

天文學導論



- 陳文屏（天文所；科四館 906 室）
wchen@outflows.astro.ncu.edu.tw x 65960
- Office Hours Mon. 1-3 pm; Thu. 1-3 noon
- 探討宇宙天體的現象與原理
- 授課、討論
- 期中考 (30%)；期末考(35%)；
作業、報告、其他 (35%)

What Do You Think? 你怎麼想？

- 為什麼學天文學？
- 北極星是天上最亮的星嗎？
- 造成四季更迭的原因何在？
- 何謂「星座」？
- 黃道十二宮？
- 月亮有個不為人知的
「黑暗面」嗎？
- 白天看得到月亮嗎？
- 月亮圓缺，「缺」了什麼？

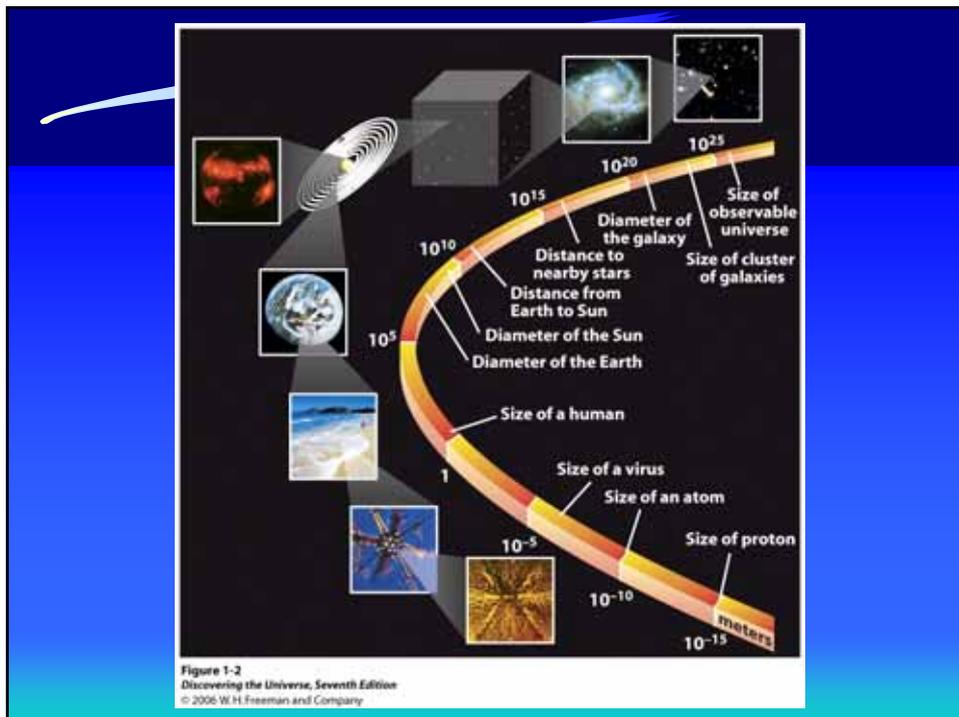


浩瀚的宇宙

天體	相對距離尺度
地球 	桌上的一粒鹽；0.3 mm
月球 	一指外的胡椒
太陽 	門口（4 公尺）的番茄
木星—太陽系最大的行星 	大樓口（20 公尺外）的木瓜子
冥王星—曾經是最遠的行星 	隔棟大樓（150 公尺外）的一粒細沙
半人馬座 α 星—最近的恆星 	馬尼拉的番茄！

什麼叫做「浩瀚」？

- （真空中）光速為 300,000 公里/秒
- 這樣的距離相當於繞地球七圈半
- 這樣的速度到月球只需一秒多（眨眼的時間）
- 到太陽需約五百秒（～下課的時間）
- 到半人馬座 α 星須 4.3 年（～讀大學的時間）
- 跨越銀河系約需 5～10 萬年（人類演化的時間）
- 到最近的星系費時數百萬年（大地演化的時間）
- 而目前已知的星系超過數億個



雲氣聚集，是恆星誕生之處 仙女座星系，由千億顆恆星聚集



我們的
銀河系
外表可
能就這
個樣



星系聚集，構成星系團

宇（上下四方） 宙（古往今來）
空間 時間

宇宙中物質與能量，循著一定的因果關係，彼此交互作用

有關宇宙最不可理解的一件事情，就是宇宙是可以理解的 — 愛因斯坦

天文學家以科學手段，試圖瞭解宇宙天體的本質，解答天地萬物的來源、演化與衰亡。

Q:以目前一般噴射客機速率，若要前往最近的恆星，大約需要多少年？

1. 1000
2. 100,000
3. 1,000,000
4. 10,000,000



- 時間 = 距離 ÷ 速率 \Rightarrow
- 商用噴射客機，速率 $\sim 800\text{-}1000\text{ km/h}$
or $1000\text{ km/h} \times 24\text{ h/day} \times 365\text{ d/year}$
 $\sim 9 \times 10^6\text{ km/year} \sim 10^7\text{ 公里/年}$
- 恆星距離 $\sim 4\text{ light years} = 4\text{ years} \times 365\text{ days/year} \times 86400\text{ s/d} \times 300,000\text{ km/s}$
 $\sim 4 \times 10^{13}\text{ km}$
- $\rightarrow \therefore$ 時間 $\sim 4 \times 10^{13} / 10^7 \sim \mathbf{4 \times 10^6\text{ year}}$
- 距離 $\sim 4 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 300,000$
- 速率 $\sim 1000 \times 24 \times 365$
- \therefore 時間 $\sim 4 \times 10^{13} / 10^7 \sim 4 \times 10^6\text{ year}$

