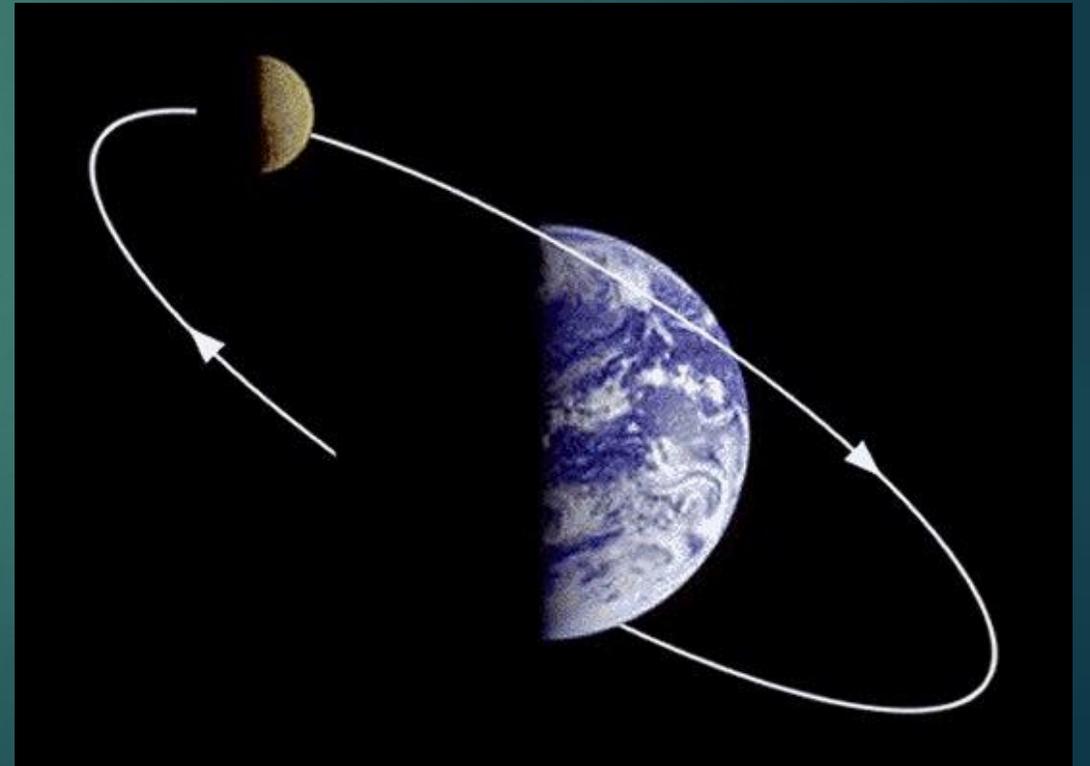
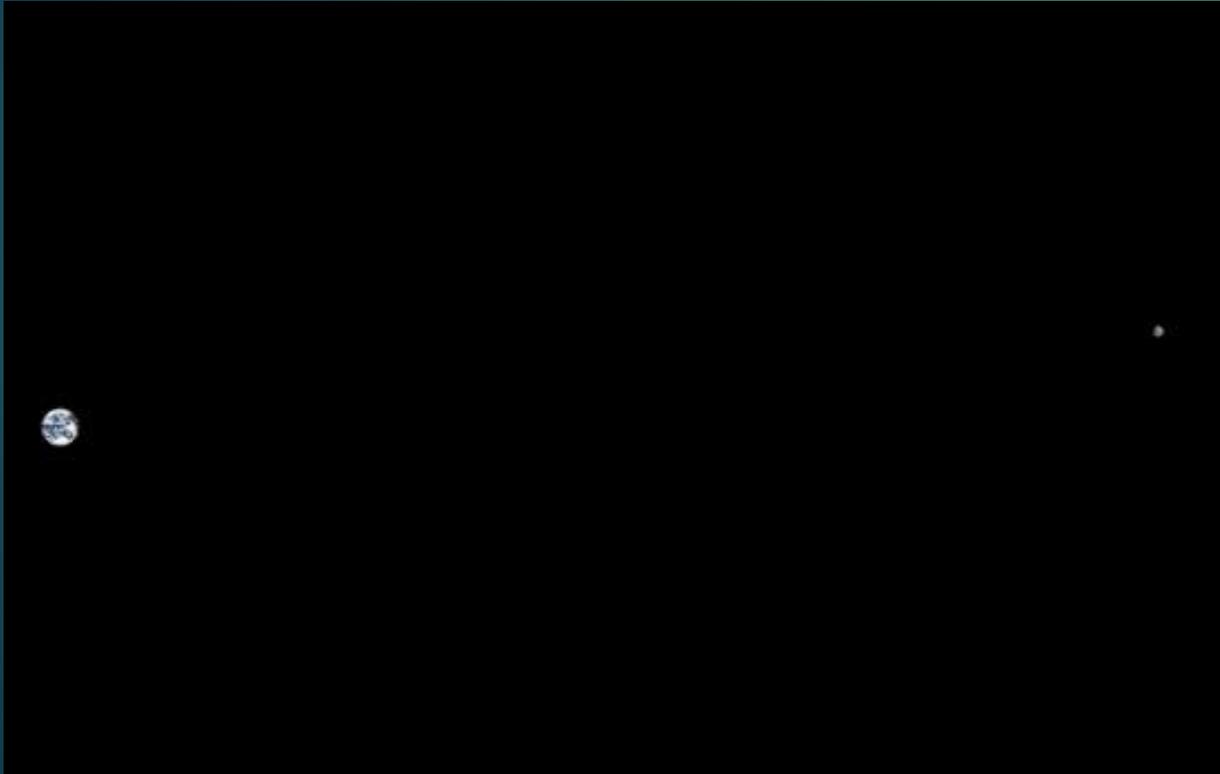
觀看月亮

# 月亮永遠以同一面對著我們



- ▶ 這是因為月亮繞著我們公轉一圈，  
同時也自轉一圈（公轉週期＝自轉週期）
- ▶ 2個鐘頭走一度（伸直手臂一根手指頭的寬度）

Moon rotation animation



Q：怎麼知道月亮是「圓的」？

Q：怎麼知道地球是「圓的」？

Q：怎麼知道太陽是「圓的」？

Q：怎麼知道太陽不是以同一面對著我們？

以上，如果不是，會怎麼樣？ What If? What If Not?

2007 Oct 11 00:00:00 UT



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lunar\\_libration\\_with\\_phase\\_Oct\\_2007\\_450px.gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lunar_libration_with_phase_Oct_2007_450px.gif)

明亮的區域是高地，佔月面 83% 面積



灰暗的區域是月海 (mare; maria，拉丁文「海」之意。十七世紀誤以為是「海」而名，其實是月面岩漿往低窪地區流動所構成的盆地區域

- 月球本身不發光，靠著反射陽光而「發亮」  
離太陽越近，或是離地球越近，月球就越明亮，看起來也比較大（超級）

supermoon=perigee syzygy

- 藍月 (blue moon) 一個月內兩次滿月 (19年7次)
- Harvest moon 最接近秋分的滿月



柏拉圖  
隕石坑

哥白尼  
隕石坑

雨海

澄海

風暴洋

危海

雲海

寧靜海

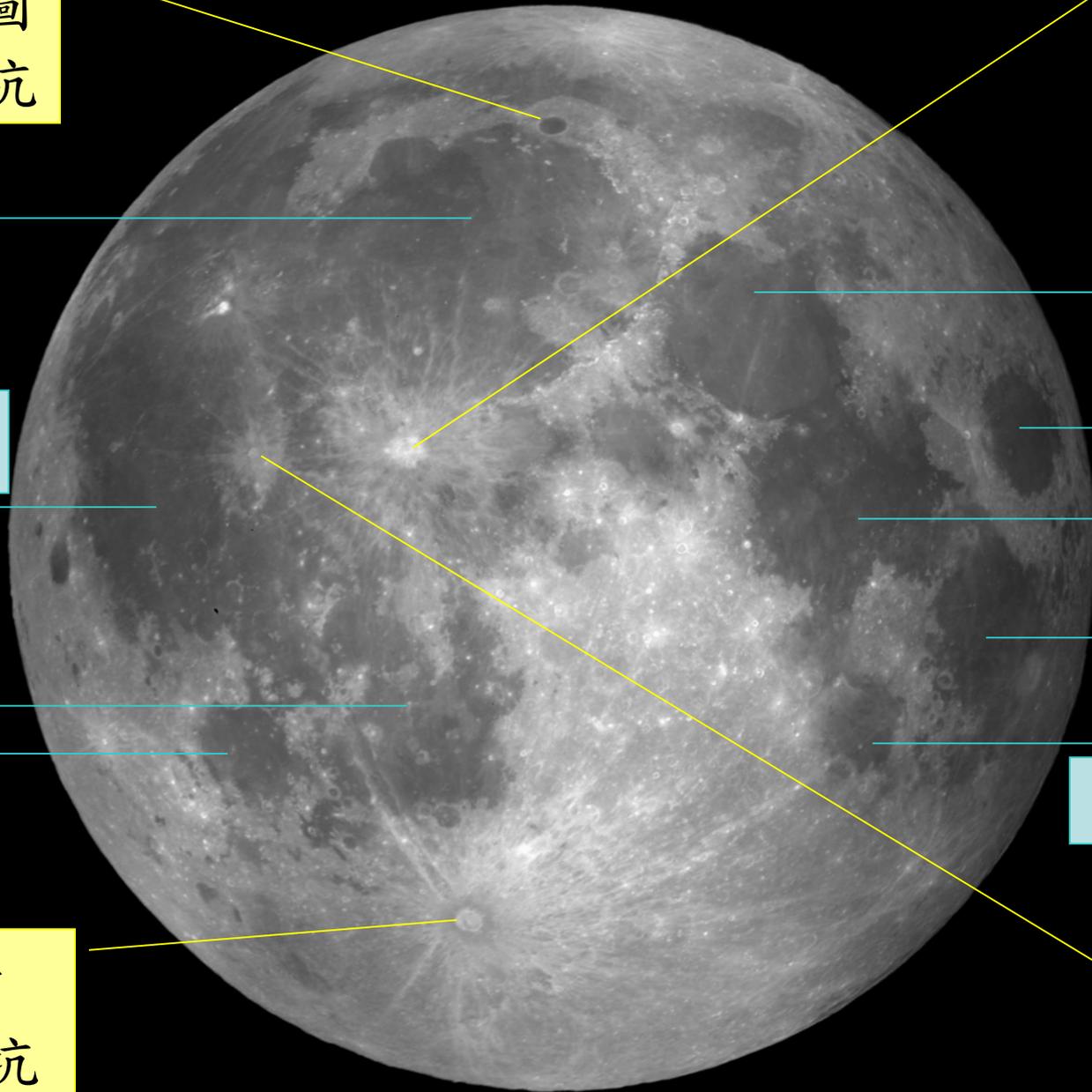
濕海

豐海

酒海

第古  
隕石坑

刻卜勒  
隕石坑



Phases of the Moon

盈凸月  
(地面所見)

上弦月  
(地面所見)

眉月  
(地面所見)

陽光

滿月  
(地面所見)

下午六點

新月  
(地面所見)

半夜

中午

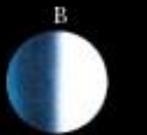
上午六點

虧凸月  
(地面所見)

下弦月  
(地面所見)

殘月  
(地面所見)

陽光



Light from Sun

Light from Sun



# 月亮對我們的影響

「不要用手指月亮 …」

「月亮會跟著你 …」

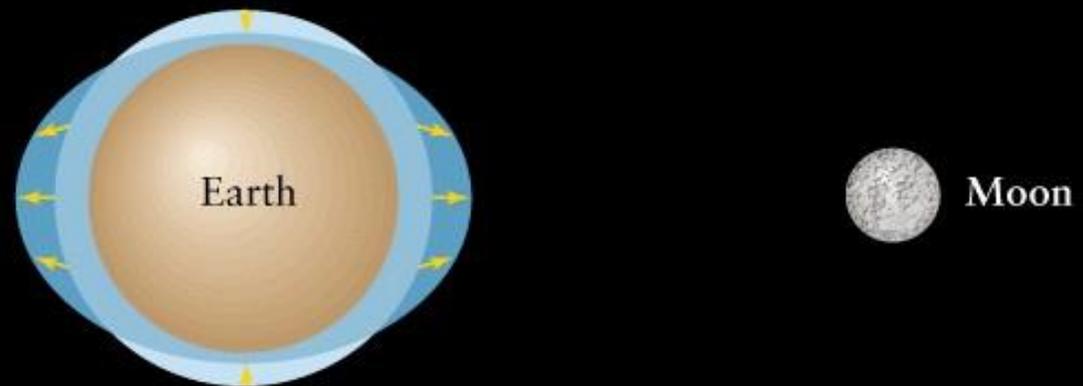
地平線上的月亮比較大？



APOD 2012.03.10

Rick Baldrige 2012

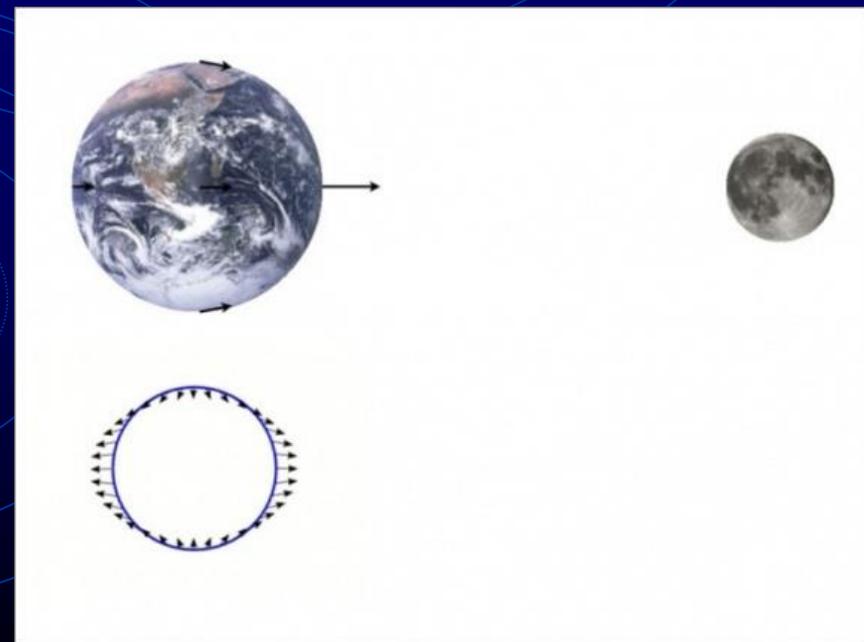


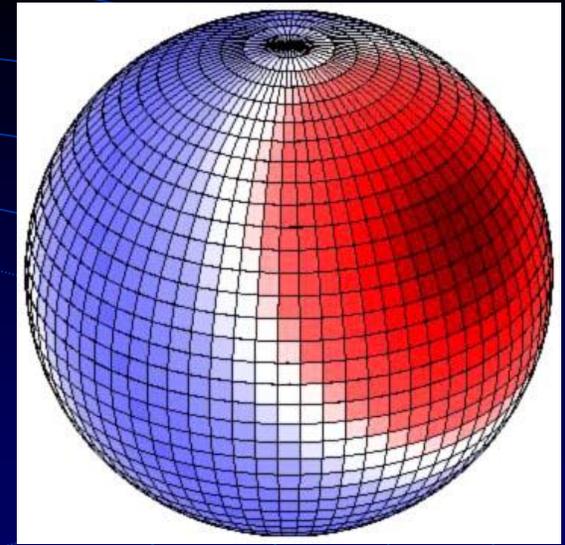
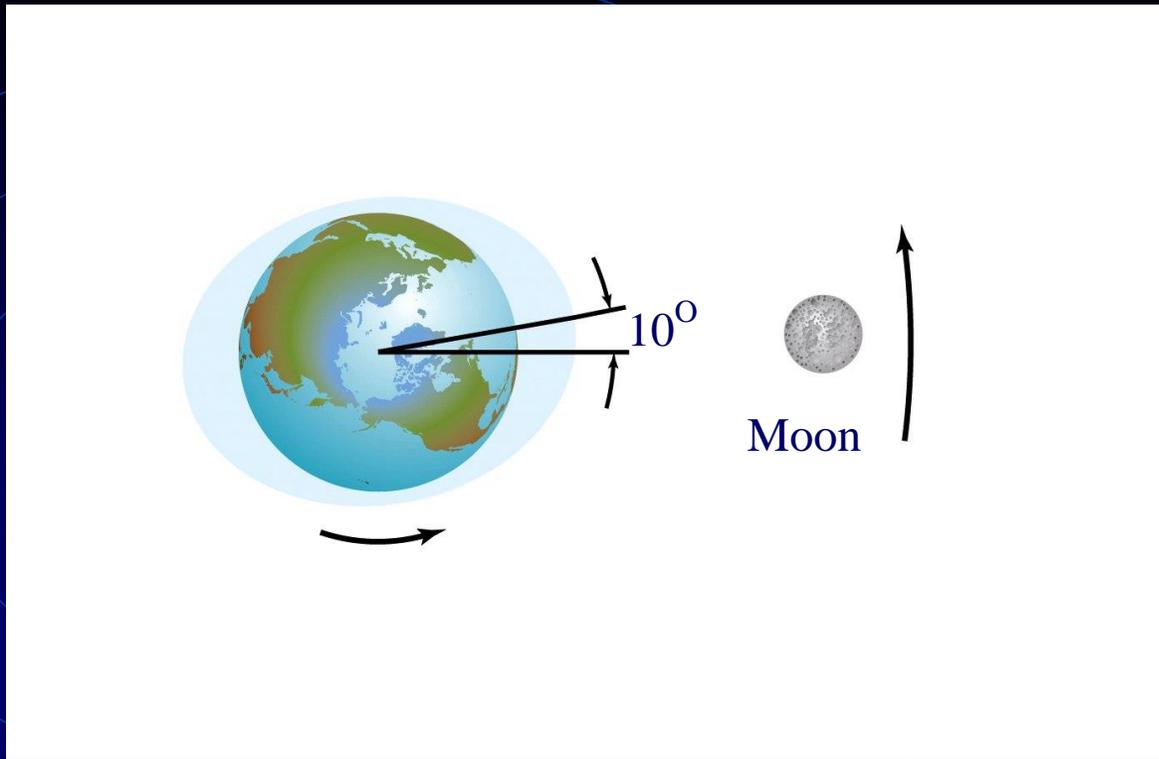


潮汐力 = 萬有引力差

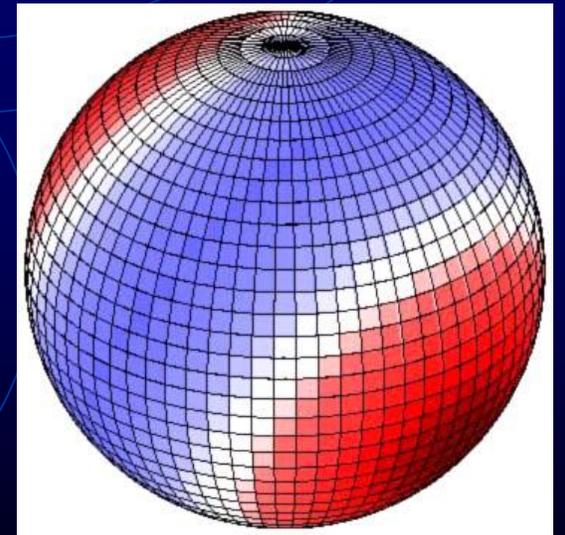
太陽與月球都有影響，月球雖然小，但距離地球近，影響較大（大約兩倍）

滿月、新月 → 大潮  
上弦、下弦 → 小潮





月球在  $30^\circ \text{ N}$   
地殼變形 (紅=高；藍=低)



月球在  $30^\circ \text{ S}$

地球自轉比月球公轉快

→ 地球的海洋突起指向月球「前方」約  $10^\circ$  處

→ (1) 地球自轉越來越慢 (每世紀 0.002 秒)

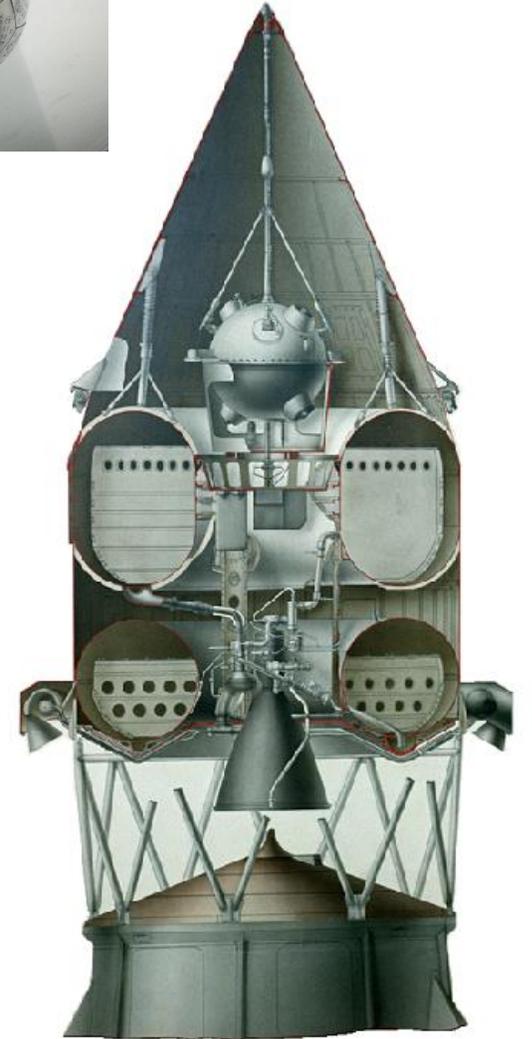
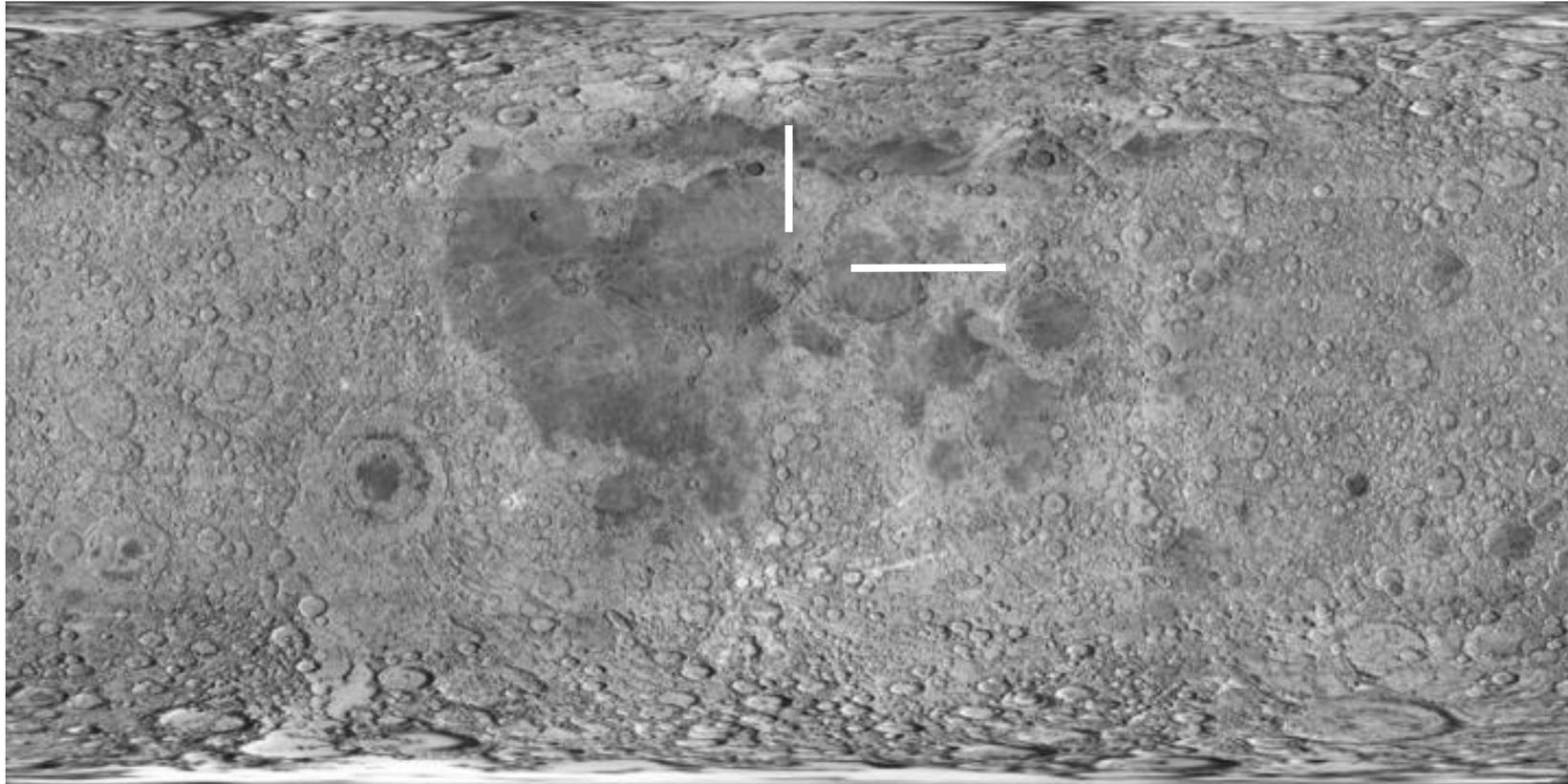
地球剛誕生時可能每 6~10 小時轉一圈