Q:以目前一般噴射客機速率，若要前往最近的恆星，大約需要多少年？

1. 1000
2. 100,000
3. 1,000,000
4. 10,000,000





放眼望去，一半是天！



天地輪遞，一半是夜！

天上星星數不盡、只有暗夜看得清



為什麼學天文學？

- 不知生、焉知死？不知天、焉知地！
- 瞭解宇宙是人類最根本的好奇心，也是最終極的目標
- 天文學是應用科學
「論台灣天文教育」，物理雙月刊，1999
http://www.astro.ncu.edu.tw/faculty/wp_chen/essay/astedu.htm
利用最新的科技與設備（望遠鏡、偵測儀器、電腦）探討宇宙與天體的問題
- 宇宙天體炫目而神秘，為進入探討大自然奧秘殿堂之有效台階

以有涯探無涯

- 人類到底有多不自量力？
- 在空間的這個小角落，在時間的這個剎那
..... 就我們目前所知，宇宙其他角落包含一樣的化學物質，遵循一樣的物理定律。我們甚至開始探討宇宙現況、起源，及最終命運
- 對，我們不該太驕傲，但也不要妄自菲薄，我們已經起步了..... 下一步呢？

可以不當科學家（科學家有什麼好？有什麼不好？）
但怎麼能原諒自己不懂科學（方法）

天球 (celestial sphere) —— 角度 (angle)

距離 (深度、沿視線方向；徑向)

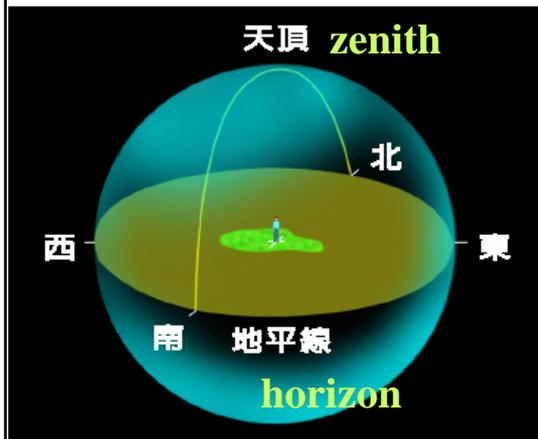
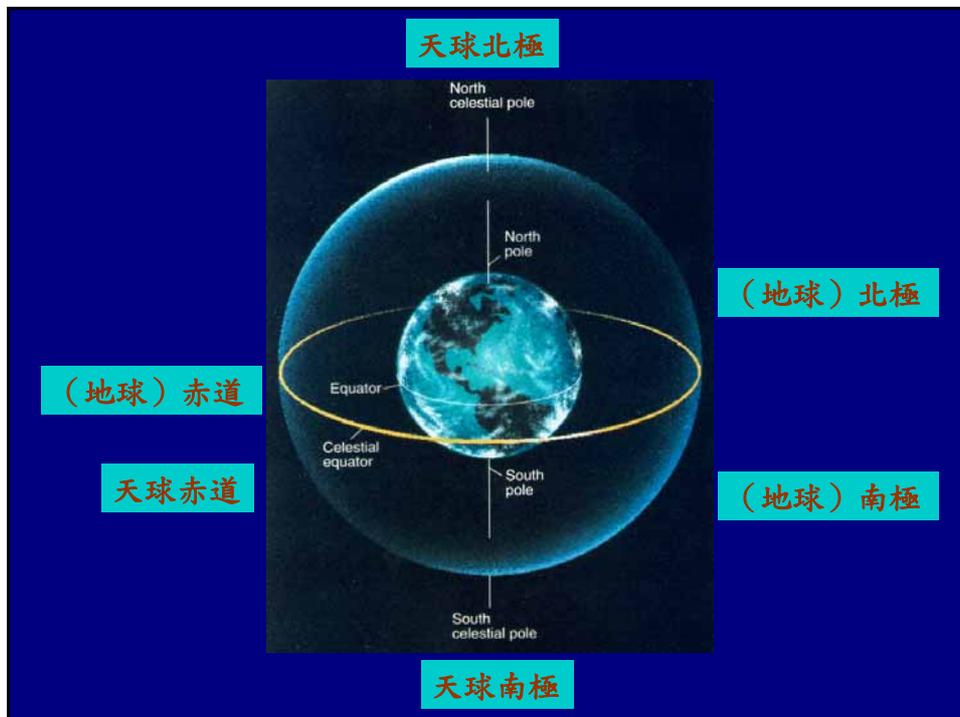


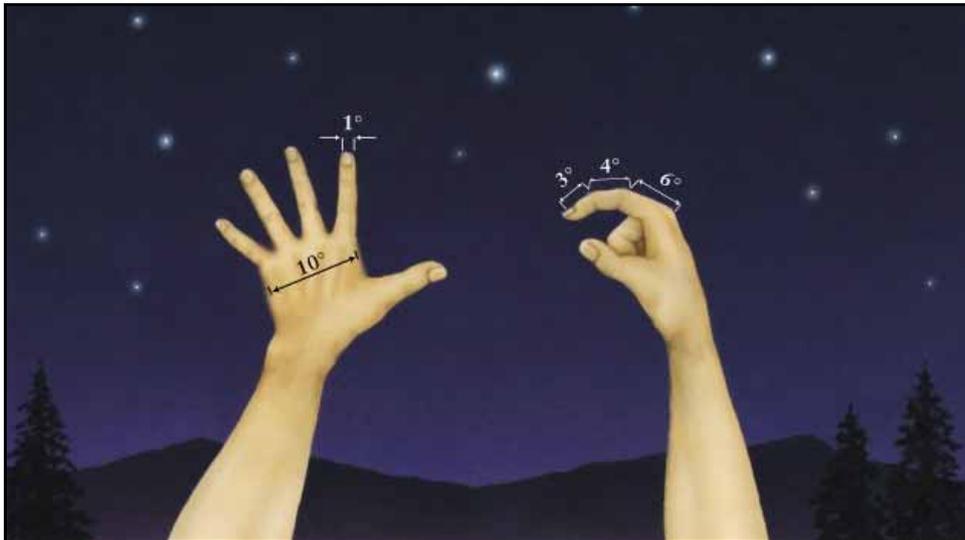
圖 2-3 通過觀測者地平南、北方，以及天頂的圓弧稱為子午線。天體在天球上的位置，可以兩個角度來描述，例如方位角與仰角。隨著地球自轉，對某個觀測者而言，某顆星的坐標隨時在改變。



Measuring the Sky

- 距離的單位 —— 公分、公里
 - 1 astronomical unit (AU) 天文單位
= 149.6×10^6 km
約一億五千萬公里
= 地球與太陽間的平均距離
 - 1 light year (ly) 光年 (常用)
= 9.460×10^{12} km $\sim 6 \times 10^4$ AU
- 角度的單位
 - 1 degree = 60 minutes of arc (arcminutes) = 60'
 - 1 arcminute 角分 = 60 arcseconds = 60'' 角秒