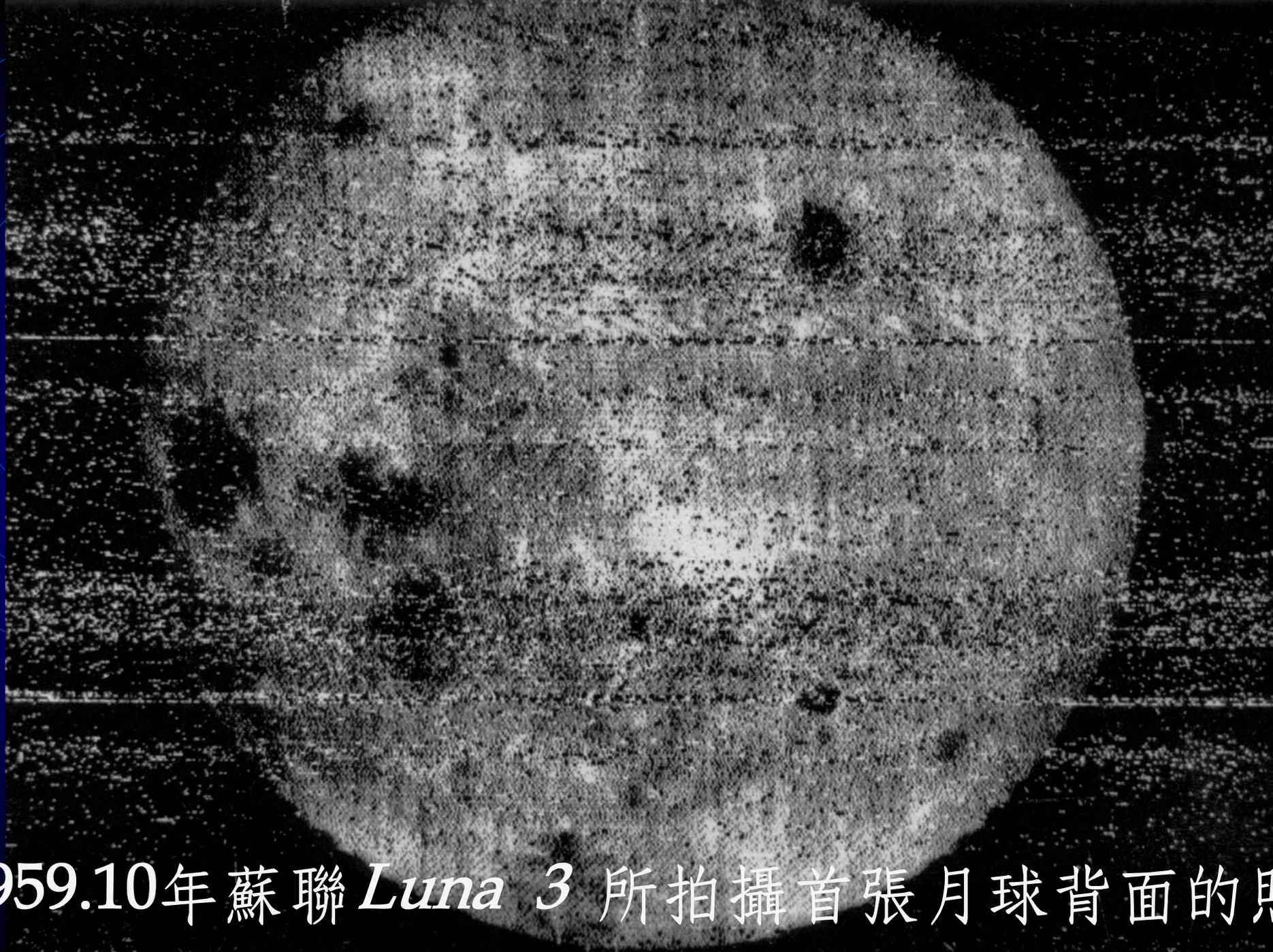
(2) 月球越來越遠 (每年 3.8 公分)

蘇聯 *Luna 2* 1959.09.12 06:39 發射

1959.09.14 21:02:24 UTC 成功撞擊

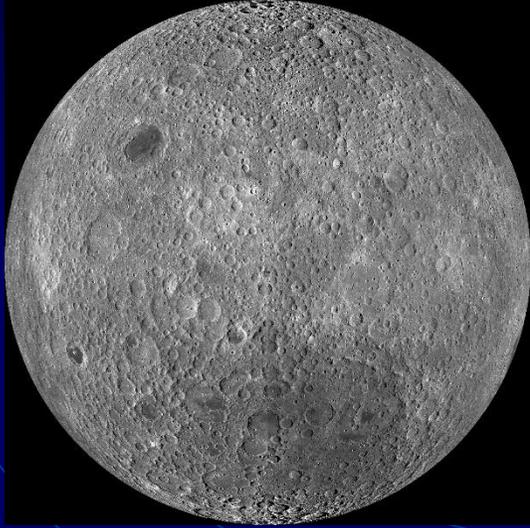
月球表面  $29.1^{\circ}\text{N}$   $0^{\circ}\text{E}$





1959.10年蘇聯 *Luna 3* 所拍攝首張月球背面的照片

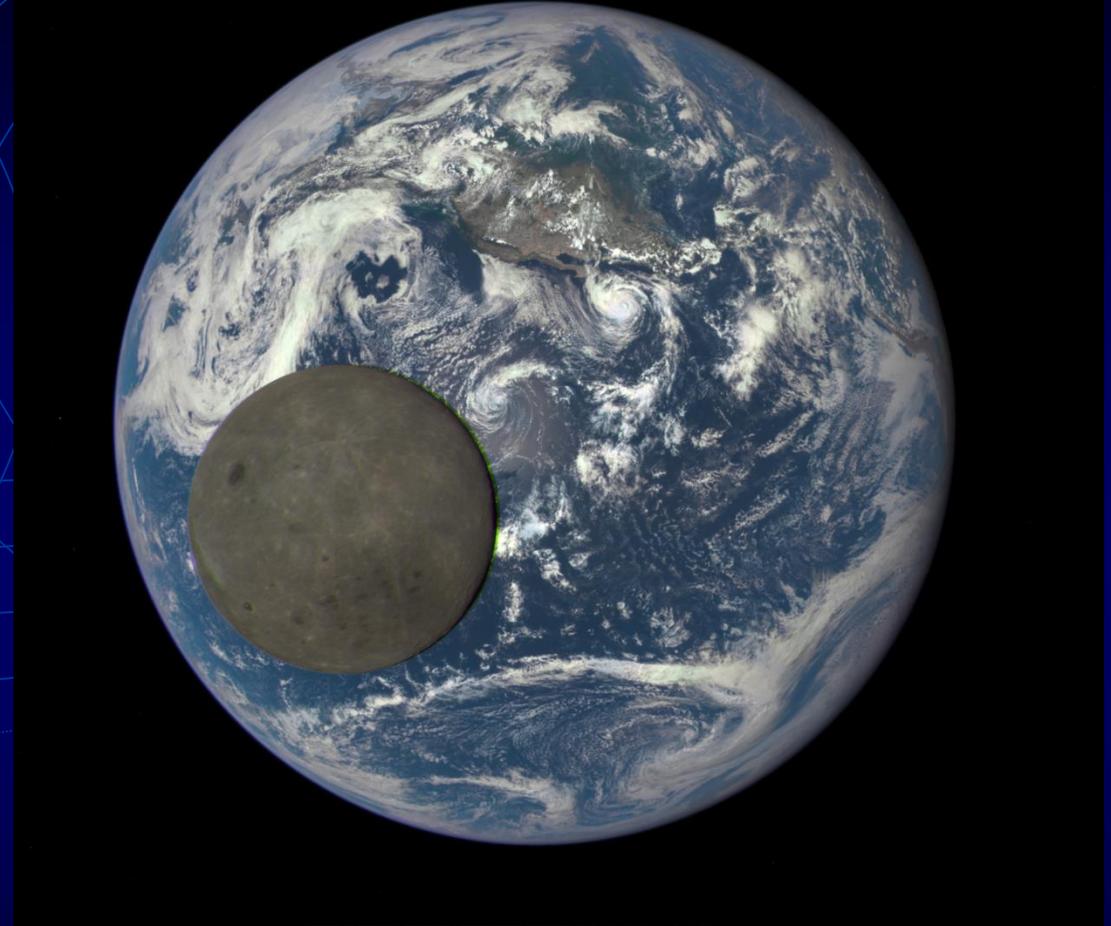
# 月球的背面



by Galileo spacecraft



月球背面不是黑暗面  
灰暗（低窪）區域少  
→ 高地居多



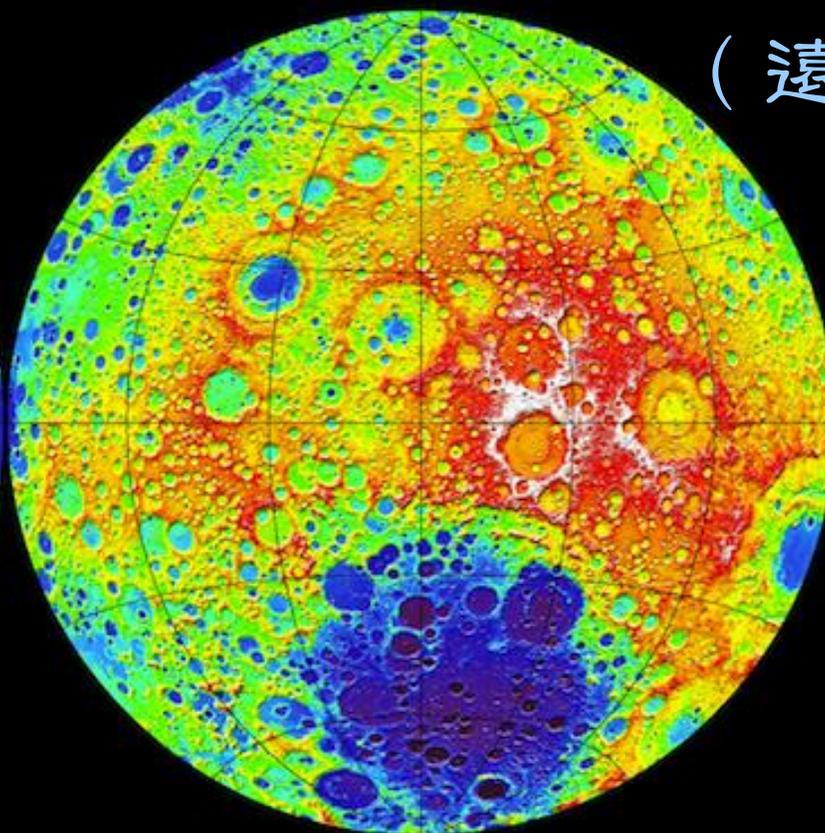
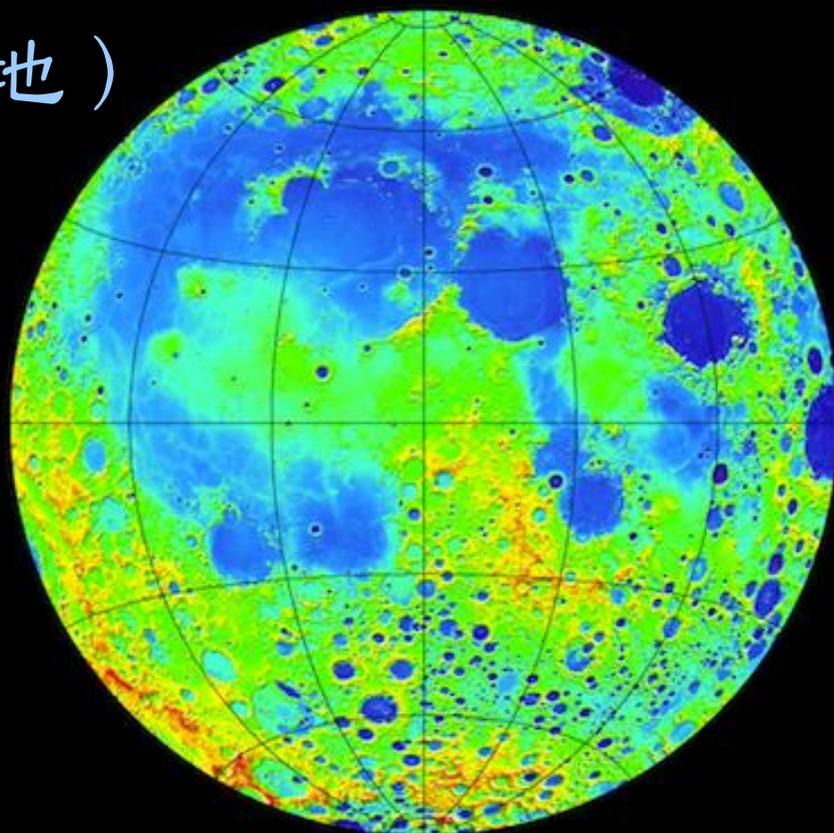
2015 by NASA's EPIC (Earth Polychromatic Imaging Camera) on board the Deep Space Climate Observatory (DSCOVR) satellite

月球正面  
(近地)

Near side

Far side

月球背面  
(遠地)



Topography (km)

地勢低



地勢高

□ 1960.11 美蘇冷戰，甘迺迪當選美國總統

To make the US not *“first but, first and, first if, but first period.”*

□ 1961.04.12 蘇聯太空人 Yuri Gagarin 成為首位上太空的人類

□ 1961.04.20 美國副總統 Lyndon B. Johnson 檢視美國的太空計畫，看看 NASA 如何急起直追

□ 詹森副總統一週之後提出報告，評估美國有機會搶先「載人登月」

# Project Apollo

先是美國總統艾森豪，然後是甘迺迪 (John F. Kennedy) 1961.05.25在國會演說，宣稱在十年之內將窮全國之力

*“...I believe that this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the Moon and returning him safely to the Earth”*



1968.12 美國阿波羅 (Apollo) 8號首次載人繞月任務；  
繞月10圈之後返回，落在太平洋當中

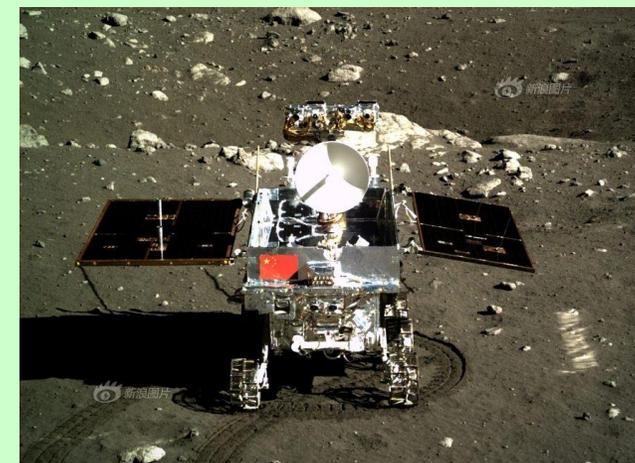
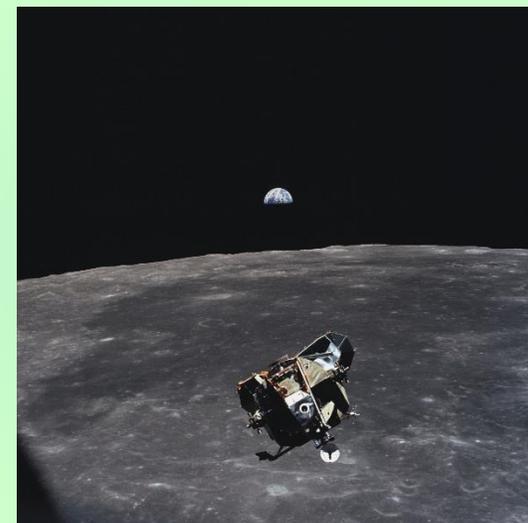
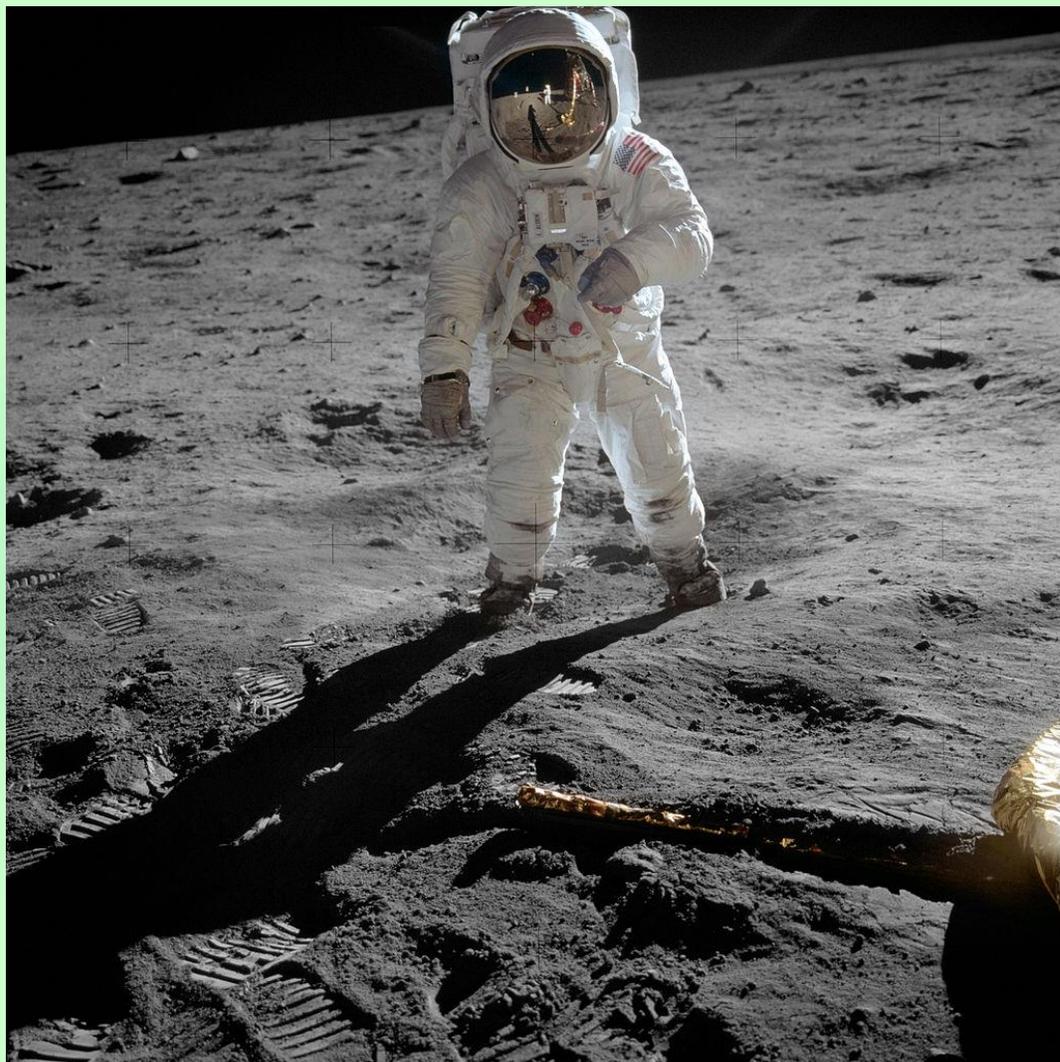


# 月球是第二個人類踏上腳步的天體



Apollo 11

第一個呢？



Apollo 11, 1969年7月16日 13:32 UTC 從佛羅里達 Saturn V  
火箭發射。July 20, 1969 at 20:17 UTC, 降落在月球表面  
Sea of Tranquility (寧靜海)



六小時後 July 21 02:56:15 UTC 阿姆斯壯 Neil Armstrong  
成為第一個踏上月面的人類；Buzz Aldrin 19 分鐘之後加入



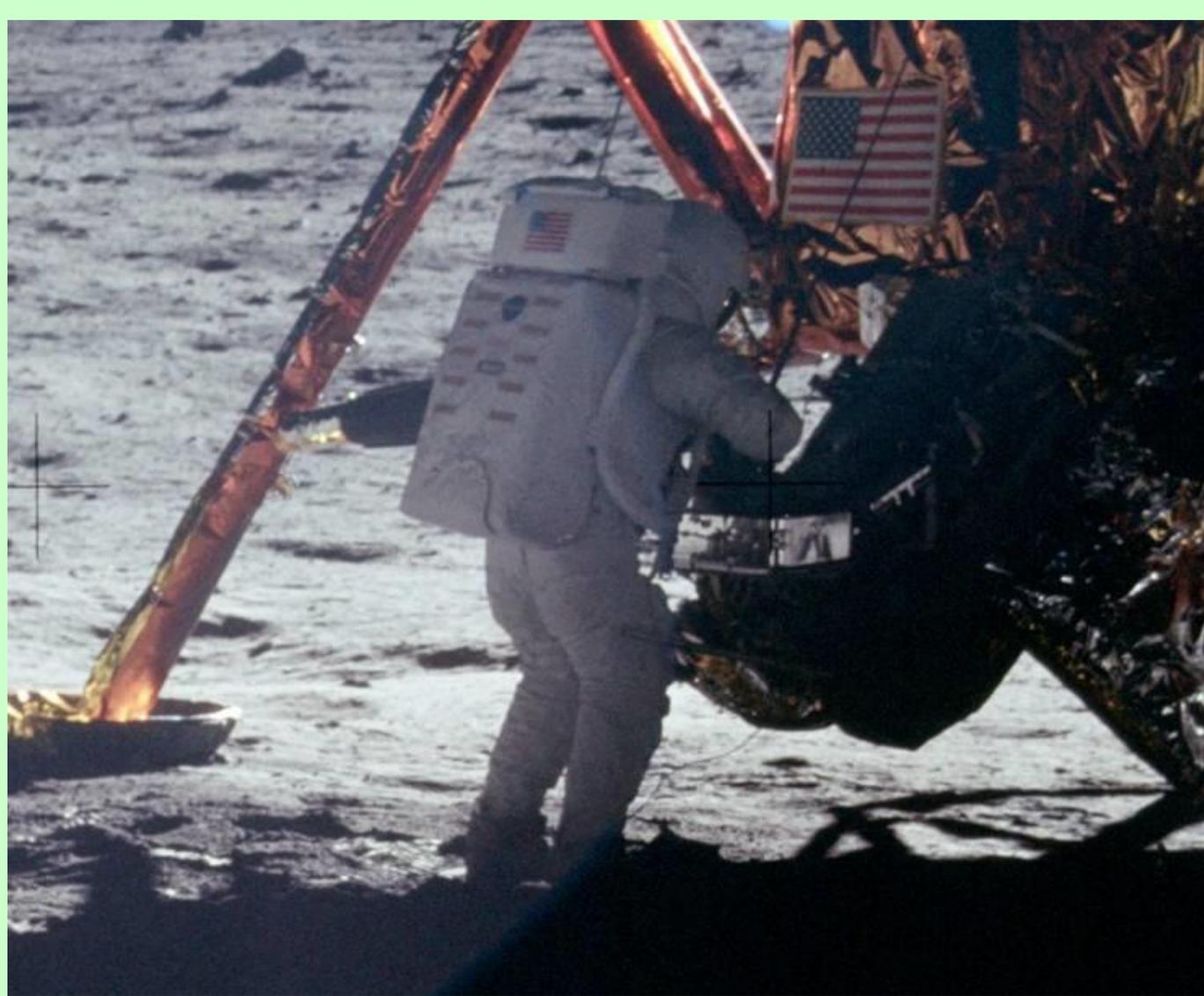
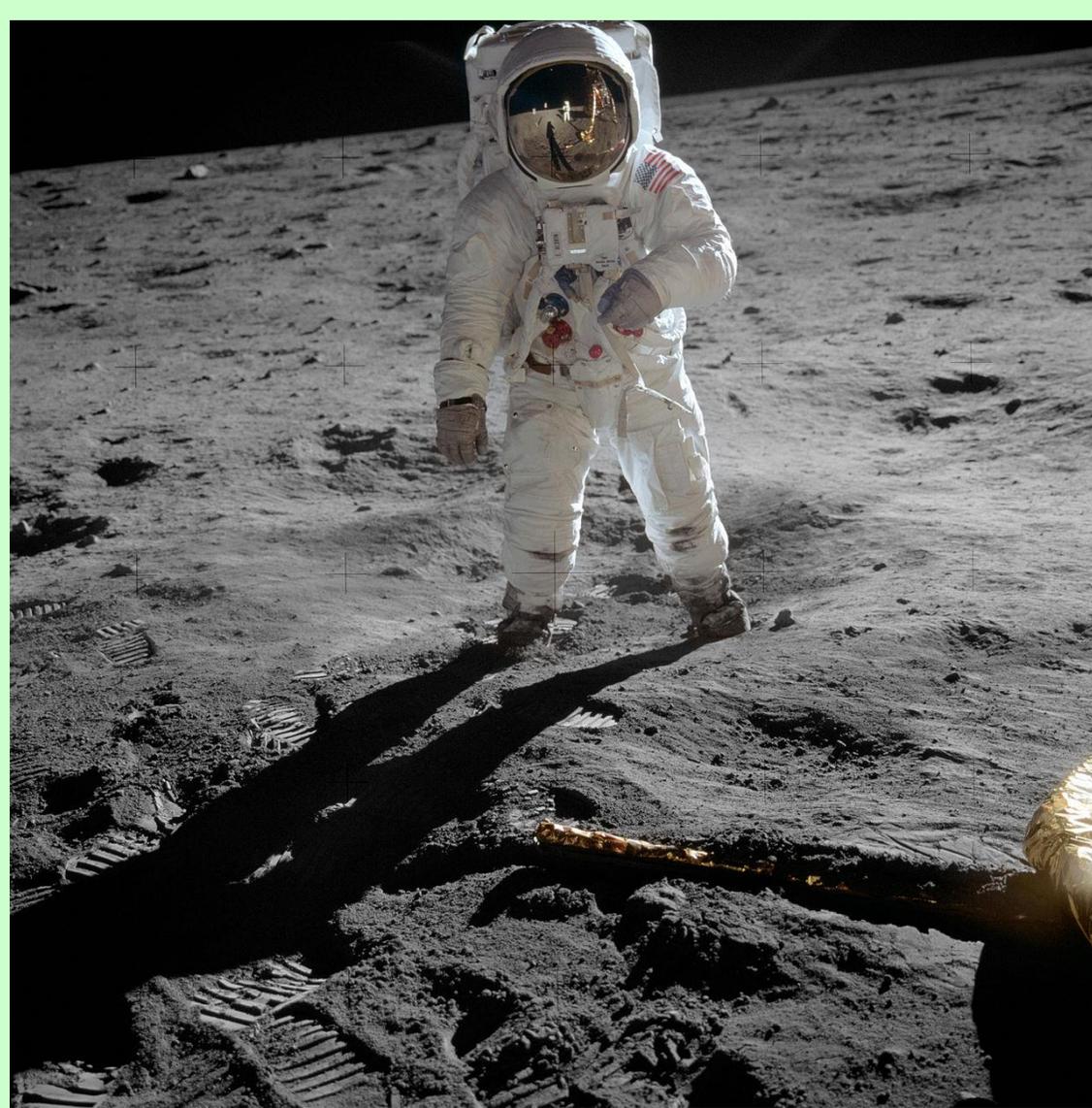
Neil Armstrong  
(1930.08.05~2012.08.25)