隨身方便的量角器 ... rule of thumb

Q：伸直手臂，大概幾根手指頭能夠遮住太陽？

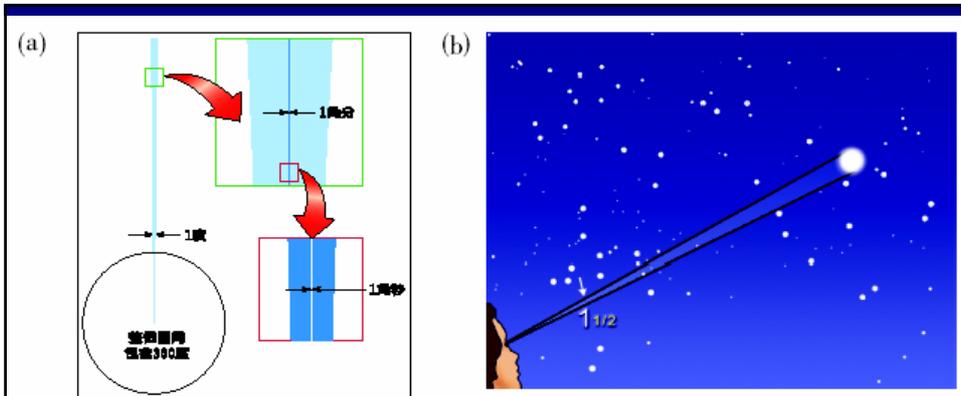


圖 2-7 (a)一度等於 60 角分，每一角分則等於 60 角秒。

(b)月球的張角大約為 0.5 度。

太陽的張角與月球相當，差不多是半度
同樣長度的東西，距離越遠看起來張角越小

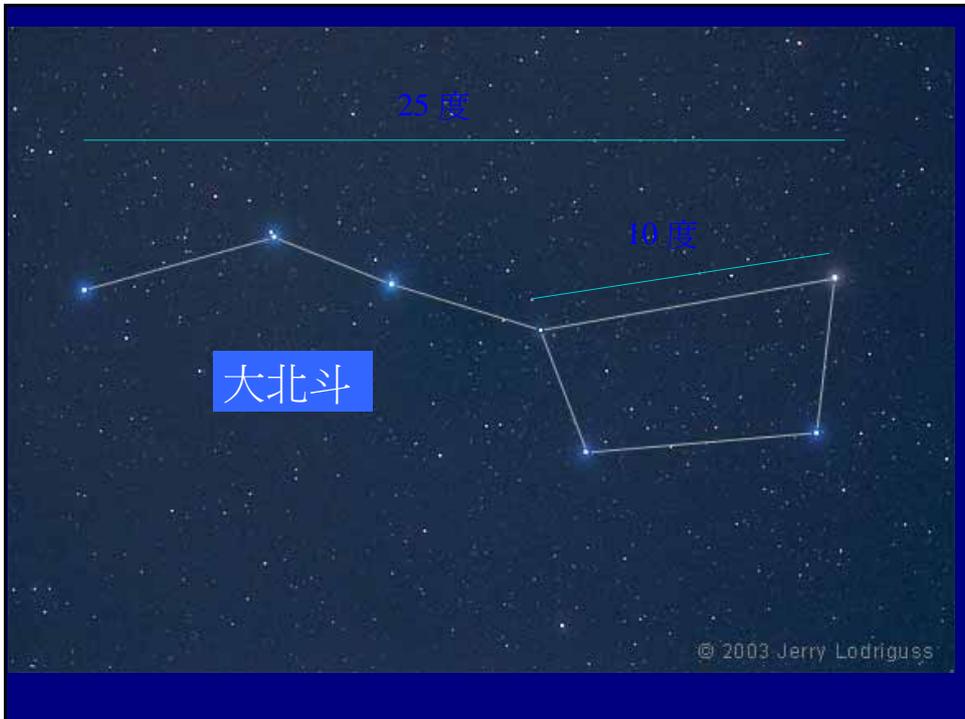
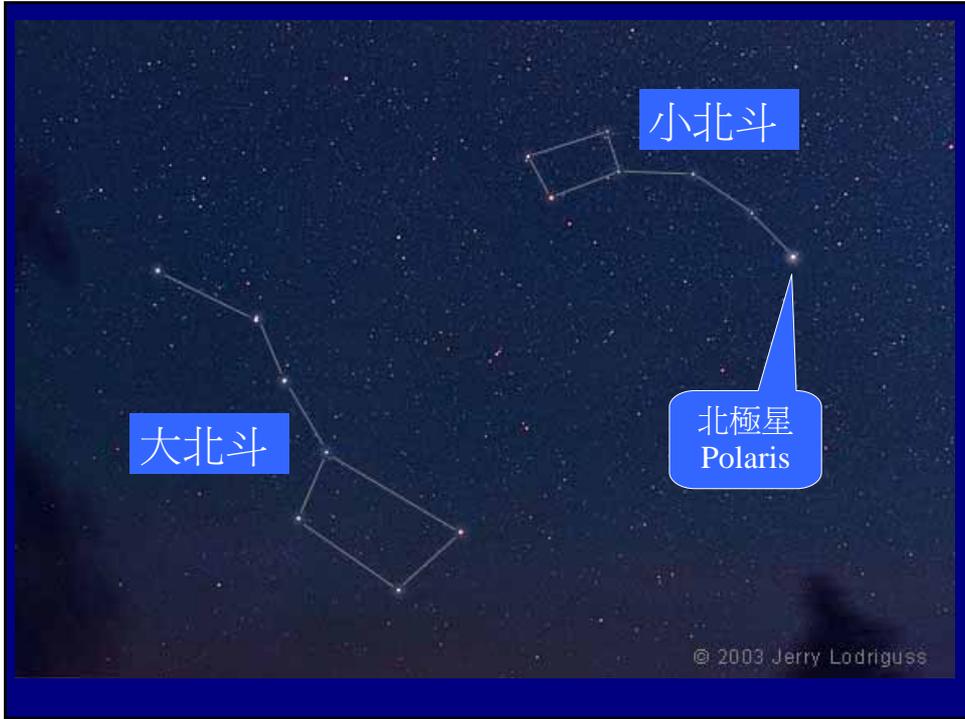
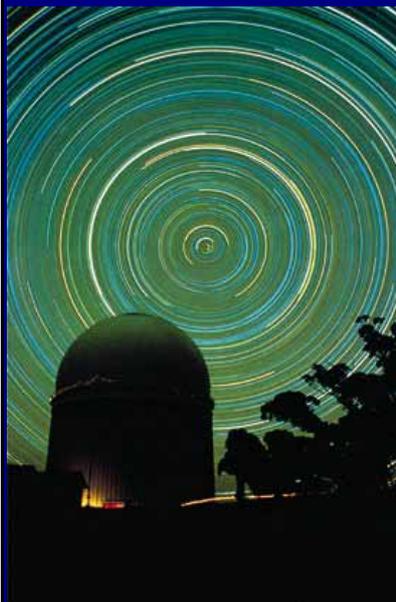


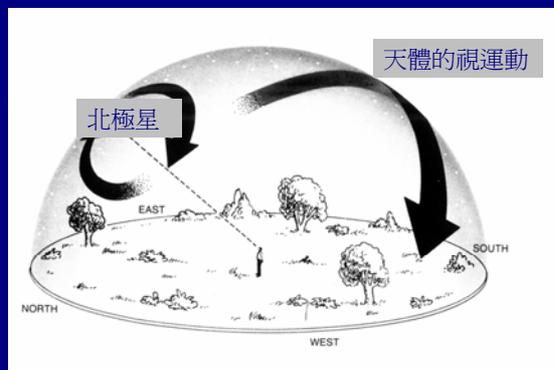


圖 1-1 我國古代將宇宙天體的次序結構與封建等級的社會制度相對應。圖示為漢武梁祠石刻，象徵天帝的星座位於北極星附近，位置不動，周圍為皇族、將相，臣民則拱皇帝而行，北斗七星成為天帝的座車。

周日運動



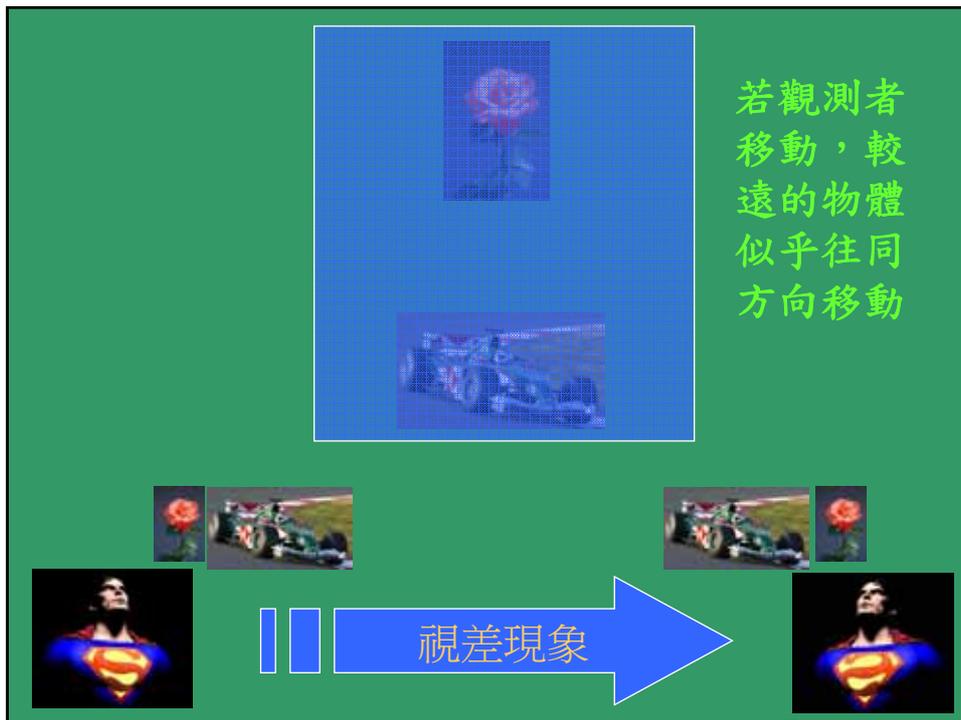
隨著地球自轉，一夜當中星星似乎繞著天極運動，其實星星並沒有動。



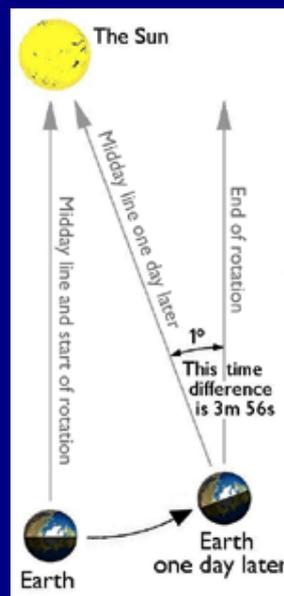
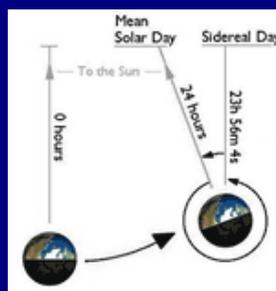
Earth Rotation 地球自轉

- 從北向南看，逆時鐘轉（西 → 東）；
→ 一天當中，日、月、星辰東升西落
- 公轉亦是如此方向（何謂「一天」？）
- 自轉軸向外延伸，與天球相交而為
天（球）北極 (north celestial pole; NCP)
→ 看起來不轉，其他所有天體則繞著 NCP
（北半球）或 SCP (南半球) 轉
- 北極星 (Polaris)：目前最接近天北極的亮星
- 三千年前巴比倫人 360°圓周 → 360天
→ “太陽繞地球”一圈（其實是地球繞太陽轉）