Buzz Aldrin  
(1930.01.20~)

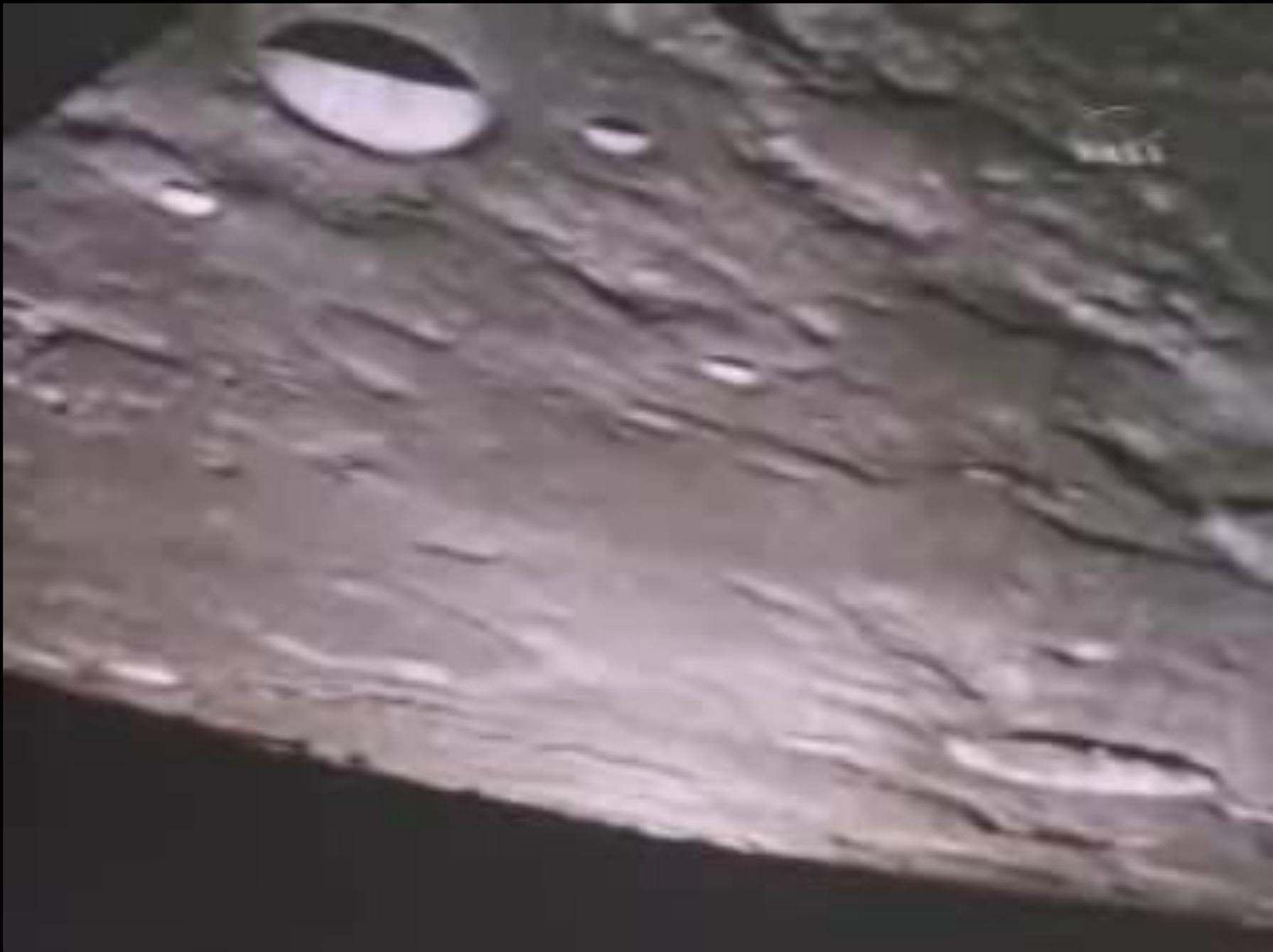


Michael Collins  
(1930.10.31~)



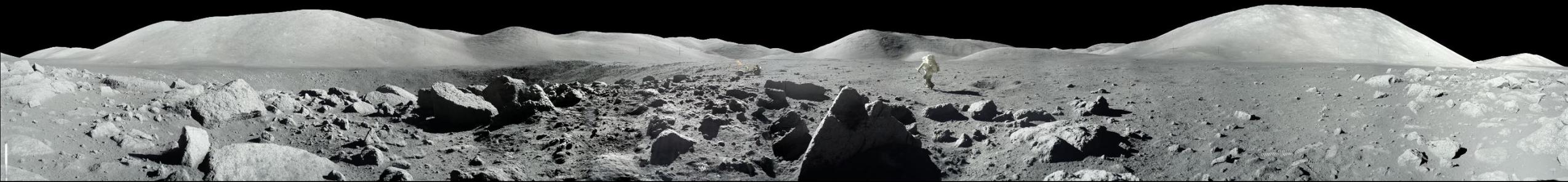
*“That’s one small step for [a] man, one giant leap for mankind.”*  
這個人的一小步，乃人類的一大步

[youtube](#) [wav](#)



“OK, I'm going to  
step off the LEM  
[Lunar Module] ...  
That's one small  
step for (a) man,  
one giant leap for  
mankind.”

「好了，我現在要  
走出月球艙了…  
我這一小步，可是  
人類的大躍進」



<https://www.nasa.gov/feature/nasa-releases-stunning-panoramas-of-apollo-landing-sites-for-50th-anniversary>

# Apollo 15 reentry and splashdown 太平洋

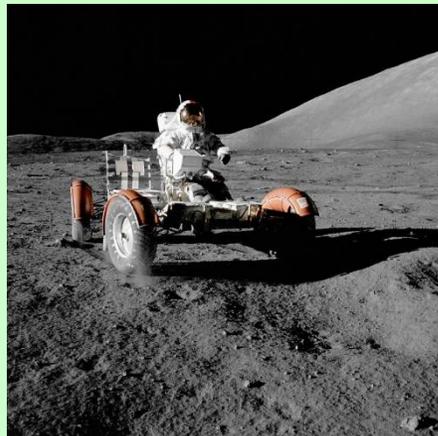
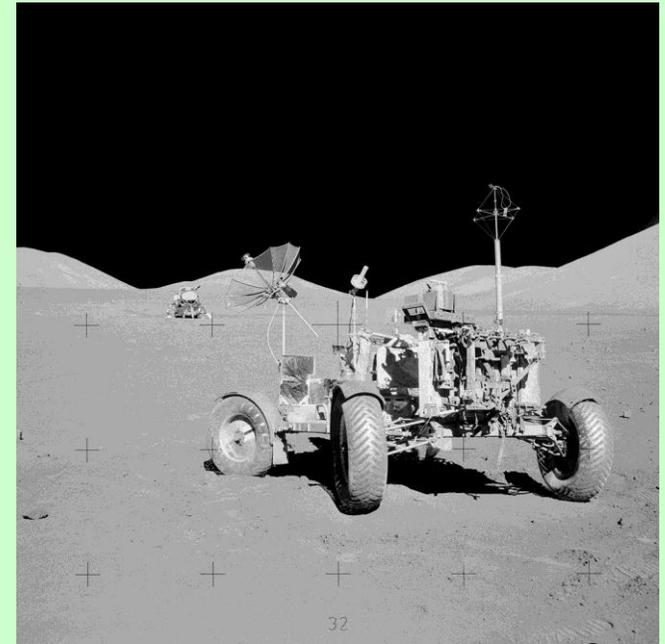


# 阿波羅17號 (1972.12.07~1972.12.14) 太空人 Gene Cernan

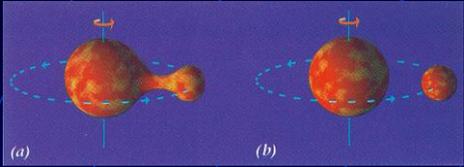
第三位太空漫步者；三位去過兩次月球  
其中之一；（目前）最後踏上月球的人

*"We leave as we came and,  
God willing, as we shall  
return," he said, "with peace  
and hope for all mankind."*

我們離去正如我  
們前來，而如果  
上天允許，我們  
會帶著和平與全  
人類的希望再來



# 月球的起源



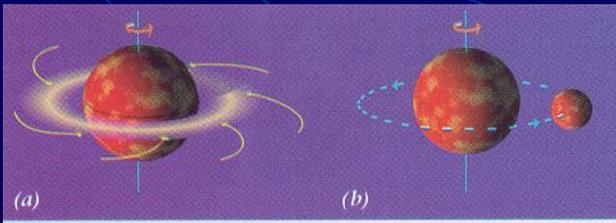
**分裂假說** --- 月球由快速自轉的地球分裂出去  
月球正離地球遠去；但月球岩石沒有水分

[animation](#)



**捕獲假說** --- 月球在別處形成，但被地球重力抓住  
但月球與地球的表面有類似地質化學

[animation](#)



**吸積假說** --- 月球與地球同時相鄰形成  
但跟地球相比，月球缺乏重的（例如鐵）元素

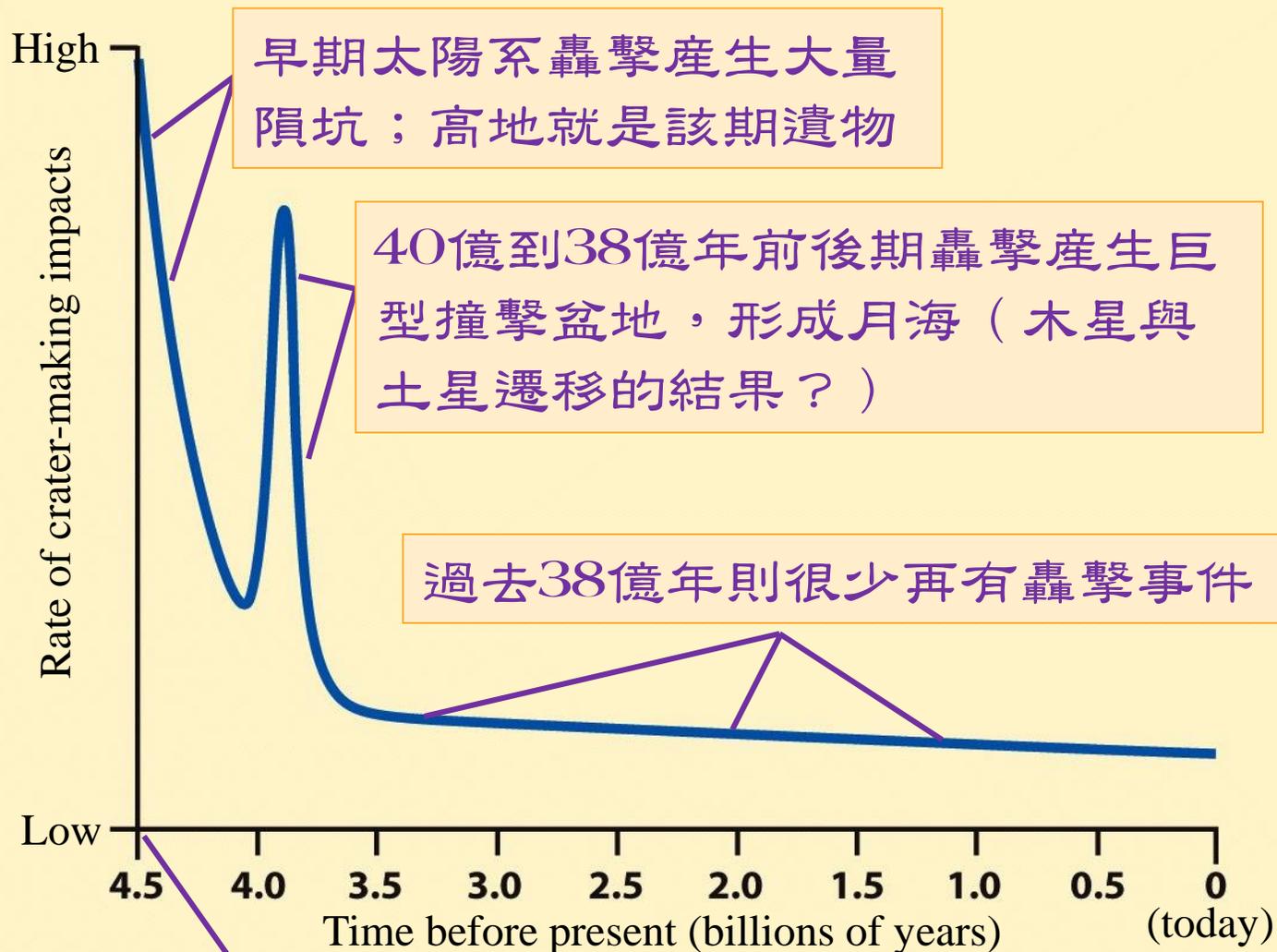
**碰撞假說** --- 地球早年被火星般大小的天體 (Theia) 撞擊

地球的表面物質拋出，部分凝聚形成月球；  
地月系統角動量大；地核相對很大

[animation](#)



# 3 億年來的歷史 月球表面保留了太陽系



44.7億年：月球目前已知最古老的岩石

月球表面隕石坑形成率

# 美國又要去月球了

布希總統：去月球

歐巴馬總統：去火星

川普總統：去月球



**ARTEMIS** (Acceleration, Reconnection, Turbulence and Electrodynamics of the Moon's Interaction with the Sun).

# Moon 2024 ---

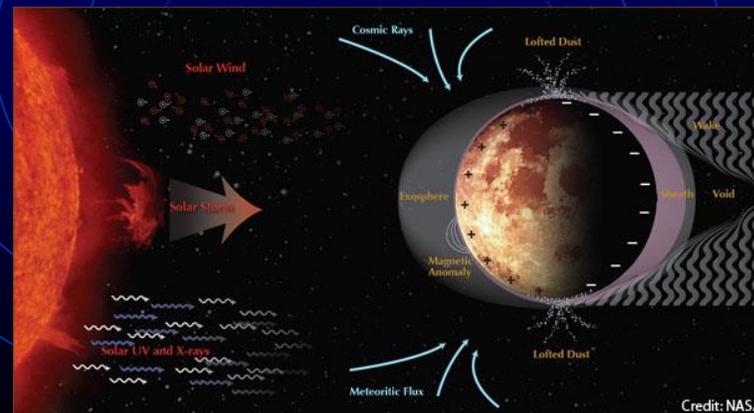
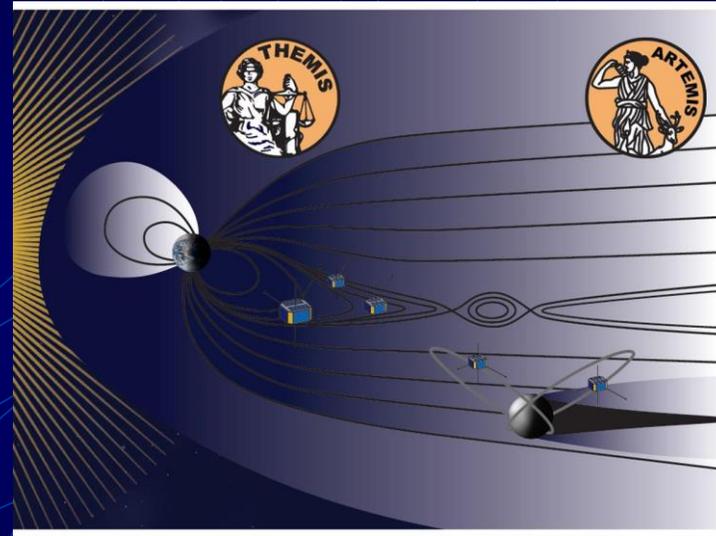
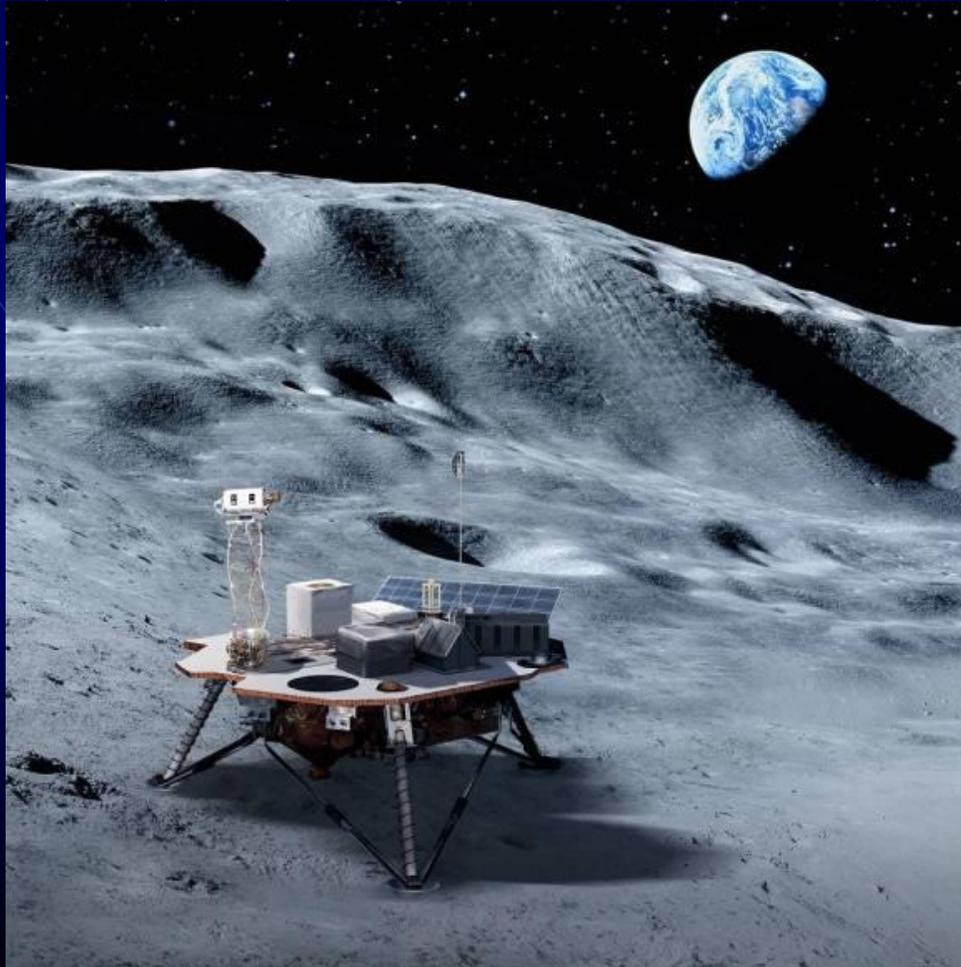
NASA的儀器；外包民間企業

... another small step, now by a woman ...

Artemis：希臘月球女神；

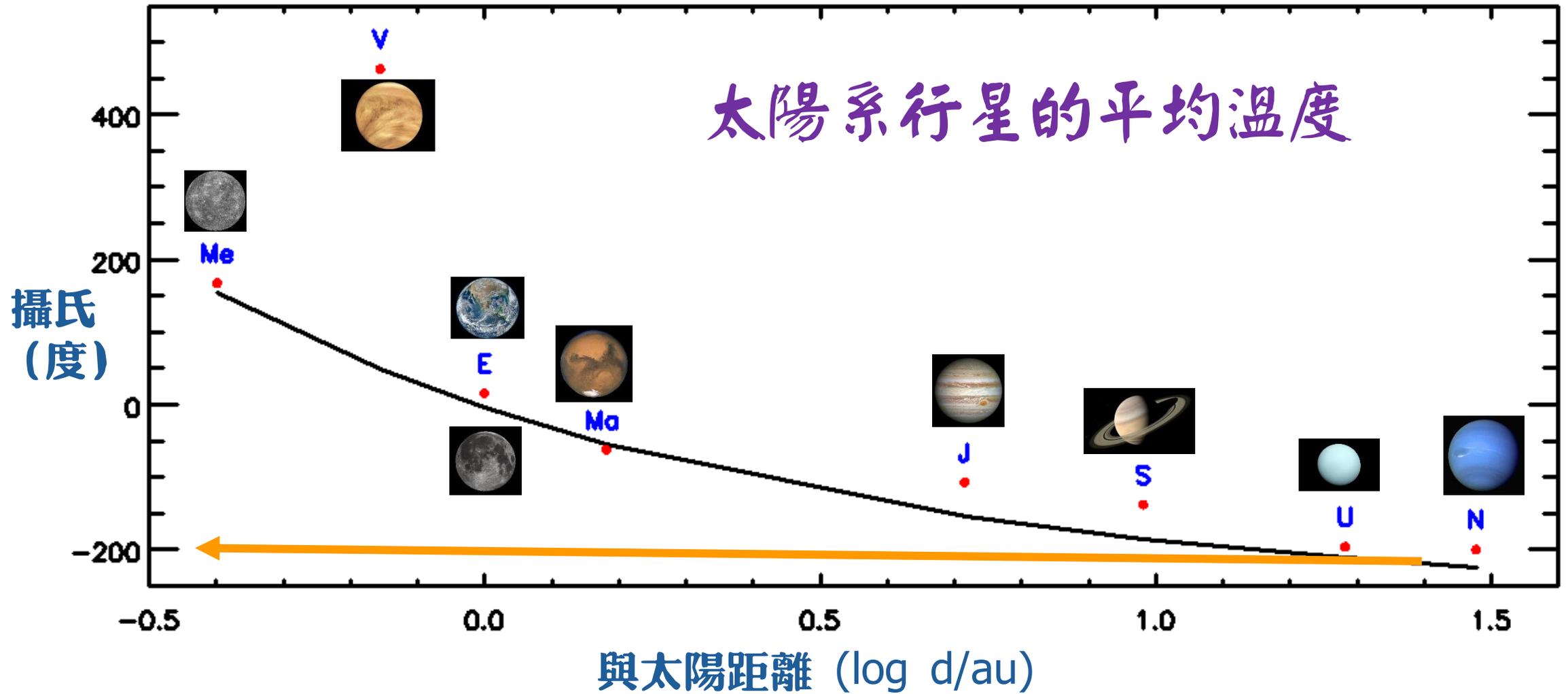
阿波羅的學生妹妹...