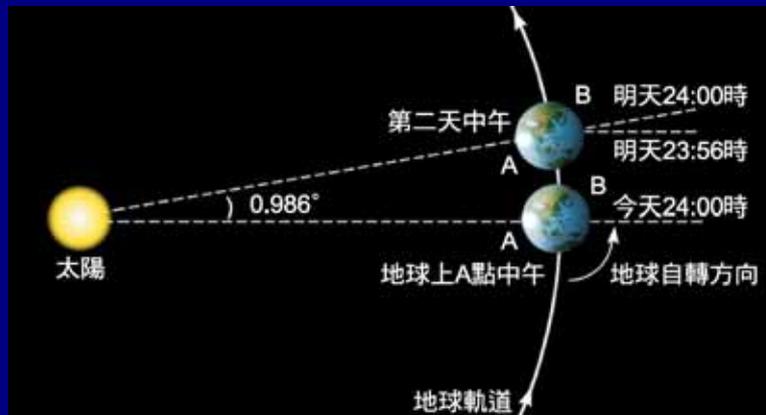


何謂「一天」？以誰為準？



「以太陽為準」的一天
比
「以遙遠恆星為準」的一天
來得長
長了約4分鐘

∴ 同樣星星比前一天提早約4分鐘升起

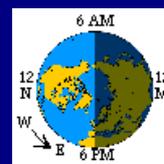


日常鐘錶的時間以太陽為參考 →

第二天看到相同星星在同樣位置時，手錶還沒到那個時間

何謂一天？

- 「星期的說文解字」，台北天文館刊，1996
http://www.astro.ncu.edu.tw/faculty/wp_chen/essay/weekdays.pdf
- 「時間這個東西」大地地理雜誌，2000.01
http://www.astro.ncu.edu.tw/faculty/wp_chen/essay/time.htm



- 經緯度

Greenwich longitude = 0
 格林威治當地時間
 (local time)

= Universal Time
 (UT; 國際標準時)

台灣時間 = UT + 8 hr

赤道 latitude = 0
 北極：北緯90度；
 南極：90°S or -90°N

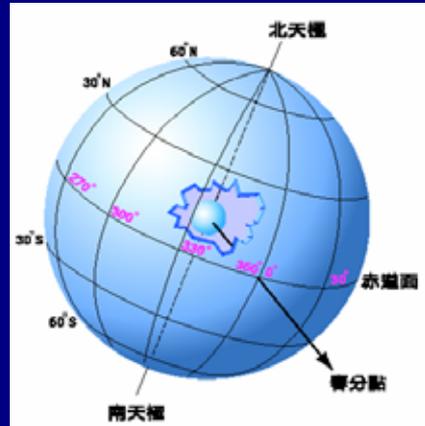
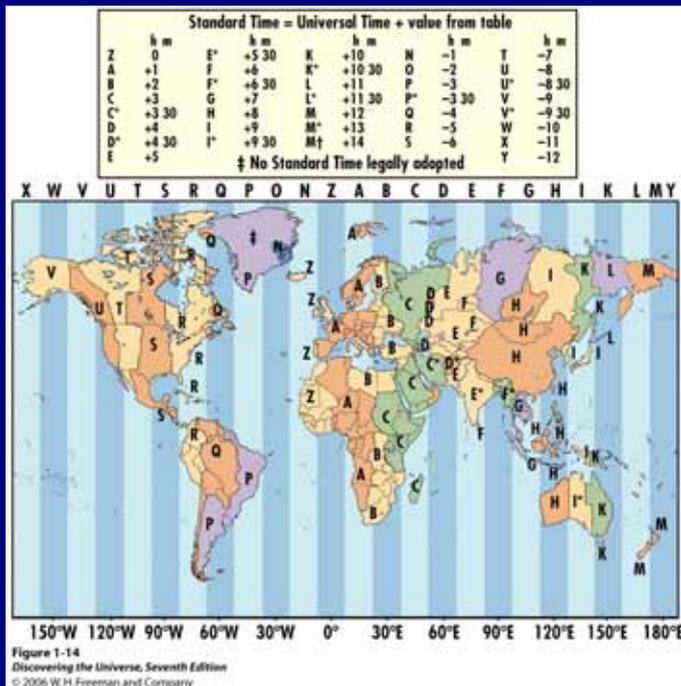
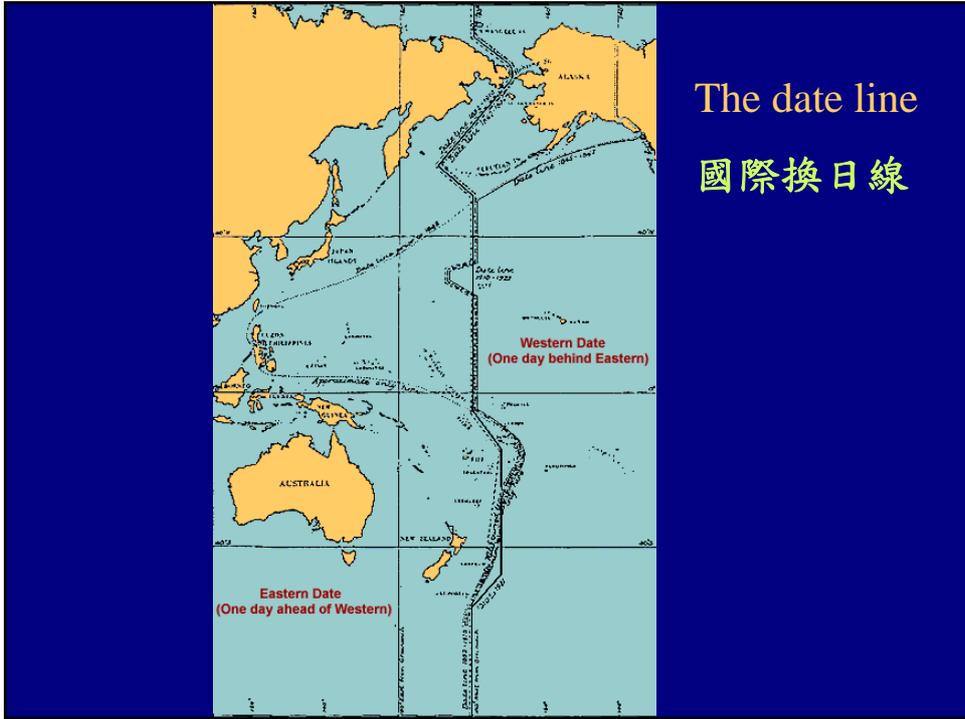