羅馬則為 Diana





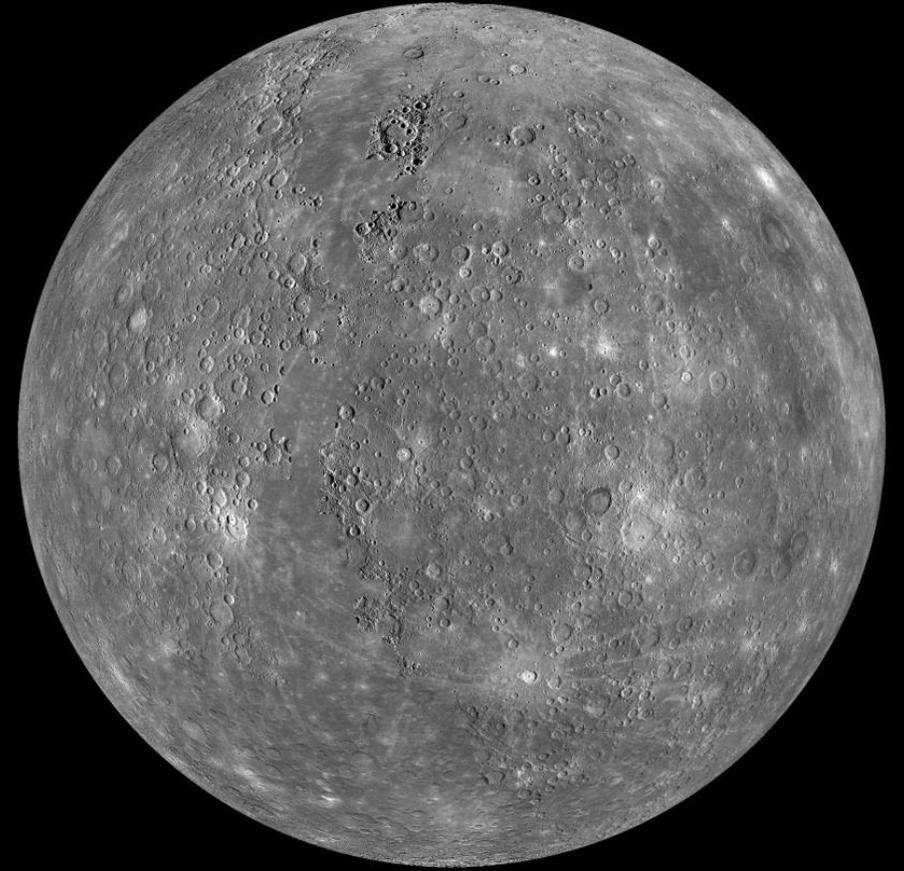
# 太陽系行星的平均溫度



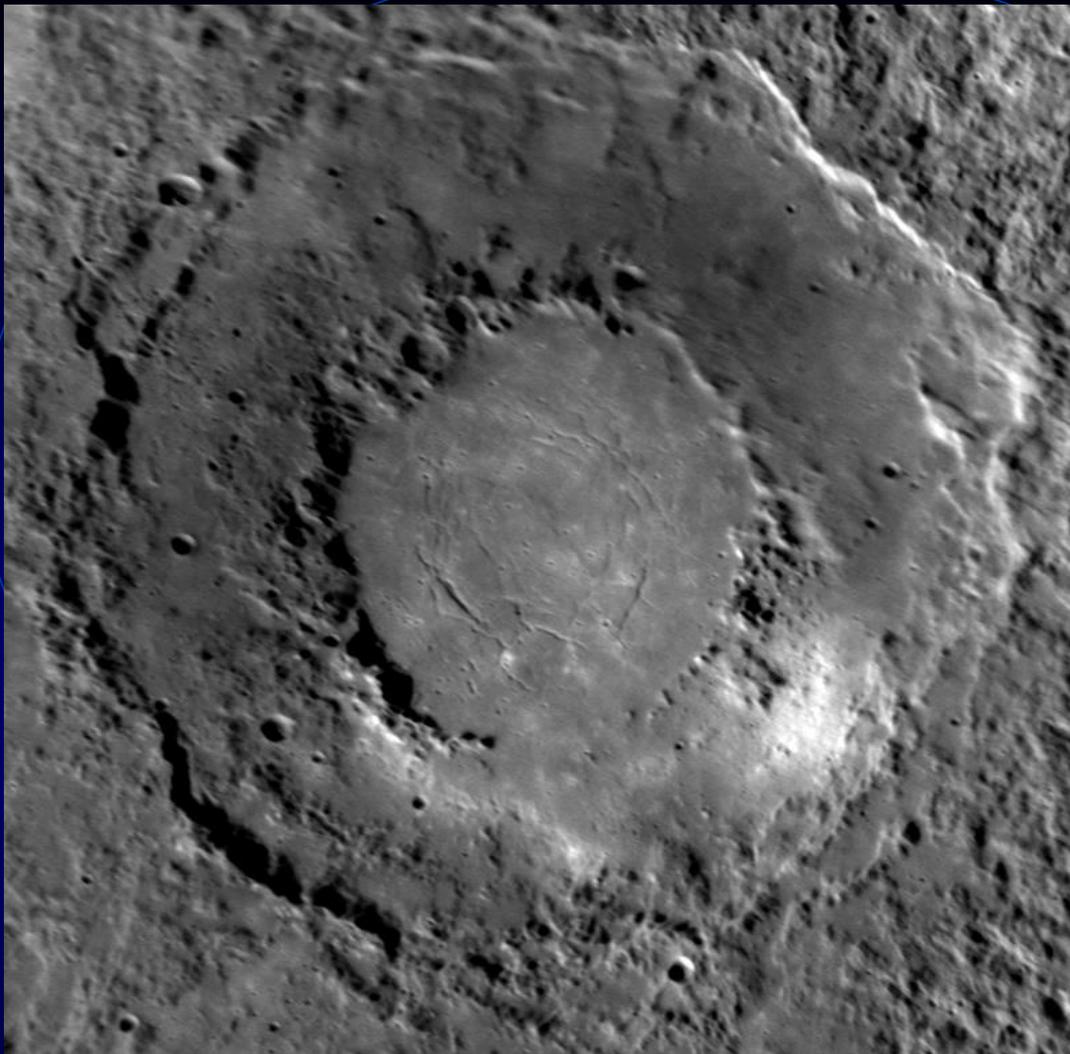
水 金 地 火 木 土 天 海

# 水星 (Mercury)

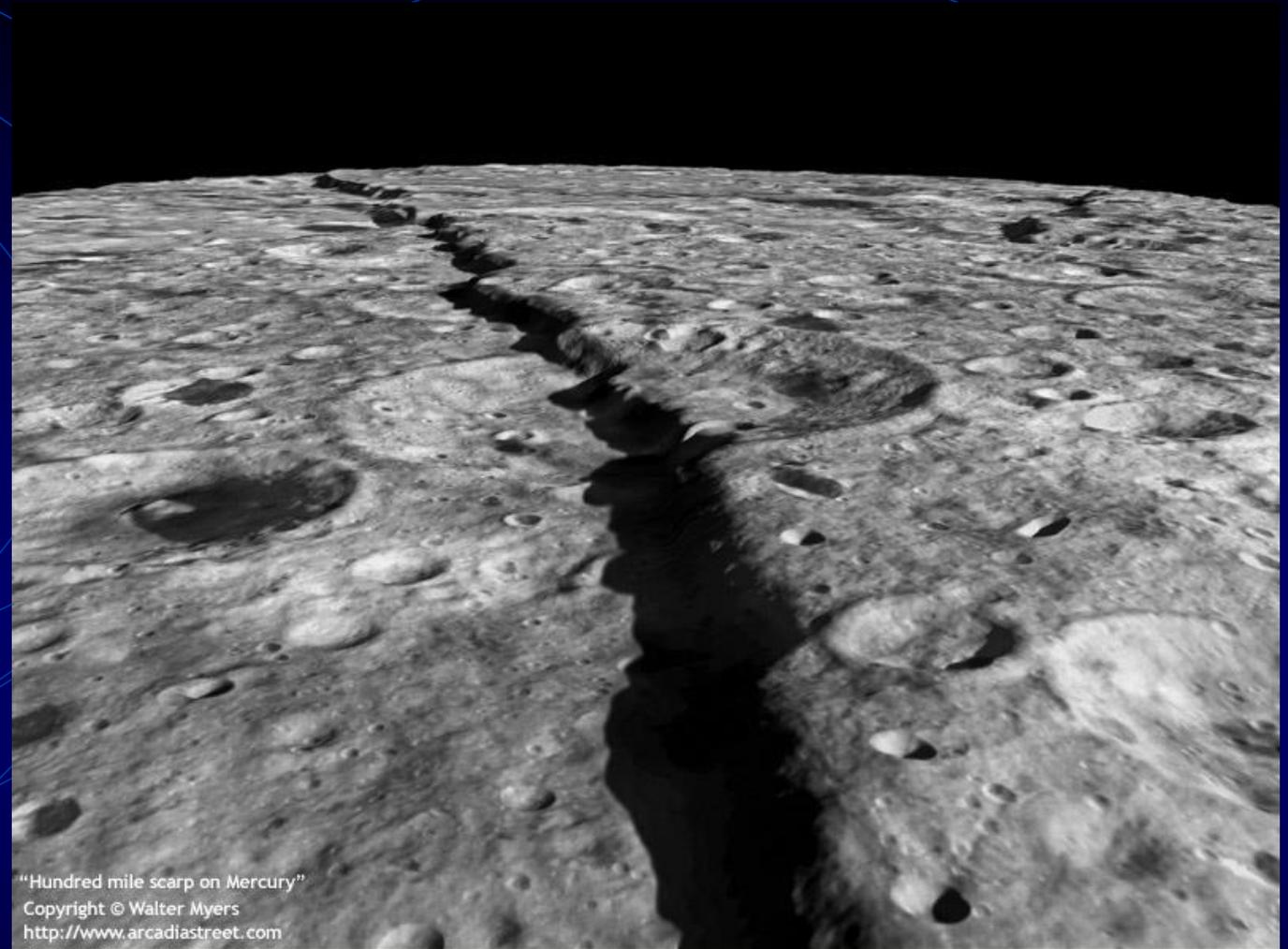
- 38% 地球半徑
- 隕石坑多 (外觀→月球)
- 離太陽最近的行星
- 幾乎沒有大氣層 為什麼？  
少數氣體來自岩石擠壓，  
以及太陽風 (主要是氫與氦)
- 日、夜溫差大  $350^{\circ}\text{C}$  to  $-170^{\circ}\text{C}$
- 太陽潮汐力 (公轉<sub>88天</sub>兩次，自轉<sub>58.7天</sub>三次)







A double-ring basin Sep 29, 2009  
Outer ring D=260 km



"Hundred mile scarp on Mercury"  
Copyright © Walter Myers  
<http://www.arcadiastreet.com>

A long scarp (=cliff)  
Sep 29, 2009



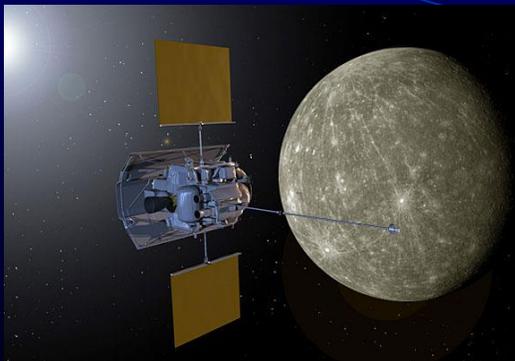
# *Messenger* 任務 2004.08 ~ 2011.04

(MErcury Surface, Space Environment, Geochemistry, and Ranging)

flyby of Earth (2005.08), Venus (2006.10, 2007.06),

Mercury (2008.01, 2008.10, 2009.09),

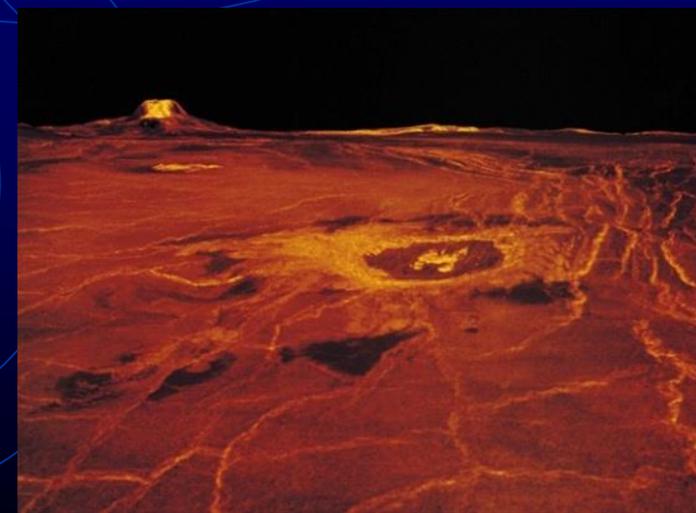
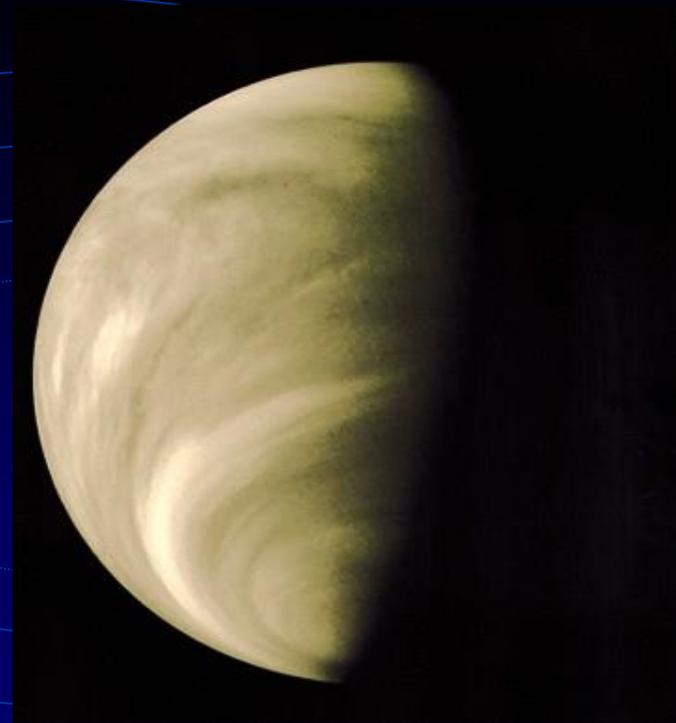
and orbiter (2011.03)





# 金星 (Venus)

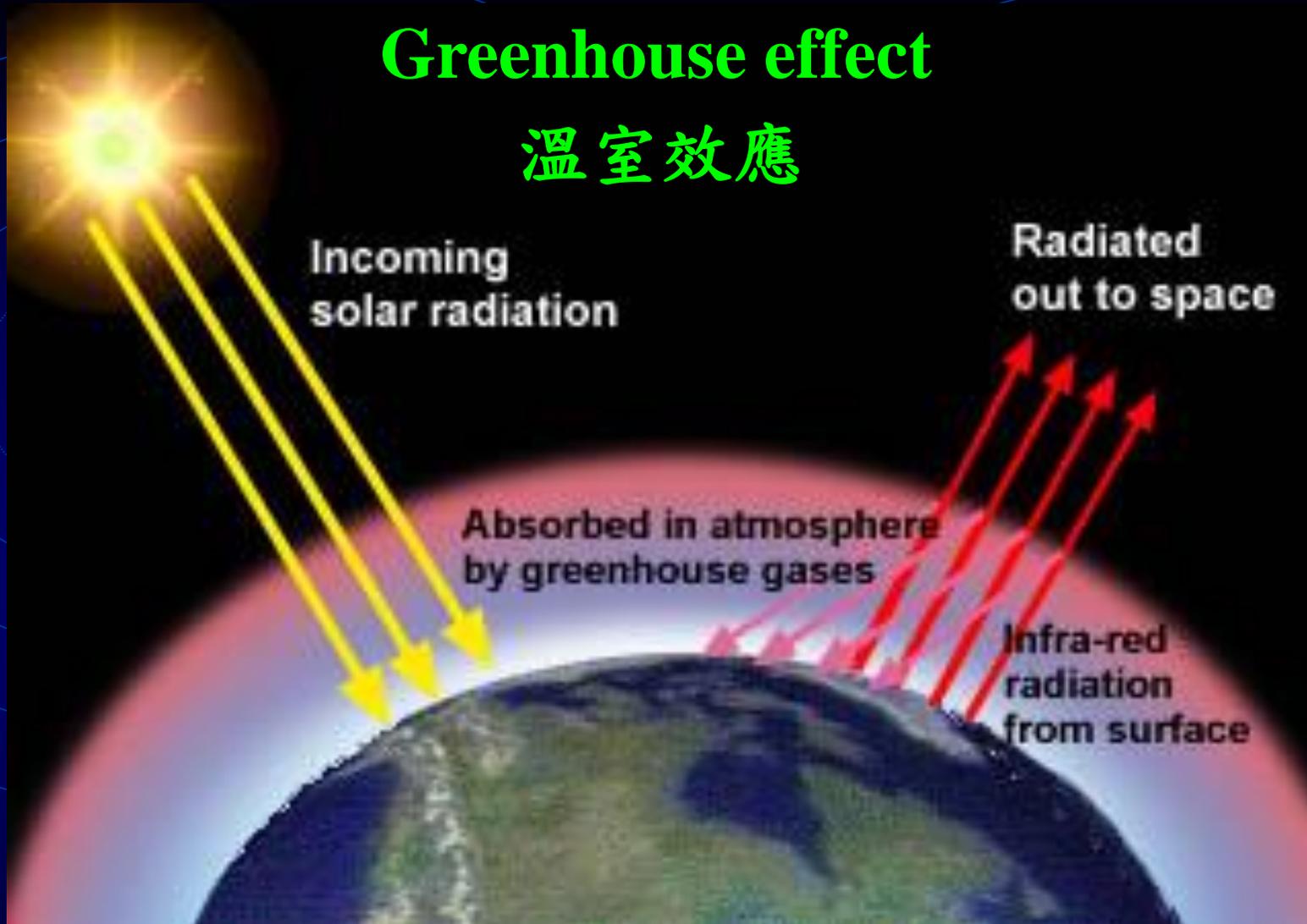
- 凌晨，黃昏地平面上；耀眼
- 離地球最近的行星
- 沒有磁場
- 大小與地球相當 ( $=0.948 R_{\oplus}$ )
- 自轉方向與其他行星相反
- 厚重的大氣
  - 嚴重的「**溫室效應**」(Greenhouse effect)
  - 表面溫度極高 (太陽系中最熱的行星)
- 麥哲倫號發現曾經有火山 (岩漿) 活動





# Greenhouse effect

## 溫室效應

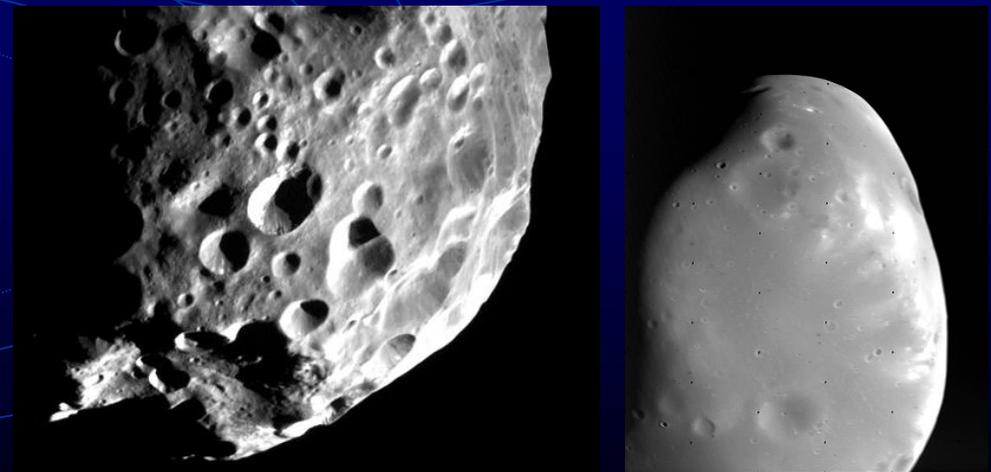


陽光（主要是可見光與紫外線）照射，地表受熱後輻射紅外線與微波，這些長波輻射容易被大氣分子吸收



# 火星 (Mars)

- **紅色**外觀源於土壤及大氣中的氧化鐵（鐵鏽）
- ✓ 直徑 6792 公里 = 地球 53%
- ✓ 質量為地球 1/10
- ✓ 自轉軸傾斜24度，有季節變化，兩極有冰 → **極帽** (polar caps)
- 二顆小衛星 (<10公里)，Phobos ('fear') 及 Deimos ('panic') 形狀皆不規則，為攫獲之小行星；Phobos 越來越接近火星





火星表面的奧林帕斯（火）山  
(Olympus Mons) 達27公里高

caldera  
(火山)

Q：地球也有火山活動，為何  
地表最高的山脈只有8公里高？





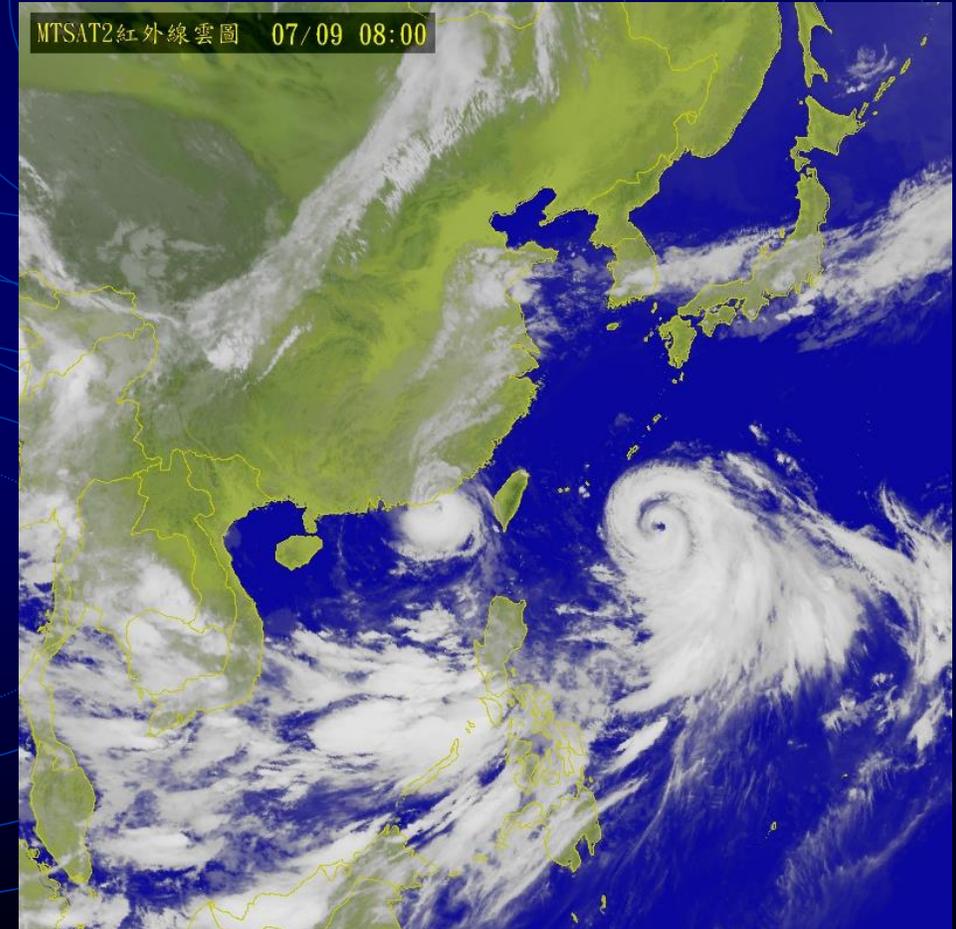
# 木星 (Jupiter)

- 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；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