圖 2-6 把地表的經度與緯度向外擴張，便能將類似的坐標系統應用在天球上，用以描述天體的位置





The date line
國際換日線

大圓 (great circle)

從台北飛到美國
洛杉磯或紐約的
飛行路線？

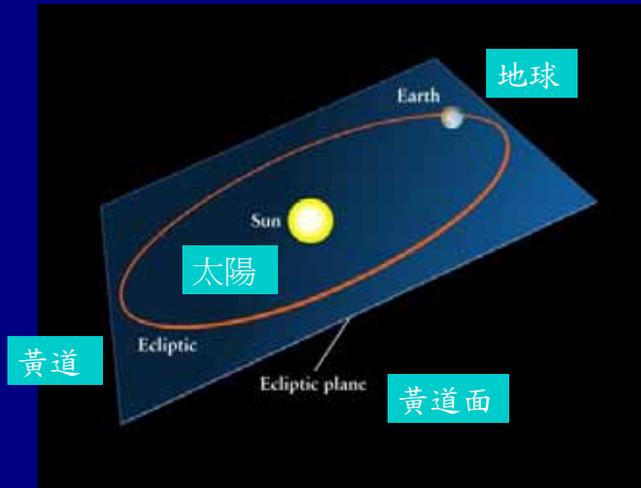
切面通過球心

大圓是球面上兩
點之間最短路徑

TPE-LAX

TPE-NYC

Earth's Revolution 地球公轉



地球繞著太陽公轉，軌跡稱為「黃道」，所在的平面稱為「黃道面」

黃道面 (ecliptic)：太陽在天空走過的面（實際上是地球公轉軌跡面），與天球赤道成 23.4°

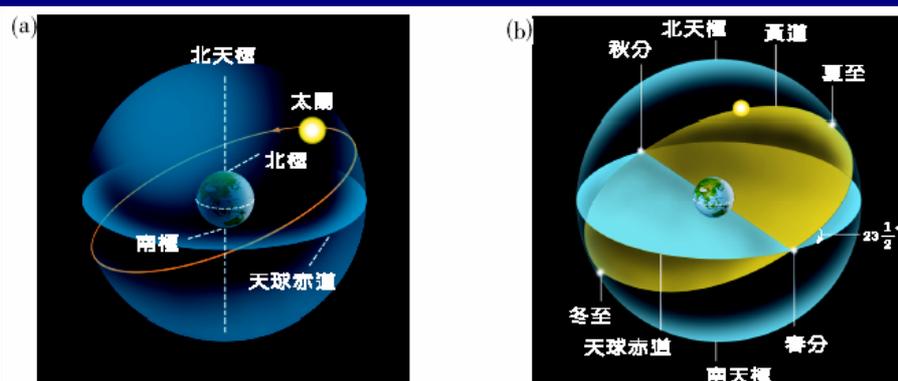
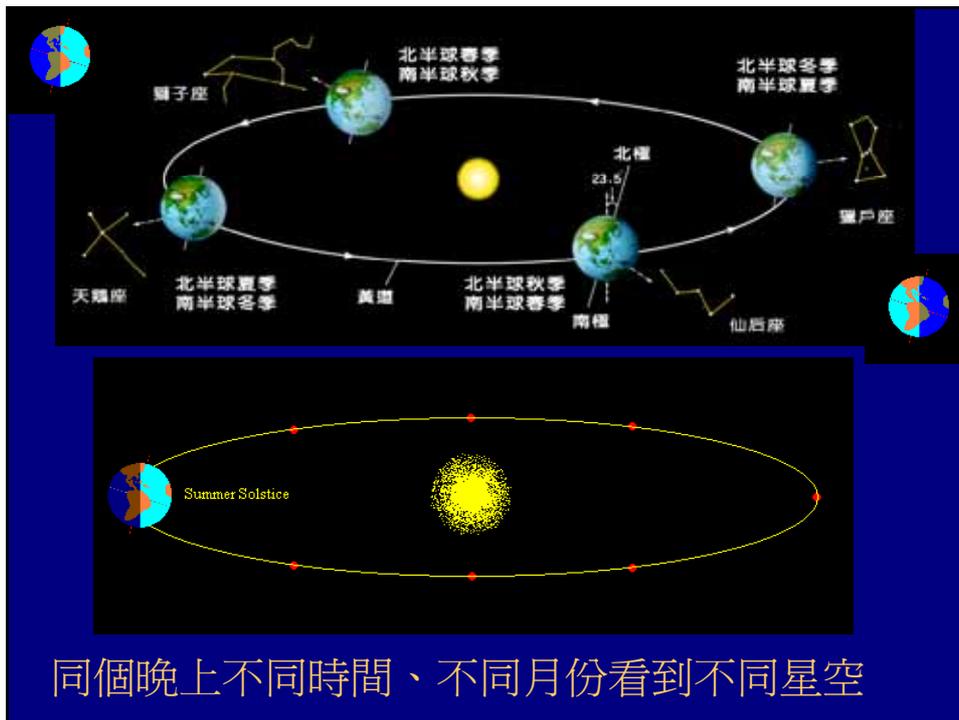