# 木星的大紅斑

最早觀測於17世紀，為大氣高壓系統，位於木星南半球，反時鐘方向，高於周遭雲層



加利略1610年發現木星四顆衛星  
(Galileo satellites)：

Io (木衛一)

Europa (木衛二)

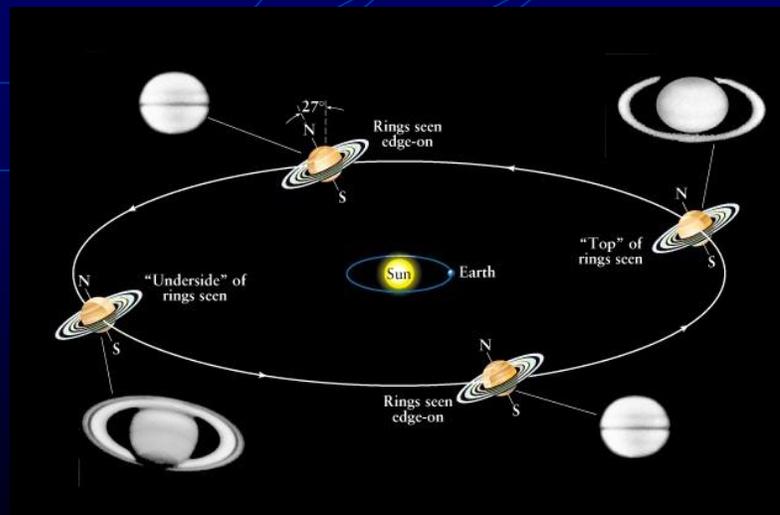
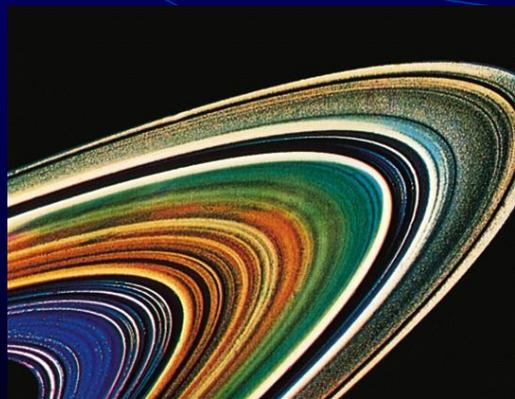
Ganymede (木衛三)

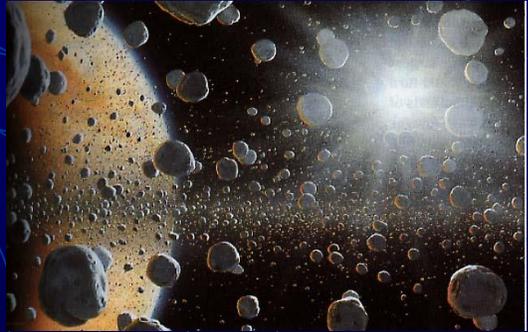
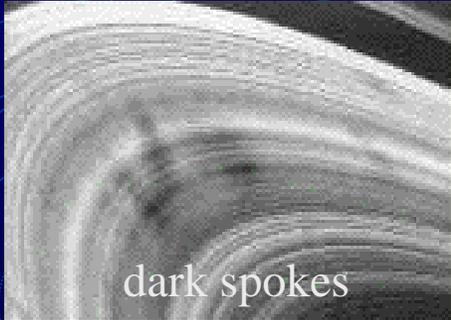
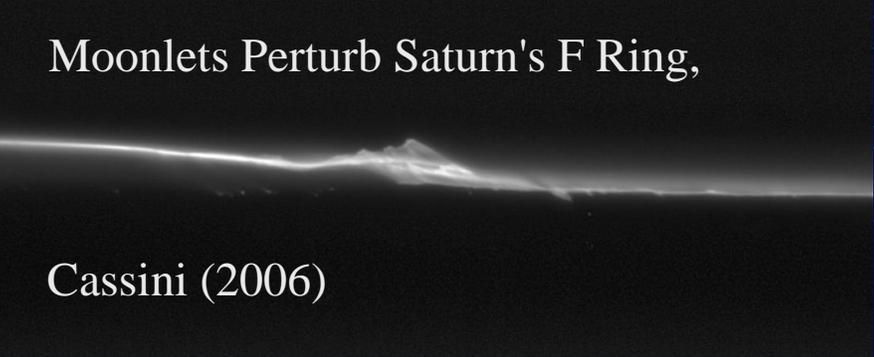
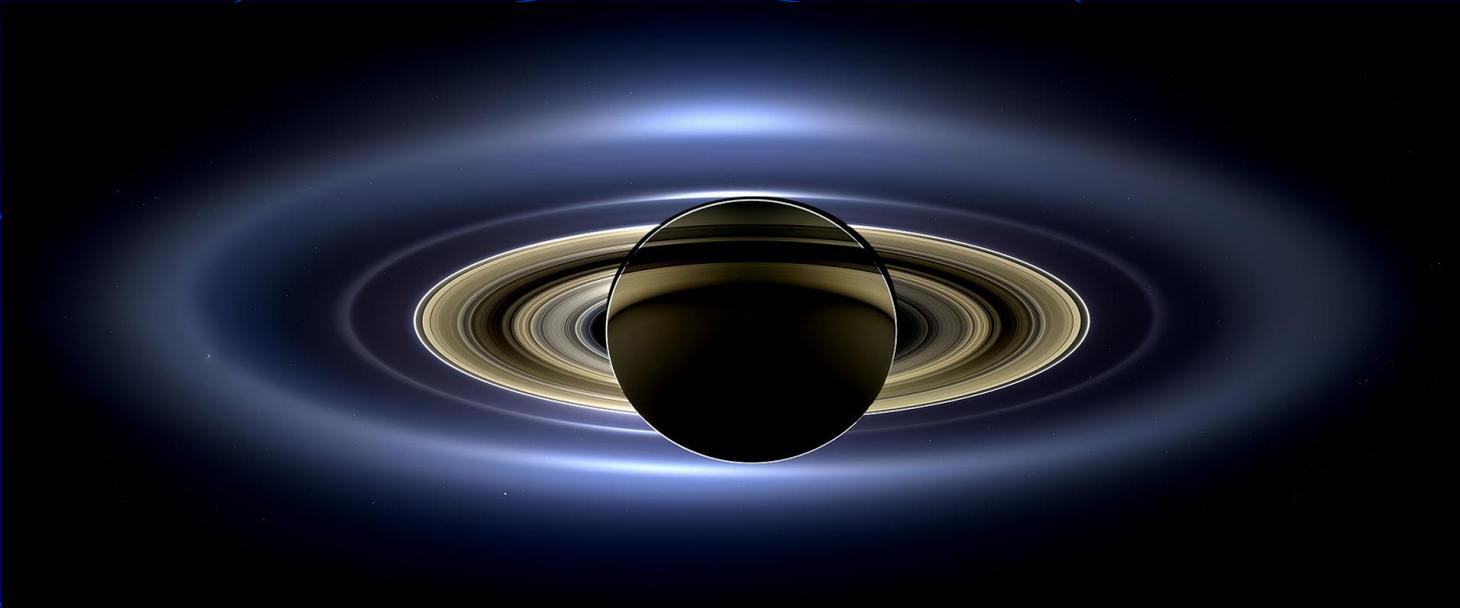
Callisto (木衛四)



# 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



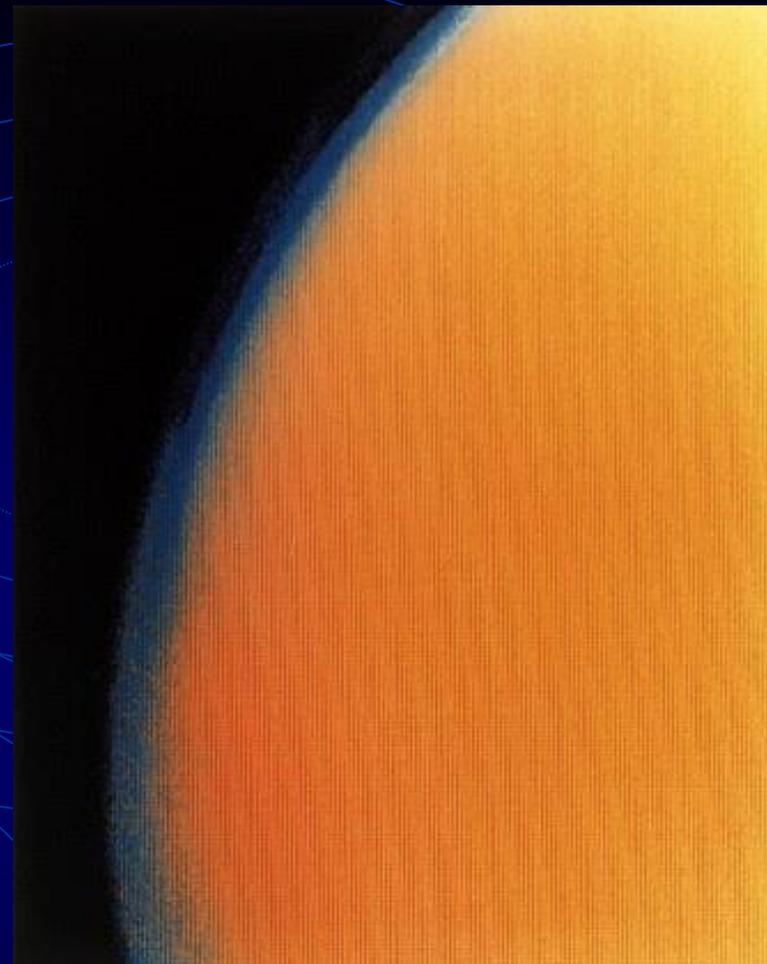




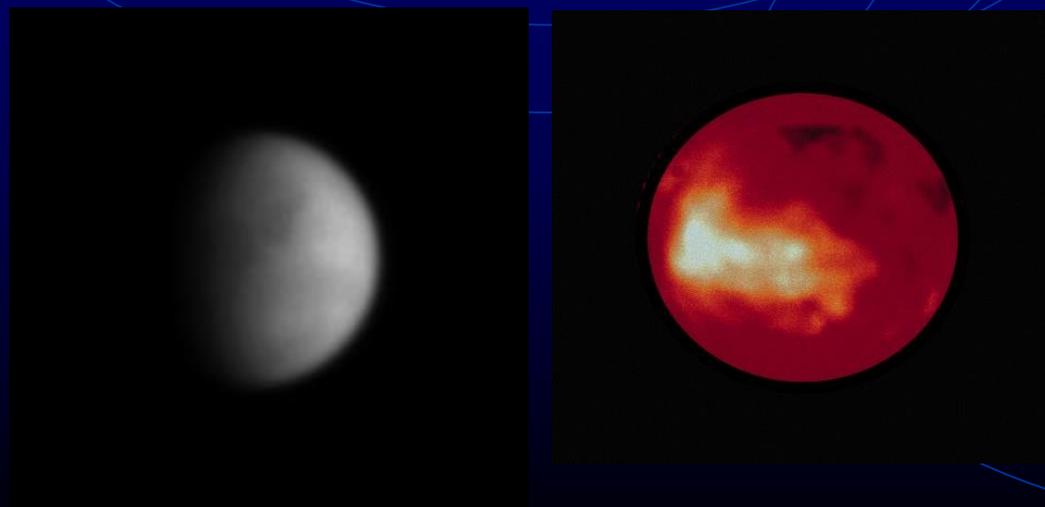
# 泰坦 (Titan) —— 土星的衛星

1655 年由 Christiaan Huygens 發現

擁有厚重的大氣層，充滿氮氣  
(90%)、甲烷，以及其他碳氫  
化合物



By Voyager 2

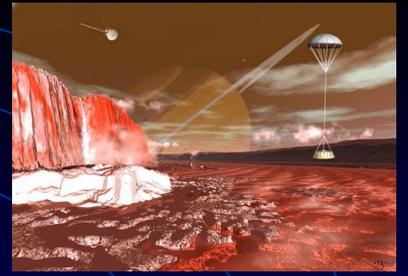


By HST in 1994

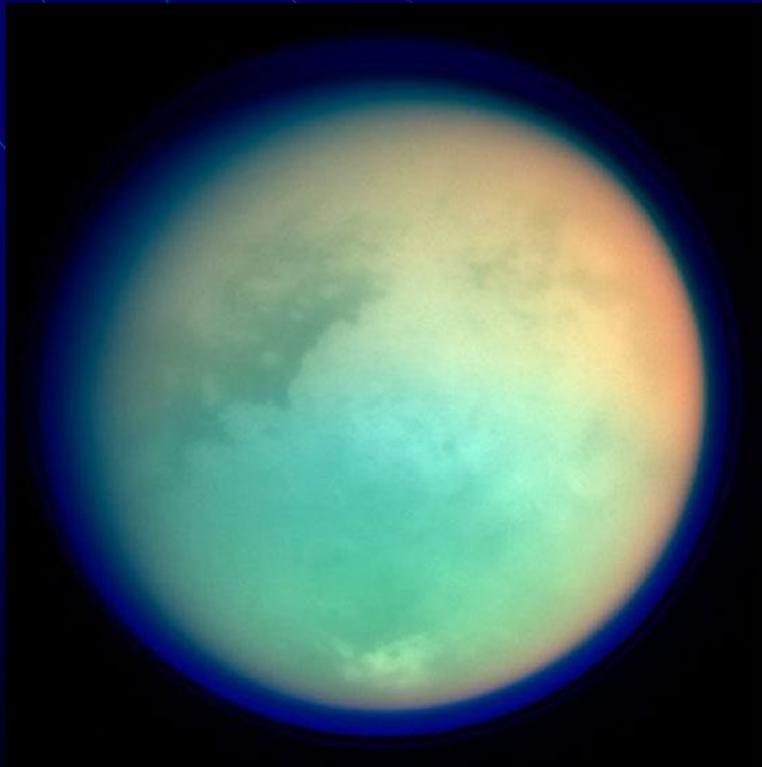


# Cassini-Huygens

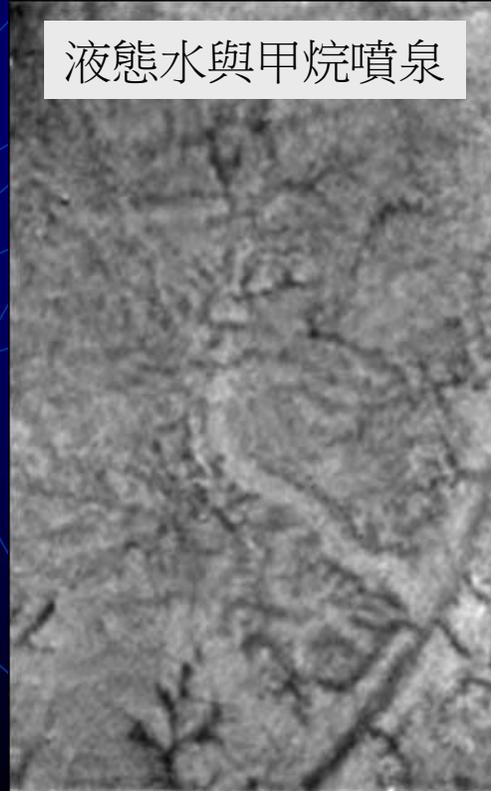
MISSION TO SATURN & TITAN



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



液態水與甲烷噴泉

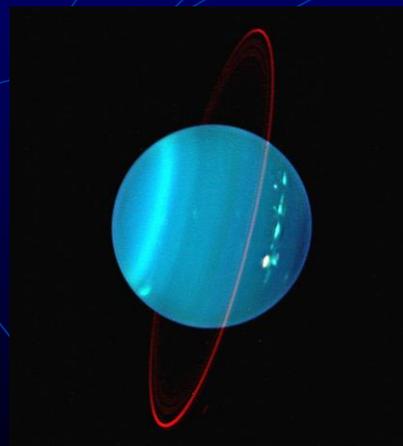


10幾cm的鵝卵石



# 天王星 (Uranus)

- 1781年由赫歇爾 (Wilhelm/William Herschel) 以自製的 (16公分) 望遠鏡發現
- 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
- 沒有明顯特徵
- 有行星環
- 視星等 +5.6~5.9

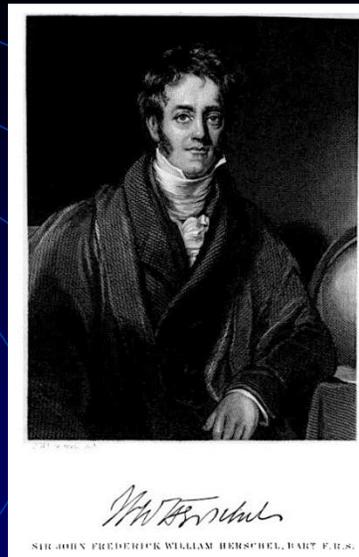


- 威廉·赫歇爾是音樂家、光學專家，天文學家；發現天王星

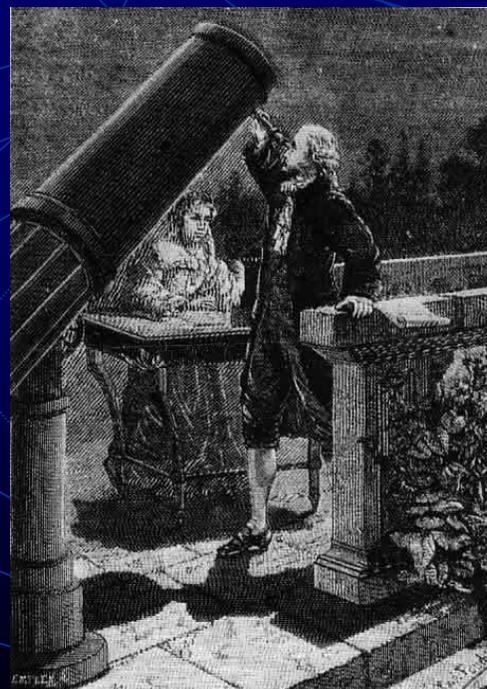
- 其妹卡洛琳·赫歇爾 (Caroline Herschel) 為史上首位女性天文學家，在其97年生涯，發現 2500 個星雲，及 8顆彗星

- 其子約翰·赫歇爾 (John Herschel) 爵士，也是天文學家，首倡使用儒略日；發現多顆衛星

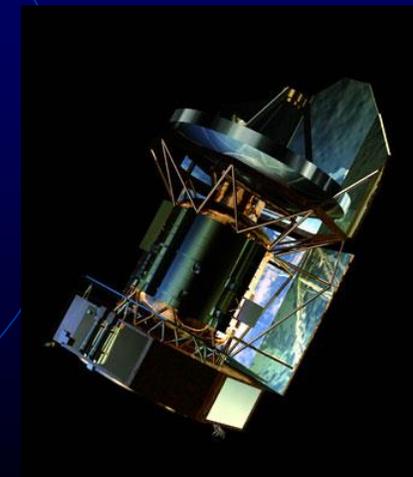
[Herschel's Symphony No 14 in D-major](#)



<http://www.agnesscott.edu/Lriddle/women/herschel.htm>



Herschel Space Telescope

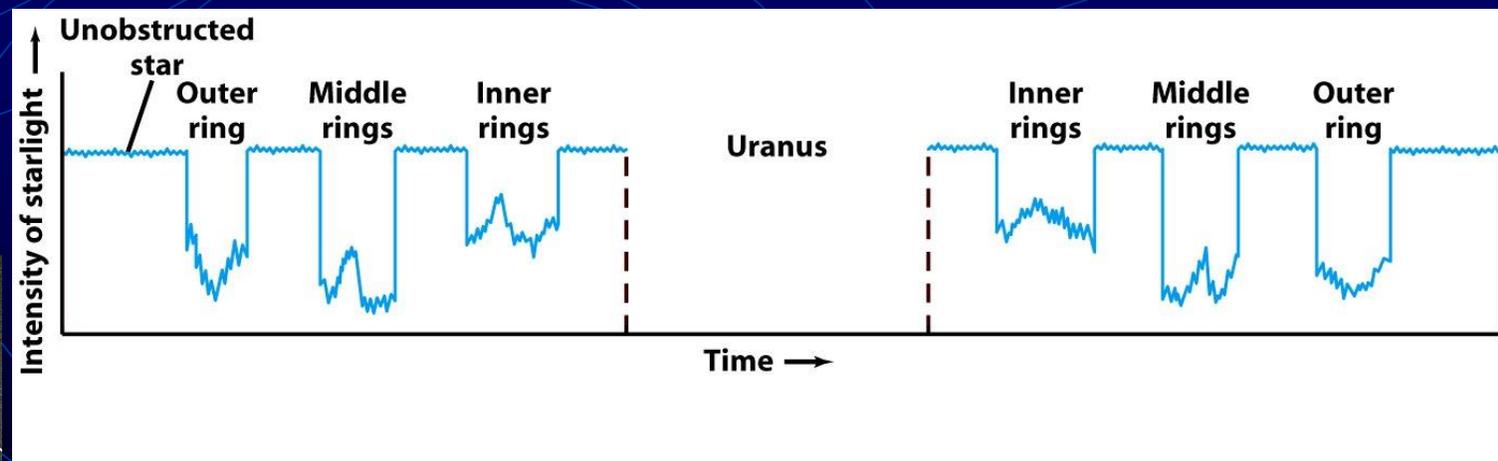
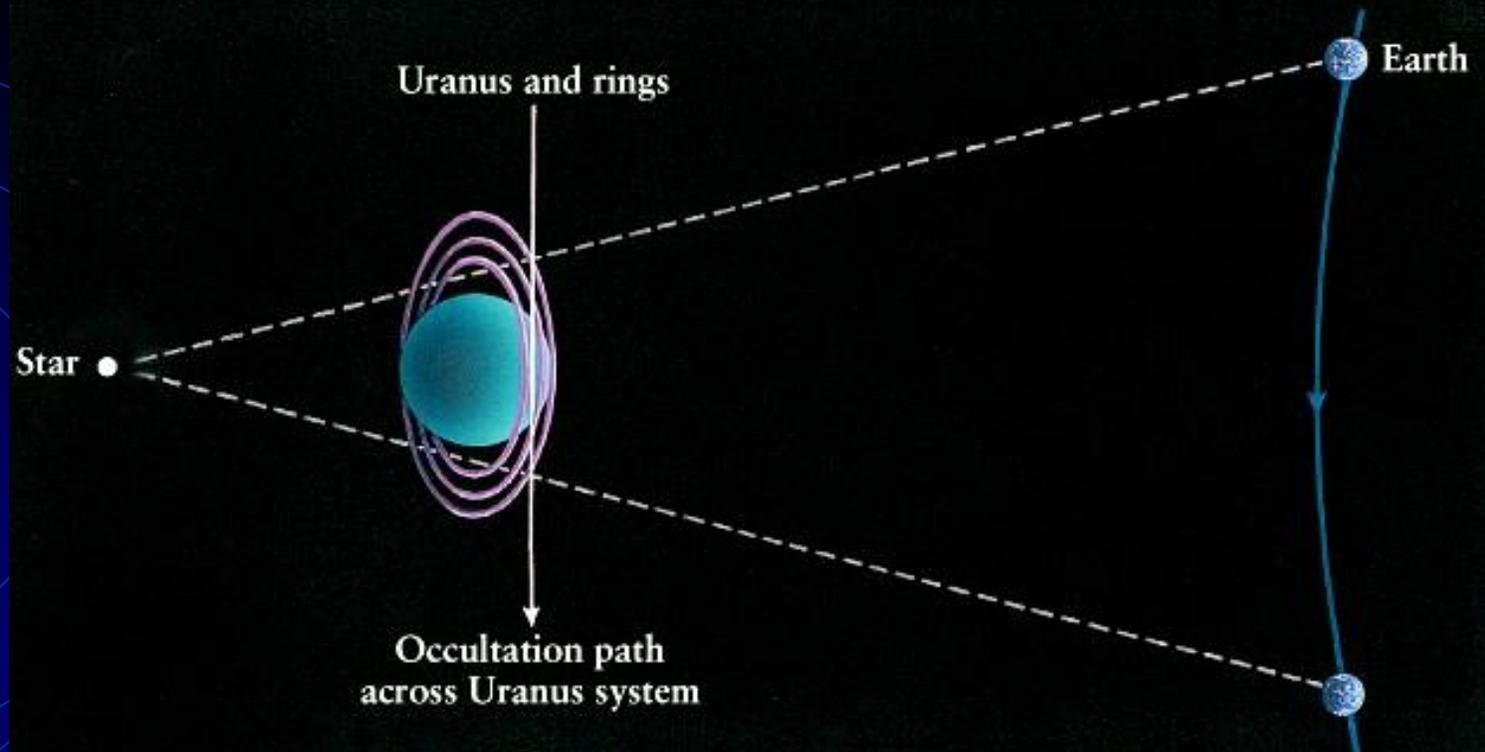


■ 1797年威廉赫歇爾即懷疑天王星可能有環

■ 1977 利用Kuiper Airborne Observatory 觀測掩星，以研究天王星大氣，意外發現光環

■ 1986年航海家二號取得光環影像

■ 顆粒極暗黑（反照率2%），成分不明



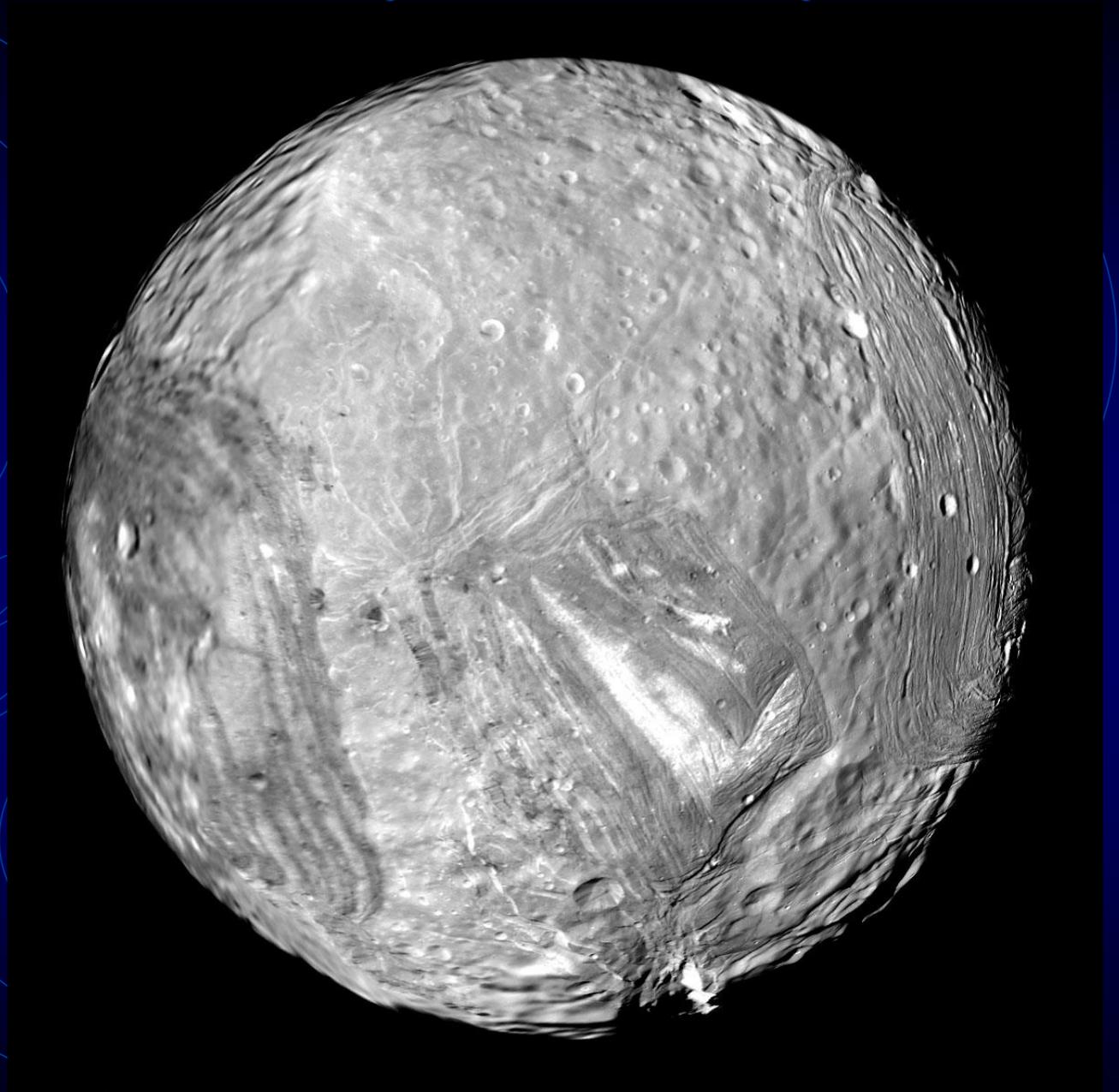
## Miranda (天衛五)

1948 年由 Gerard Kuiper  
發現，以莎士比亞戲劇  
「暴風雨」人物命名

航海家二號 1986 年飛掠海  
王星，當時米蘭達以南半  
球對著太陽

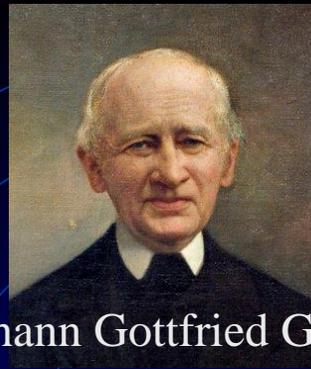
大小約 480 公里

均溫  $-213^{\circ}\text{C}$

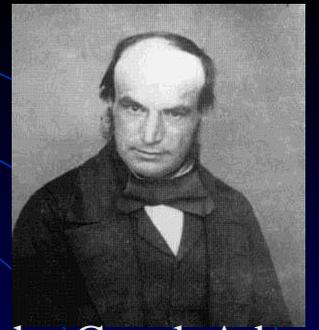


# 海王星 (Neptune)

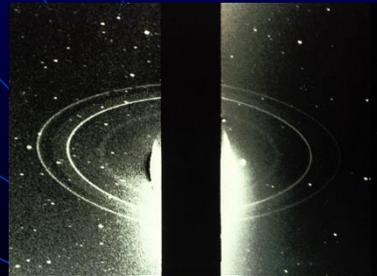
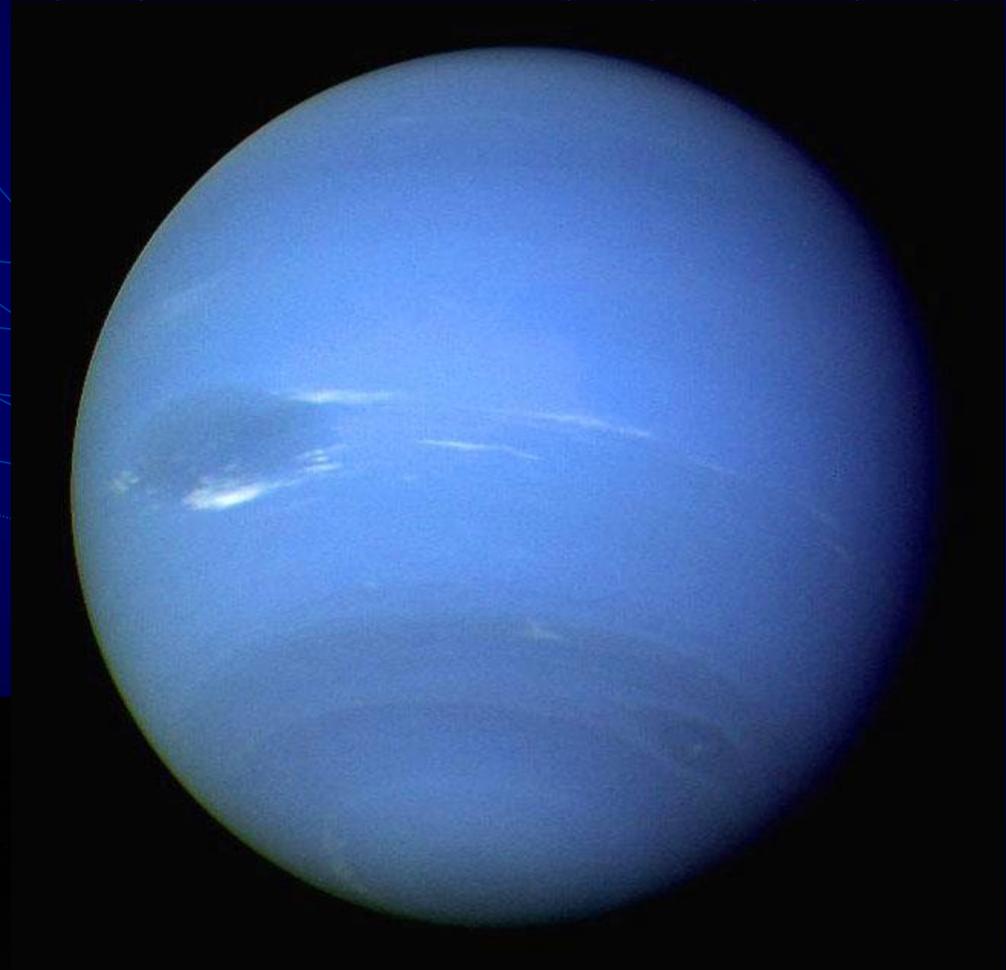
- 1846年法國 Le Verrier 由天王星不規則的軌道推算出海王星位置，由 Galle (9月23/24日；柏林天文台) 發現，誤差不到1度
- 之前於1845年由英國 John Couch Adams 已有類似預測，但是 ...
- 天王星的發現為牛頓力學的成就
- 大暗斑 (們) (短期颱風)
- 有環 (石塊而非冰塊)



Johann Gottfried Galle

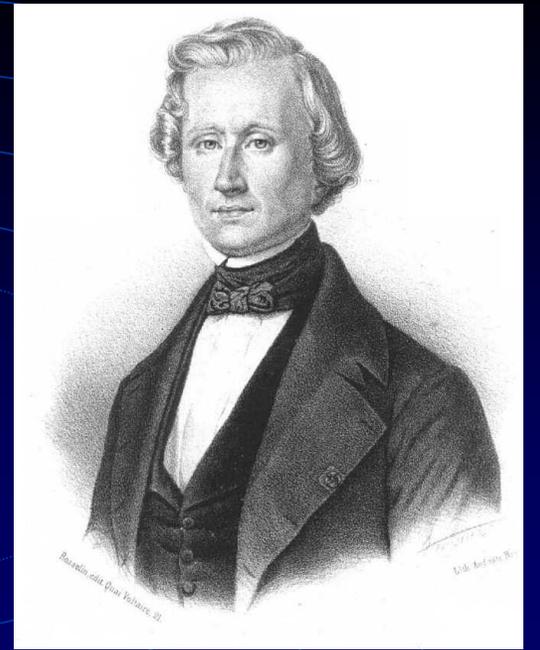


John Couch Adams

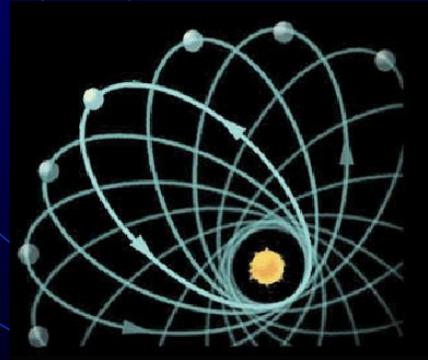


19世紀法國數學家 Urbain Jean Joseph Le Verrier 只用數學以及當時已知行星的觀測位置，預測出海王星的存在及其位置

另外發現水星軌道異常，無法以牛頓力學解釋，其中一種可能是有顆行星介於水星與太陽之間，稱做 **Vulcan**（火山之神）

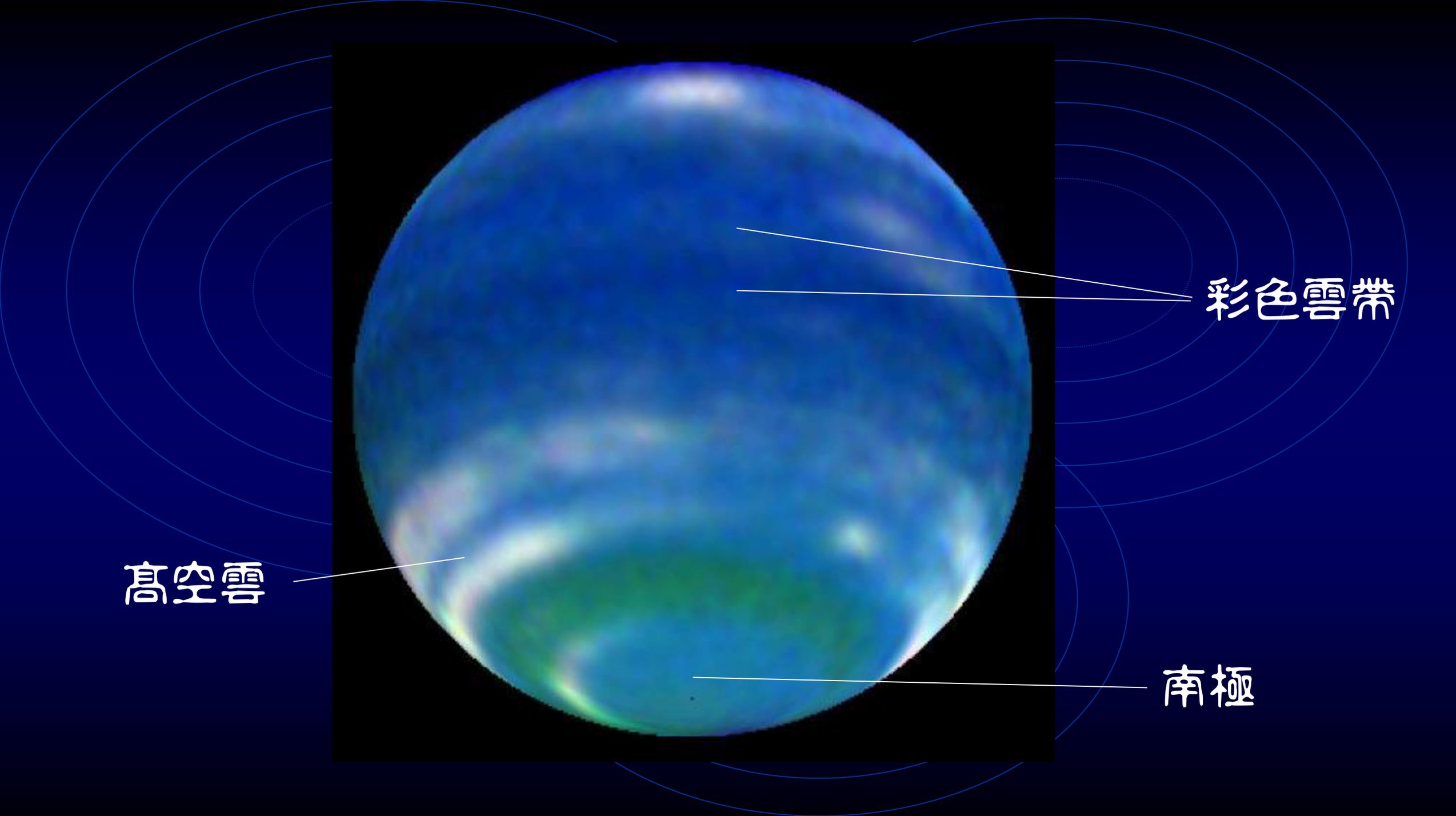


現在知道 **Vulcan** 不存在，而水星的進動可以用廣義相對論解釋



Animation -- <https://www.youtube.com/watch?v=D-6xJIReX9M>

Vulcan salute



彩色雲帶

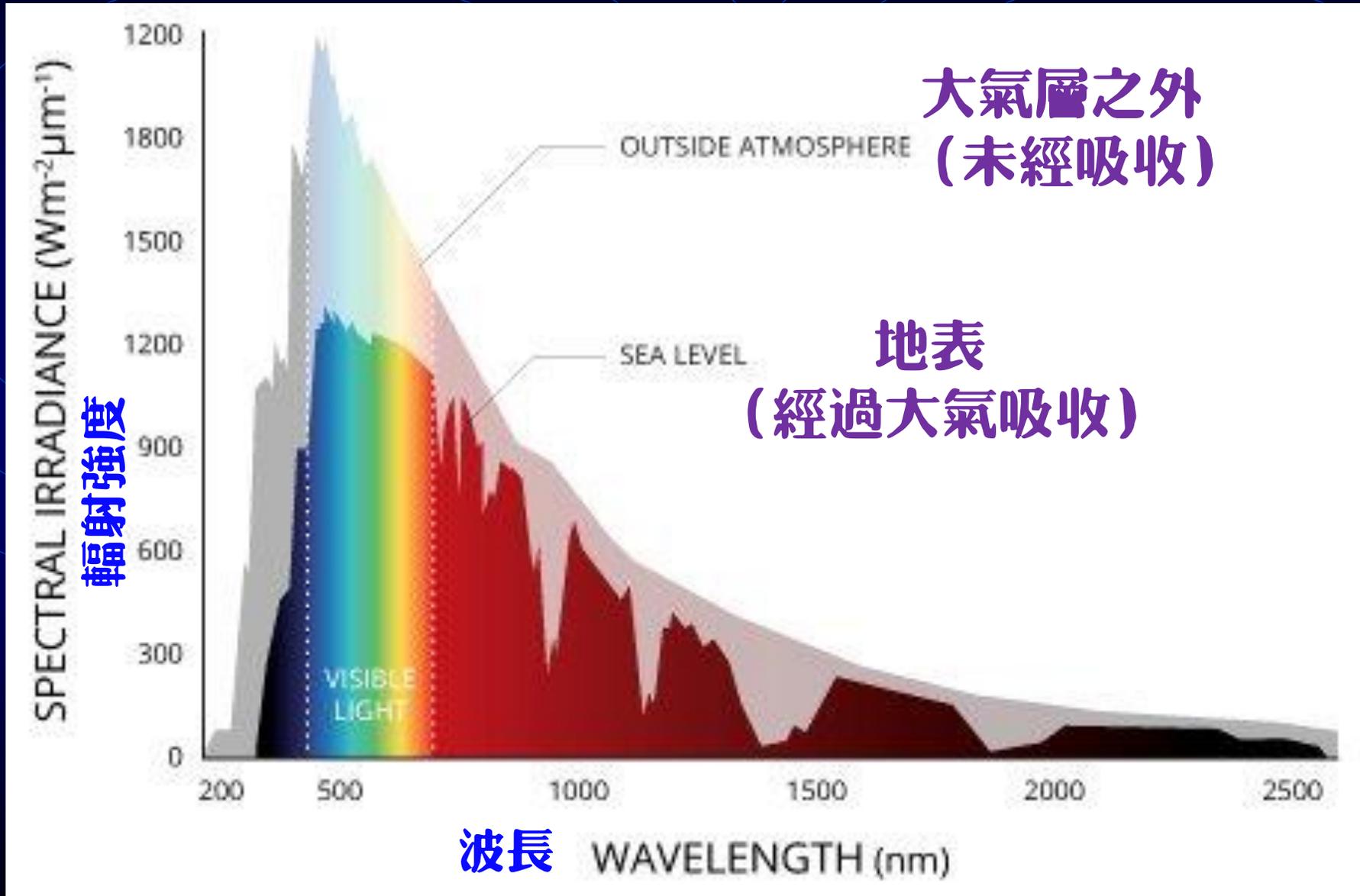
高空雲

南極

為什麼天王星、海王星外觀都呈現藍綠色？

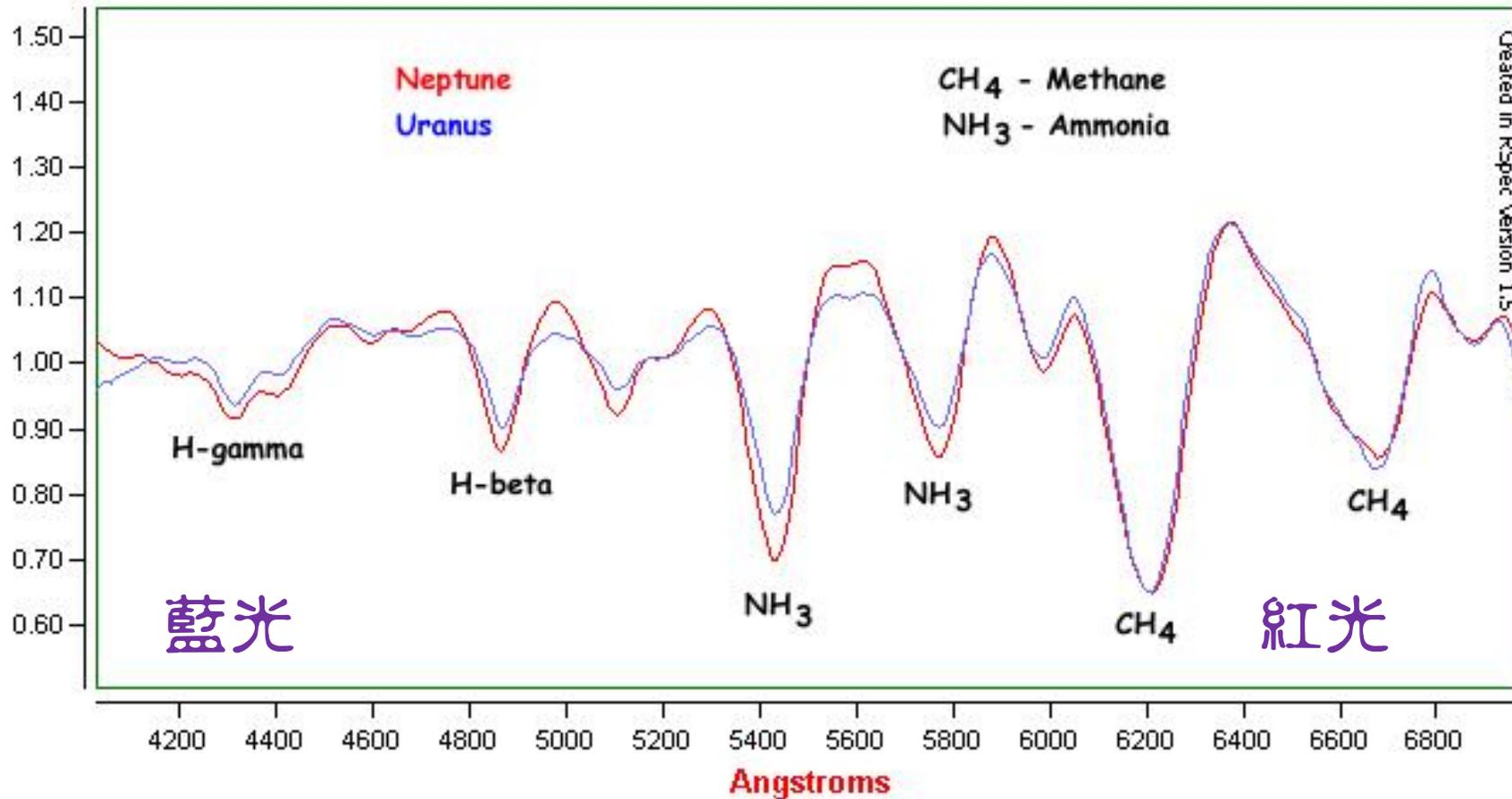
來點化學怎麼樣？

# 太陽輻射隨波長變化的情形



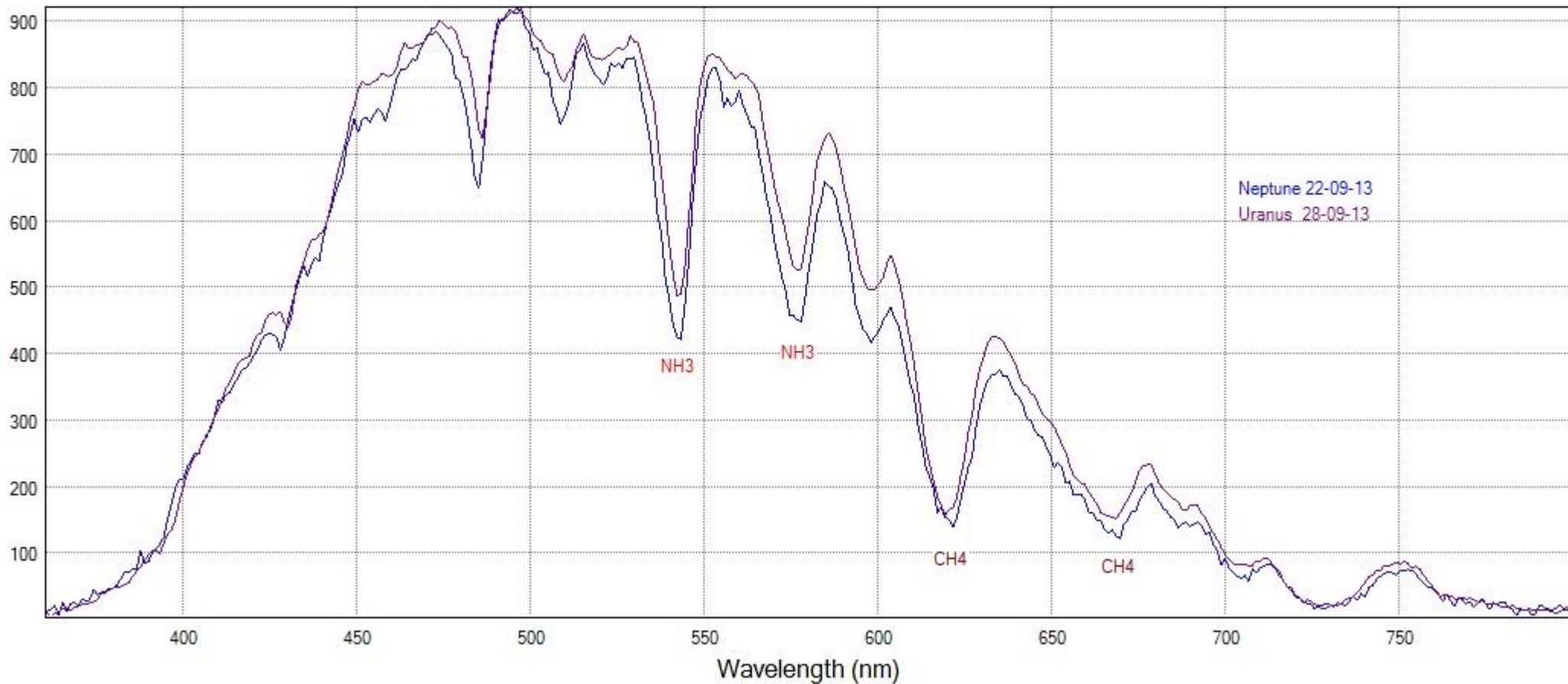
# 天王星與海王星大氣富含甲烷與氨氣

Uranus & Neptune 2013



80mm f/6 APO, Star Analyser 100, Atik ATK-16 Jim Ferreira, Livermore CA

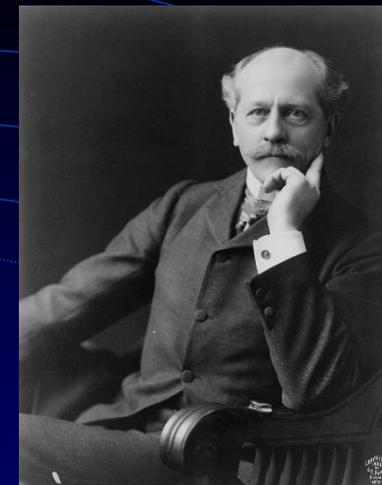
# 甲烷吸收長波（紅色）輻射 → 反射後剩下偏藍顏色



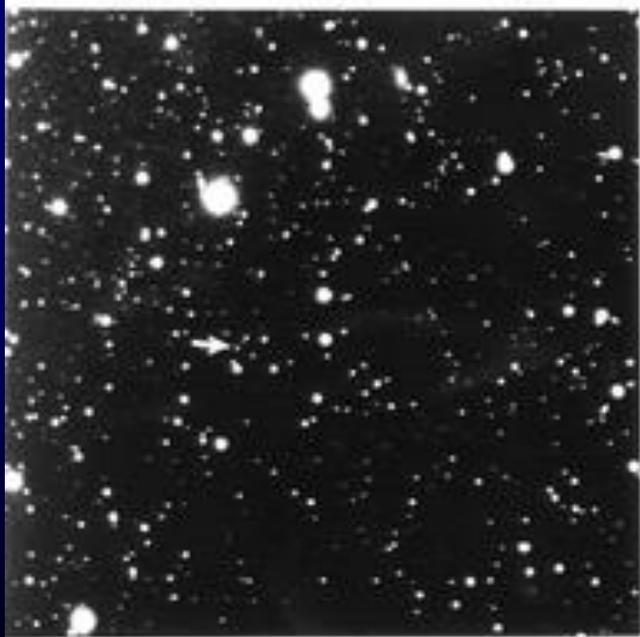
# 冥王星 (Pluto)

- 1930年Tombaugh 繼續 P. Lowell 未完志業，Lowell 天文台以海王軌道擾動尋找未知行星

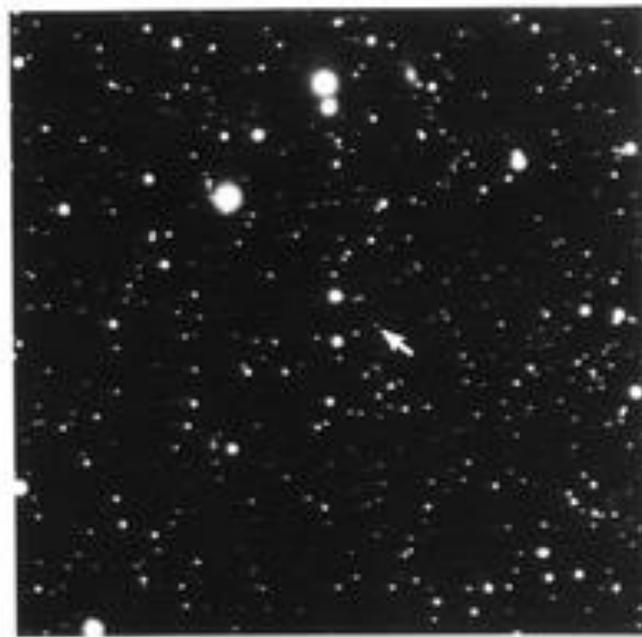
Animation -- [https://www.youtube.com/watch?v=sinW\\_QxFwdA](https://www.youtube.com/watch?v=sinW_QxFwdA)



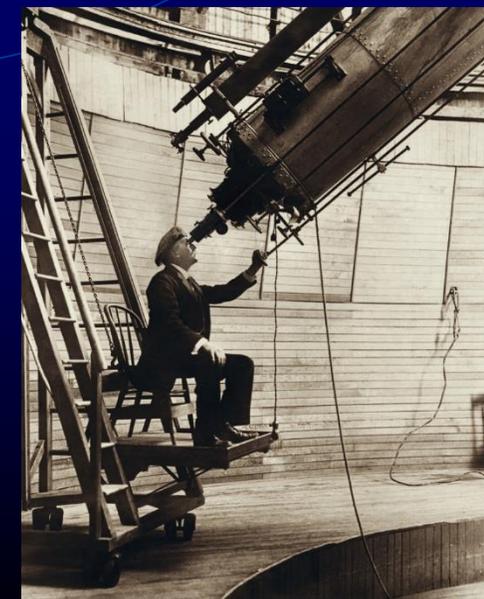
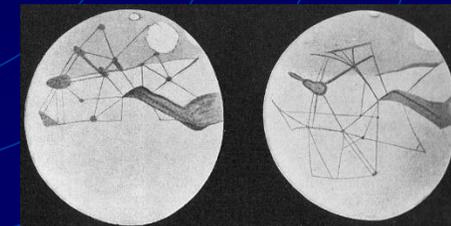
DISCOVERY OF THE PLANET PLUTO



January 23, 1930



January 29, 1930



- 發現冥王星是個美麗的誤會 ...

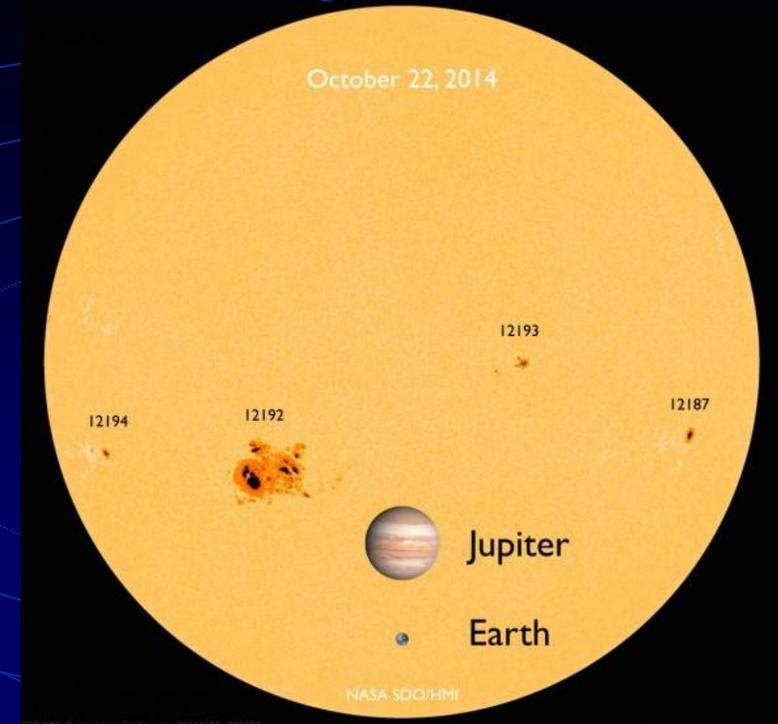
Lowell 預測未知行星應有 7 倍地球質量  
但 Pluto 實際上只有 0.002 倍！甚至  
只是月球 ~18% → 根本不足以造成  
擾動 → 禍首還沒出現？

- 離太陽遠，卻很小

- 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

→ 行星中的異數

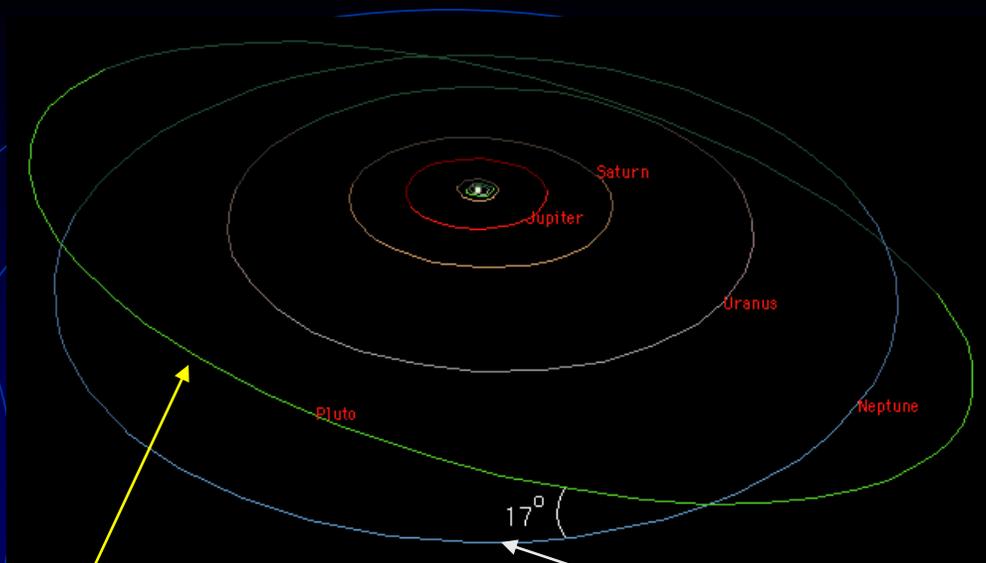
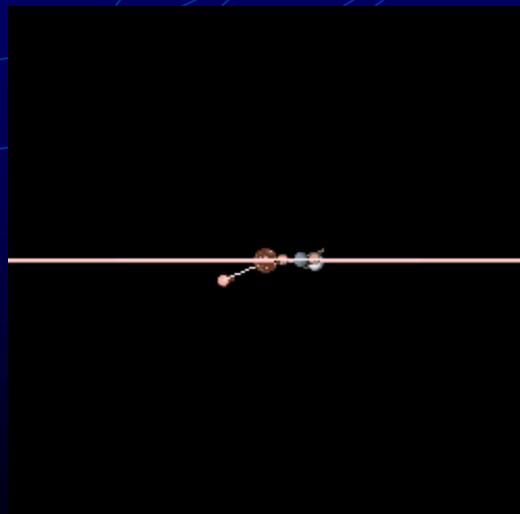


冥王星的橢圓軌道比其他行星狹長，且與黃道面傾角也較大(17度)

離太陽遠，但體積比月亮還小，不像其他同樣距離遠的大型行星，眾多性質與行星格格不入

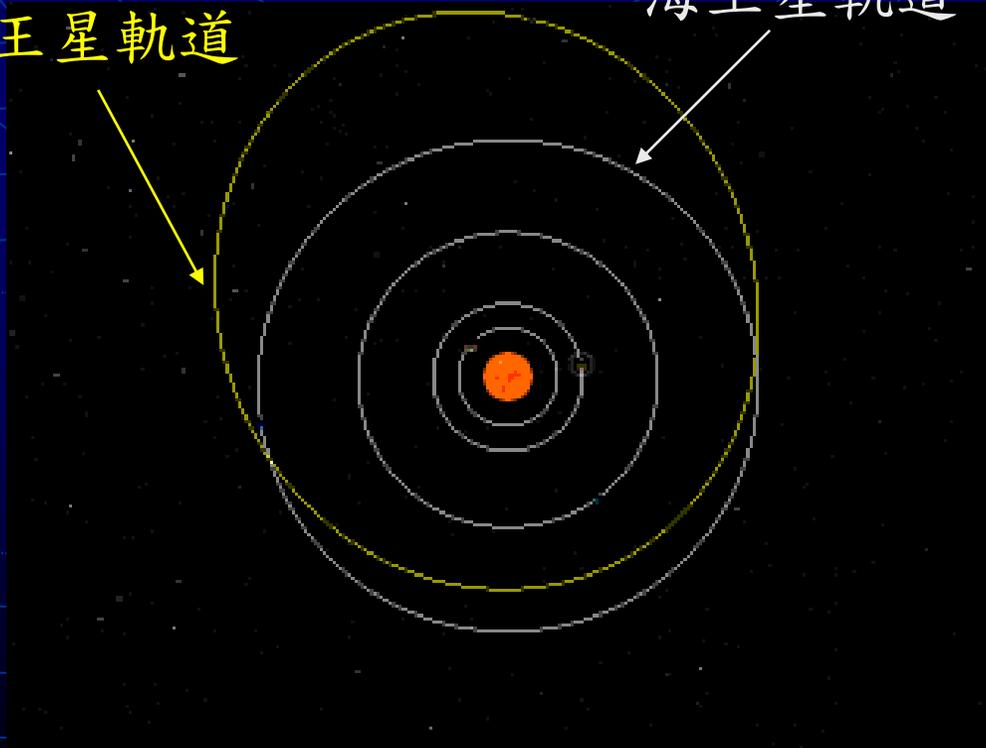
2006年起歸類於「矮行星」

寧為雞首  
不為牛尾



冥王星軌道

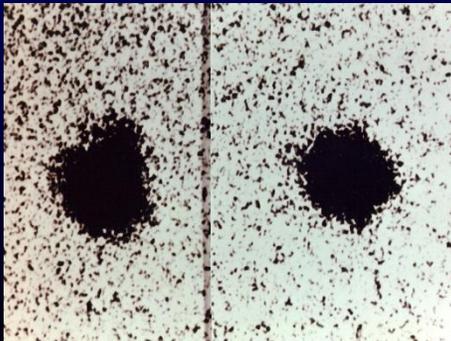
海王星軌道



## 冥王星估計的質量

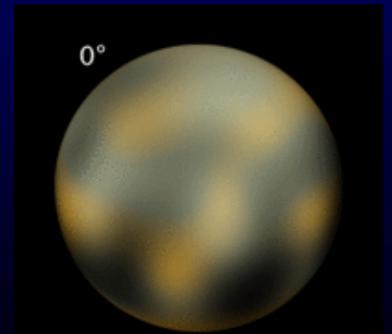
年份	質量 $M_{\oplus}$	估計者
1915	7	Lowell (預測X行星)
1931	1	Nicholson & Mayall
1948	0.1	Kuiper
1976	0.01	Cruikshank, Pilcher, & Morrison
1978	0.0015	Christy & Harrington
2006	0.00218	Buie et al.

發現衛星  
Charon

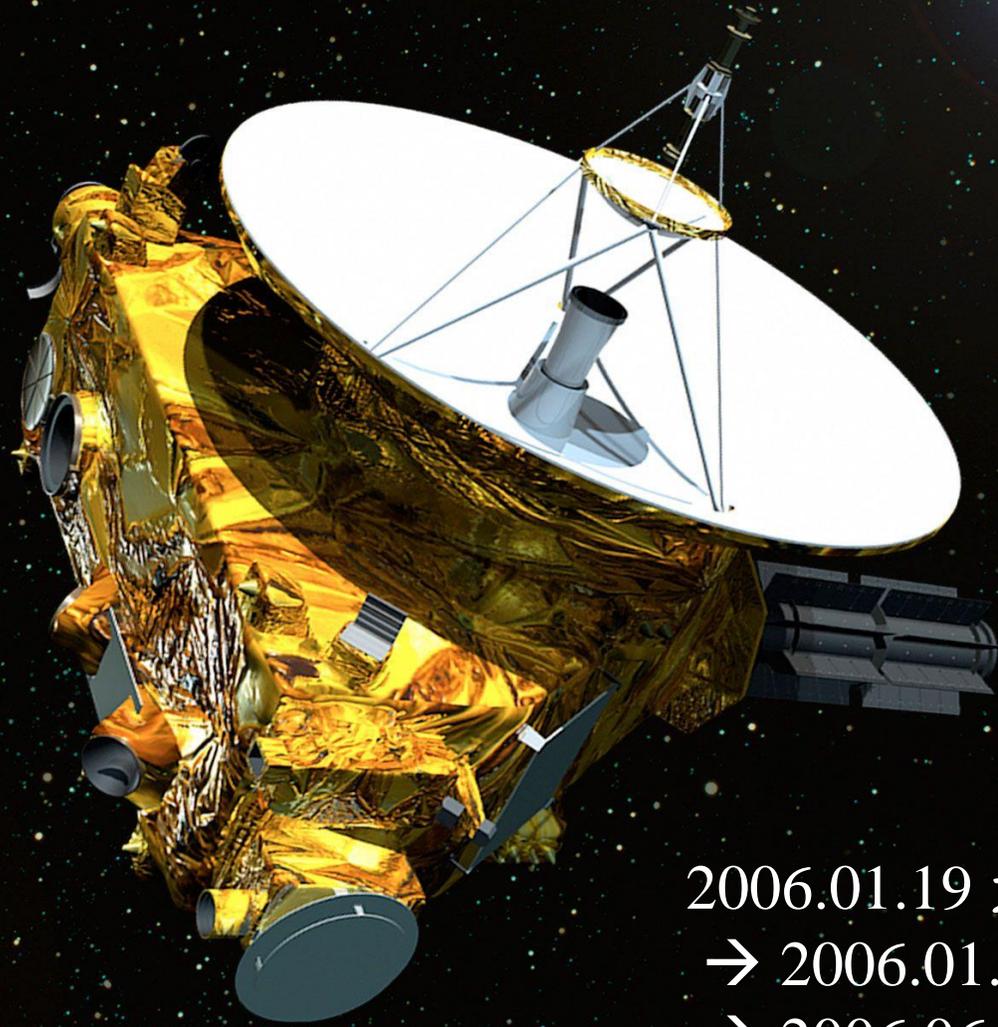


1978年美國海軍天文台 James Christy 檢視不同時期所拍攝的冥王星影像，注意到隨時間變化的c形狀突起特徵 → Charon

HST  
2002/2003



# 新視野號 New Horizons



2006.01.19 地球

→ 2006.01.20 月球

→ 2006.06 小行星 APL

→ 2007.02 木星

→ 2015.07.14 冥王星

→ 2019.01 2014 MU<sub>69</sub> (Ultima Thule)

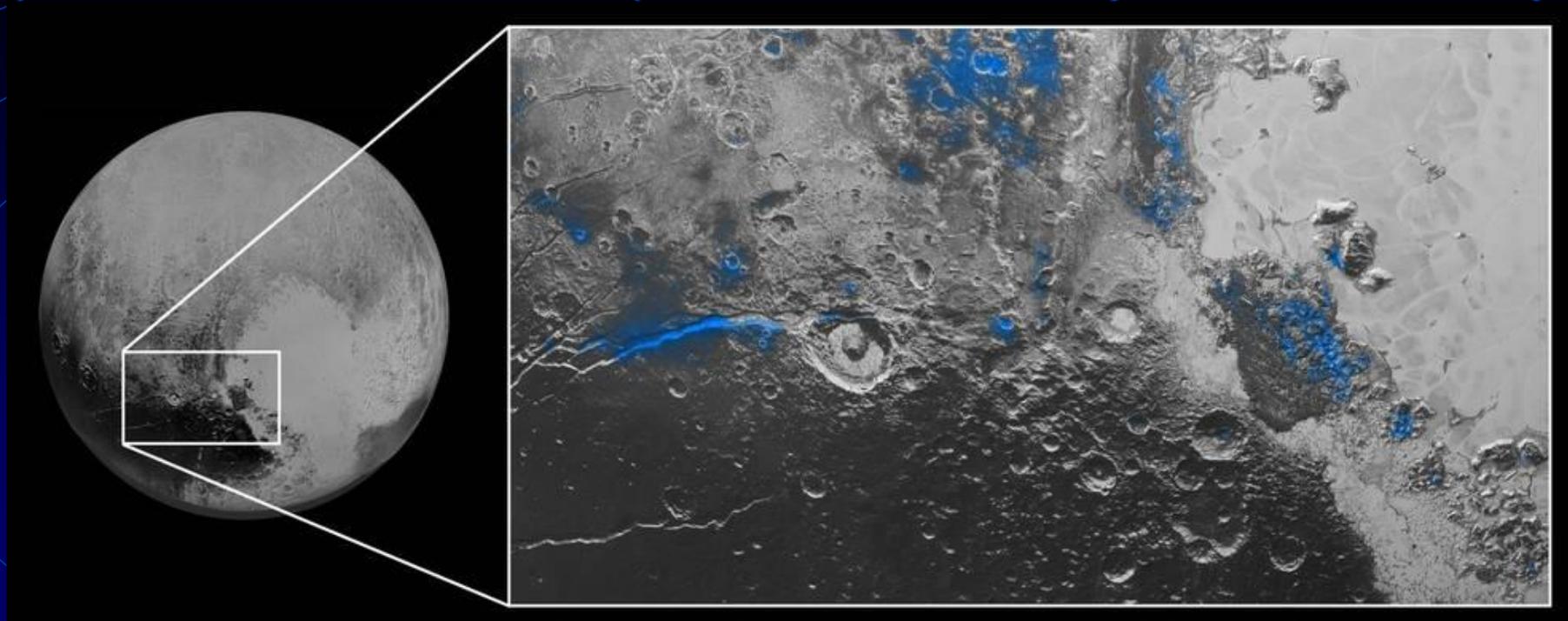


July 11, 2015



July 13, 2015

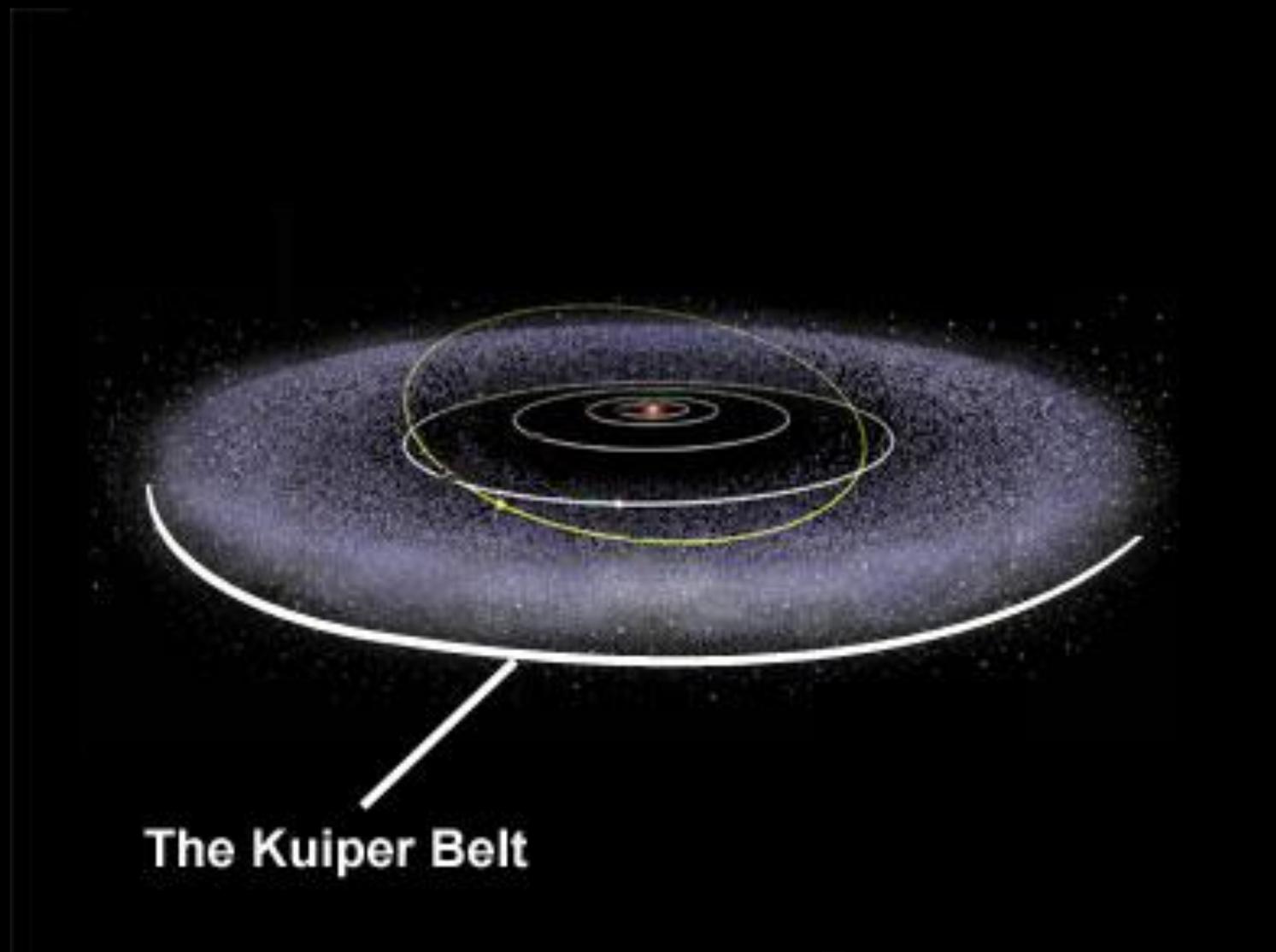
[Animation video](#)



冥王星是太陽系天體當中，表面亮度與顏色反差最大者  
(有如 Iapetus) ... 藍色標示水冰所在

離太陽這麼遠，溫度這麼低，怎麼還能這麼活躍？

絕大多數小行星分佈在小行星帶中，位於火星與木星之間

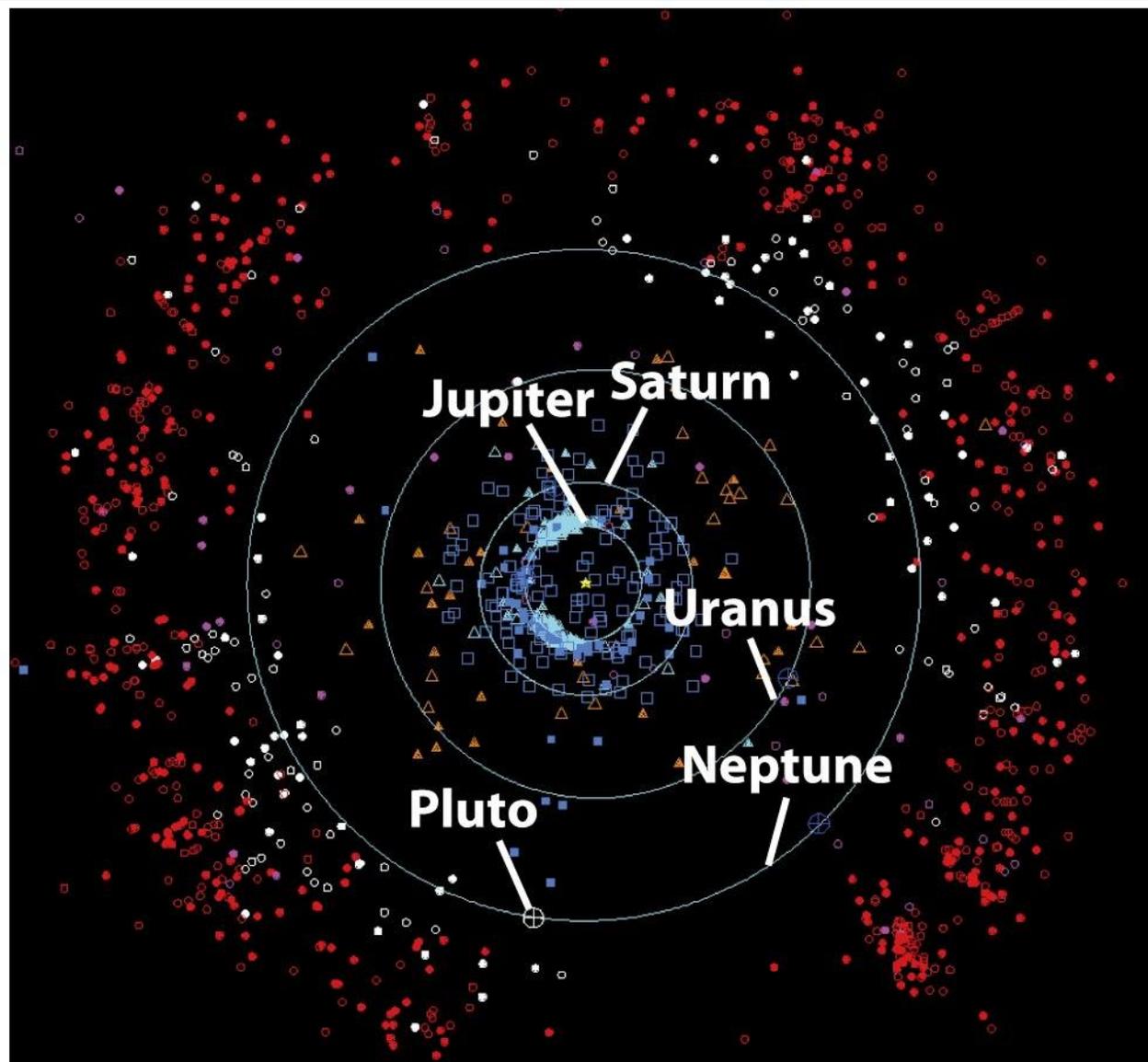


Kuiper belt  
objects  
(KBOs)

也叫做

trans-  
Neptunian  
objects  
(TNOs)

海王星之外，也有個帶狀區域，稱為「古伯帶」，或「科伊伯帶」



古柏帶 (Kuiper belt) 是製造行星剩下的小天體所在 目前已知超過數千顆

2003年10/21 所拍攝 2003  
UB<sub>313</sub> ( **閼神星** ) 的影像；  
三幅影像間隔 1.5小時

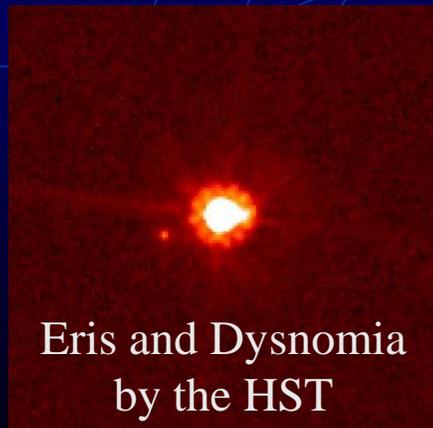
2005年才發現，確定矮行星  
性質

矮行星當中，質量最大，比  
冥王星重了27%，但冥王星  
體積最大

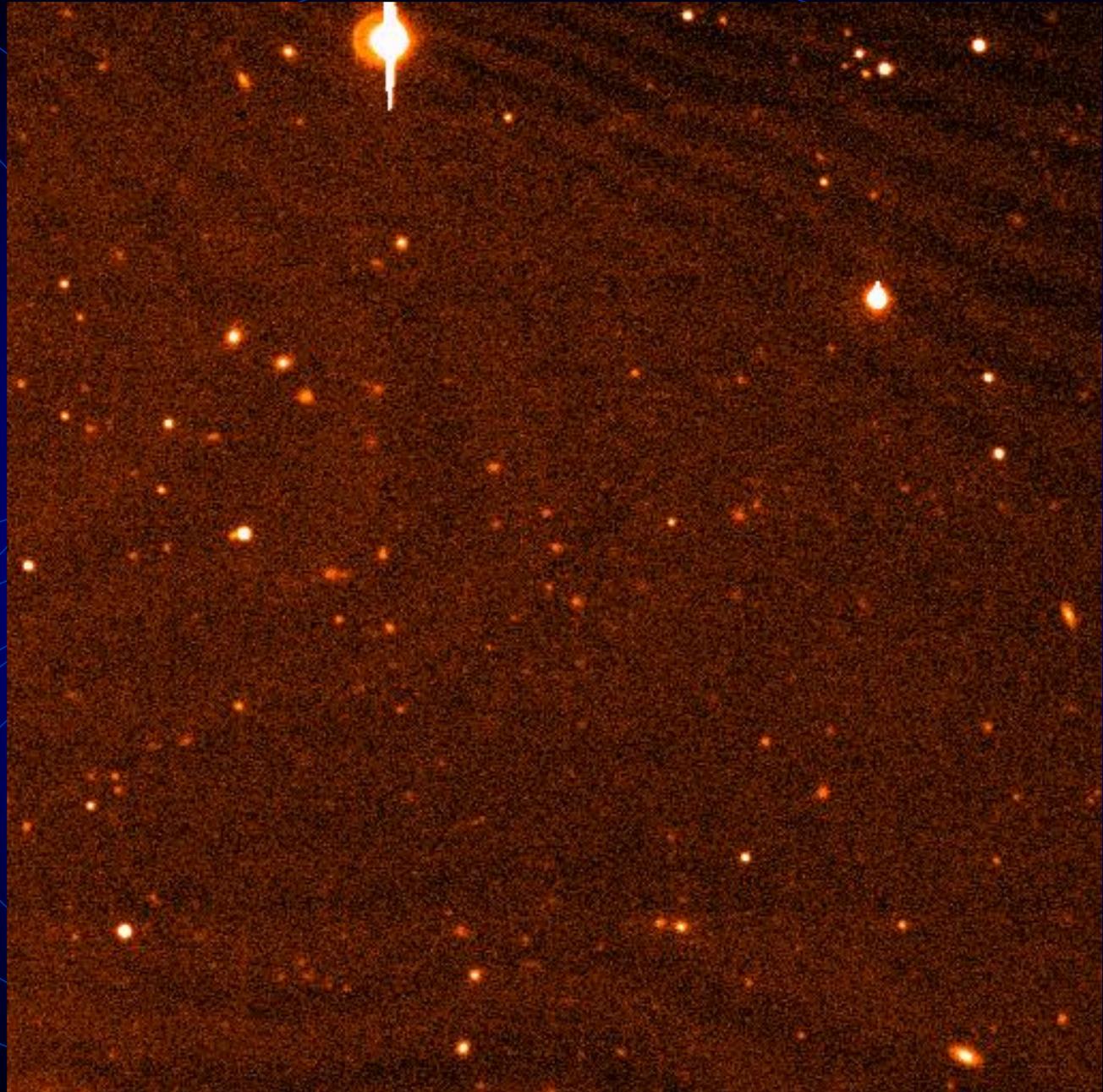
閼神星

= 136199

= **Eris**



Eris and Dysnomia  
by the HST



## 這下冥王星怎麼辦 ...

把冥王星「降級」？或其他都升級成「行星」？

- ✓ 發現鬩神星及其他類似天體的 **Mike Brown** 贊成將冥王星除名
- ✓ 行星科學家 **Alan Stern** 不贊成除名 ... 想出矮行星 (dwarf planet) 這個名詞

### 矮行星：

非行星，也非衛星；繞日運行，質量夠大 → 引力把自己拉成球體，但未能清除軌道中其他物質 (D > 838 km)

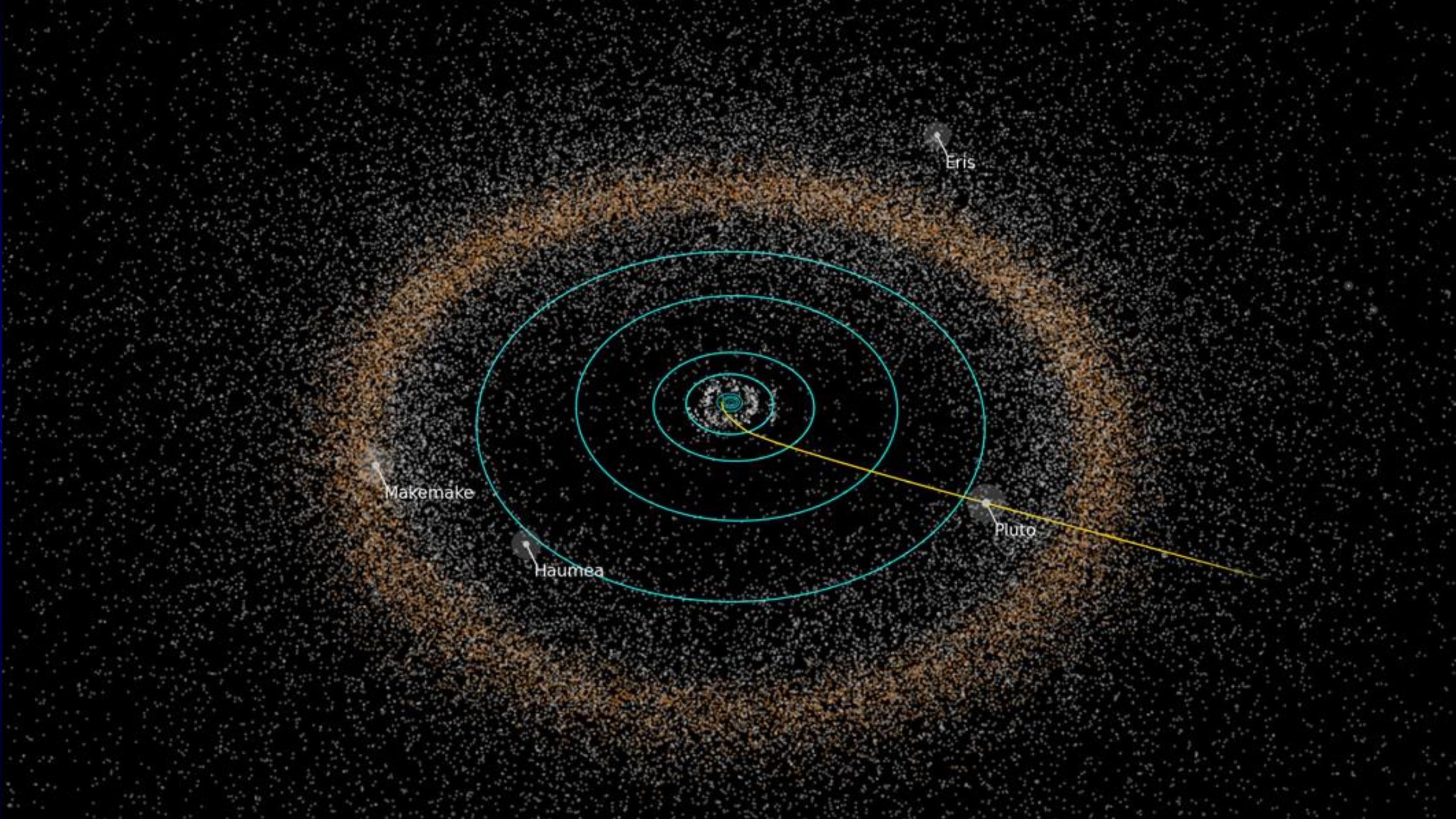
太陽系中可能有上百，甚至上千個矮行星

# 鹿林彗星

少小離家老大回

離家都去了哪？

<http://www.ccdargo.com/lulin.gif>



古伯帶

短週期

(< 200 年)

彗星的故鄉

軌道接近黃道面、  
方向有序



歐特雲  
(Oort cloud)

長週期彗星  
的故鄉

50,000 ~ 200,000 au  
(0.8 ~ 3.2 光年)

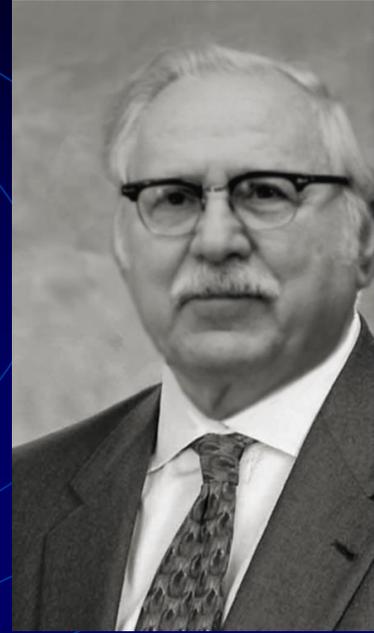
軌道狹長、方向凌亂

五顆行星 → 九大行星 → 八顆行星

然後呢？

# X 行星 —— Nibiru

- Zecharia Sitchin 從巴比倫等傳說，推論海王星之外存在巨型氣體 X行星（書名<第12行星>），軌道橢圓，每隔3600年接近地球一次，與地球人接觸
- (1995) Nancy Lieder 宣稱能與外星人溝通，被選來告知人類2003年5月地球將遭受行星般大小的天體撞擊，使得極軸偏向，造成全球毀滅
- 這樣的天體，軌道非常不穩定
- 沒有觀測到這樣的行星

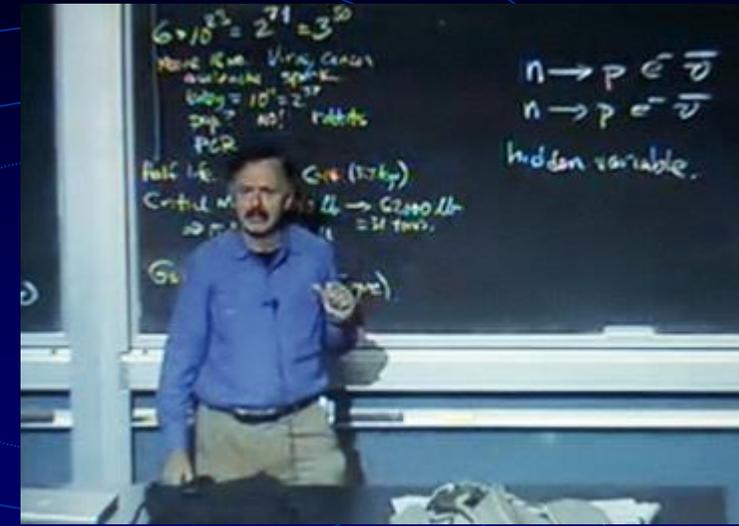


(1920~2010)

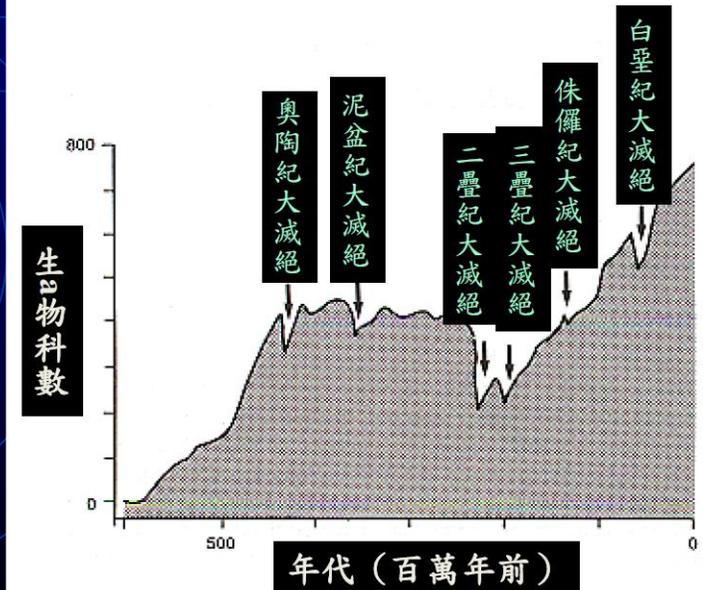


# Nemesis 復仇女神

- (1984) Richard Muller 柏克萊學物理系教授，主張生物滅絕並非隨機發生，而每相隔2600~3400萬年發生一次；他主張太陽有顆伴星（紅矮星或棕矮星），距離太陽1.5光年，軌道橢圓，週期2600萬年，擾動歐特雲中的彗星核而撞擊地球
- 與 Nibiru 不同，Nemesis 遠得多，且本身沒有接近地球
- 沒有觀測證據顯示這顆伴星存在



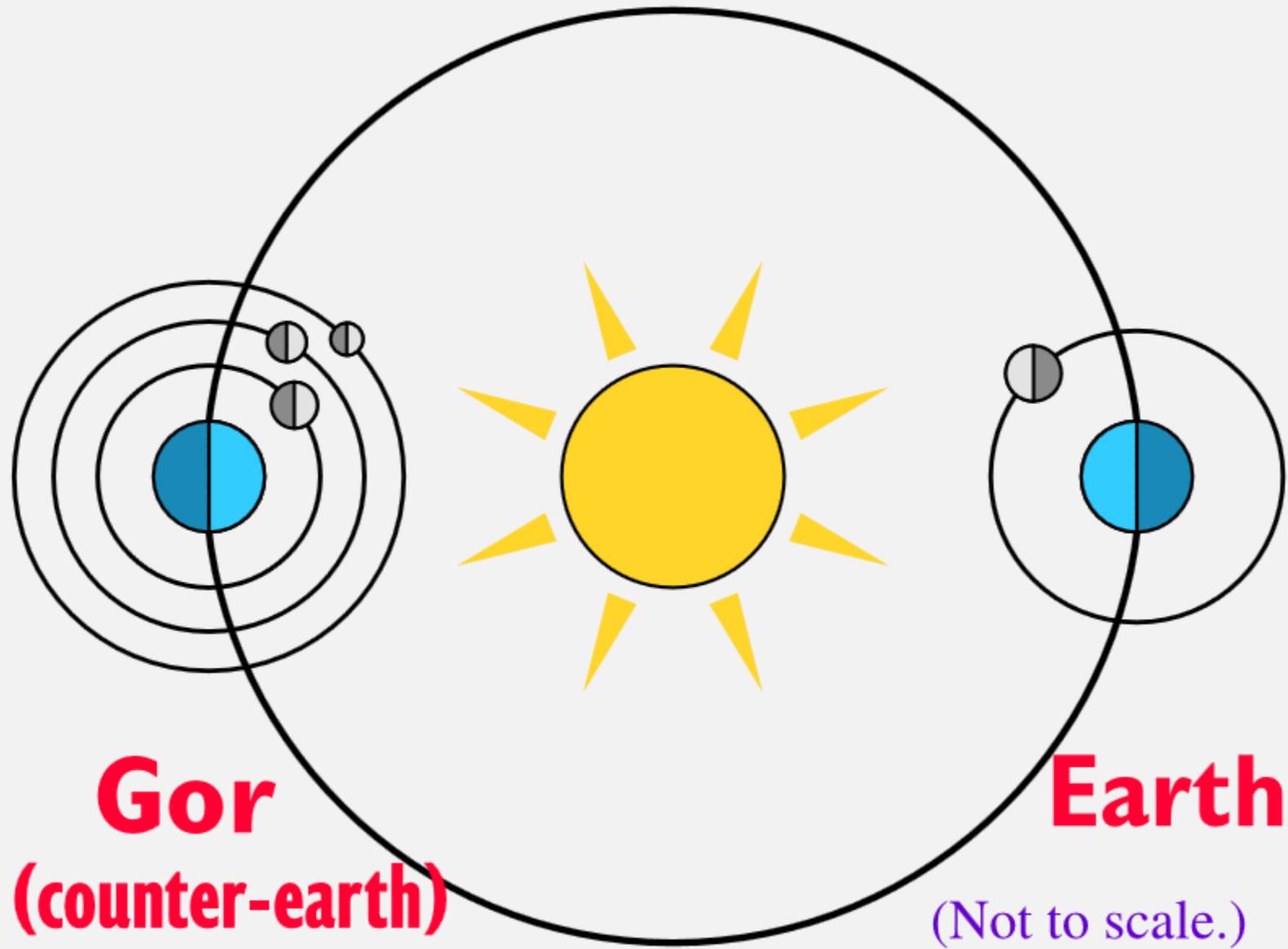
地球歷史中重大的生物滅絕事件



# 第九顆行星？



- 太陽系外圍天體的軌道群聚 + 電腦模擬  
(2016/02) Konstantin Batygin & Mike Brown (Caltech)  
→ **推論**冥王星之外有顆海王星大小的行星
- 繞日週期15,000年，近日點200 au，遠地點 600~1200 au
- 要偵測這樣的天體，亮度不是問題，很多望遠鏡（哈伯、凱克）都做得到，問題是天空很大，要往哪裡找？
- 速霸陸的視野夠大（凱克的75倍）→ 正在搜尋，預計5年內完成，且拭目以待（**會不會又有美麗的錯誤？**）



**Gor**  
**(counter-earth)**

**Earth**

(Not to scale.)

# 結論

- 宇宙的歷史與地理 ——

宇宙最讓人無法理解之處，  
在於其居然可以理解！ --- 愛因斯坦

- 發現這些歷史與地理的歷史與人文軼事 ——

「大自然到處都是答案 … 問題是什麼？」

- 宇宙新面貌 ——

還有很多…系外行星、系外彗星、系外月亮 …  
很多不知道答案，甚至問題不知從何問起