圖 2-12 (a)從地球看太陽一年當中的運動，最北時達到赤緯北方 23.5° ，然後通過天球赤道，繼續南行直到赤緯南方 23.5° 。

(b)黃道面與天球赤道成 23.5° 傾角，兩個面的交點分別稱為春分點及秋分點，黃道面最（上）北方的點稱為夏至，最南方的點則稱為冬至。



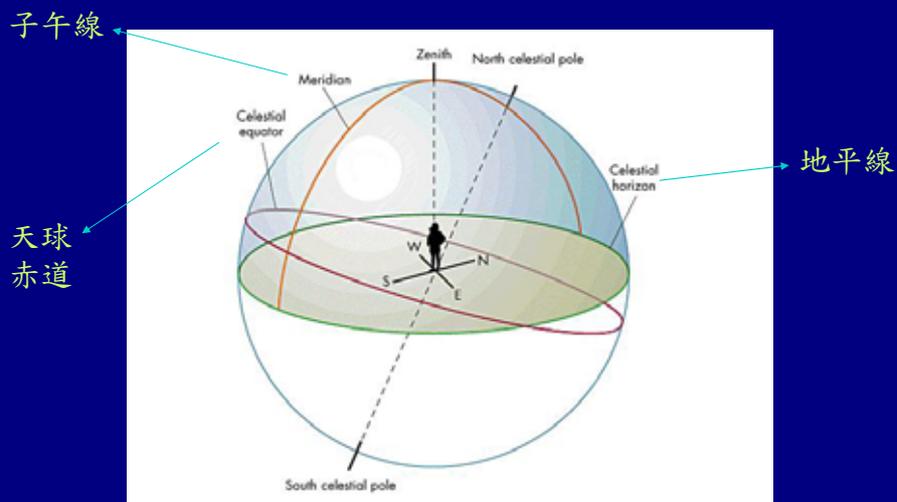
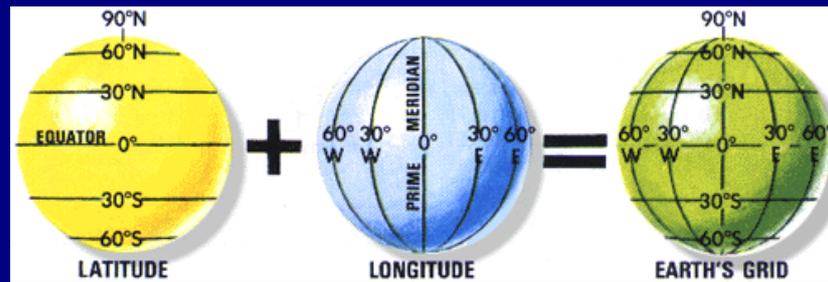
黃道十三宮 (zodiac)

Table 1-1
The 13 Constellations of the Zodiac

Constellation	Dates of Sun's Passage Through
Pisces	March 13–April 20
Aries	April 20–May 13
Taurus	May 13–June 21
Gemini	June 21–July 20
Cancer	July 20–August 11
Leo	August 11–September 18
Virgo	September 18–November 1
Libra	November 1–November 22
Scorpius	November 22–December 1
Ophiuchus 蛇夫座	December 1–December 19
Sagittarius	December 19–January 19
Capricorn	January 19–February 18
Aquarius	February 18–March 13

missing →

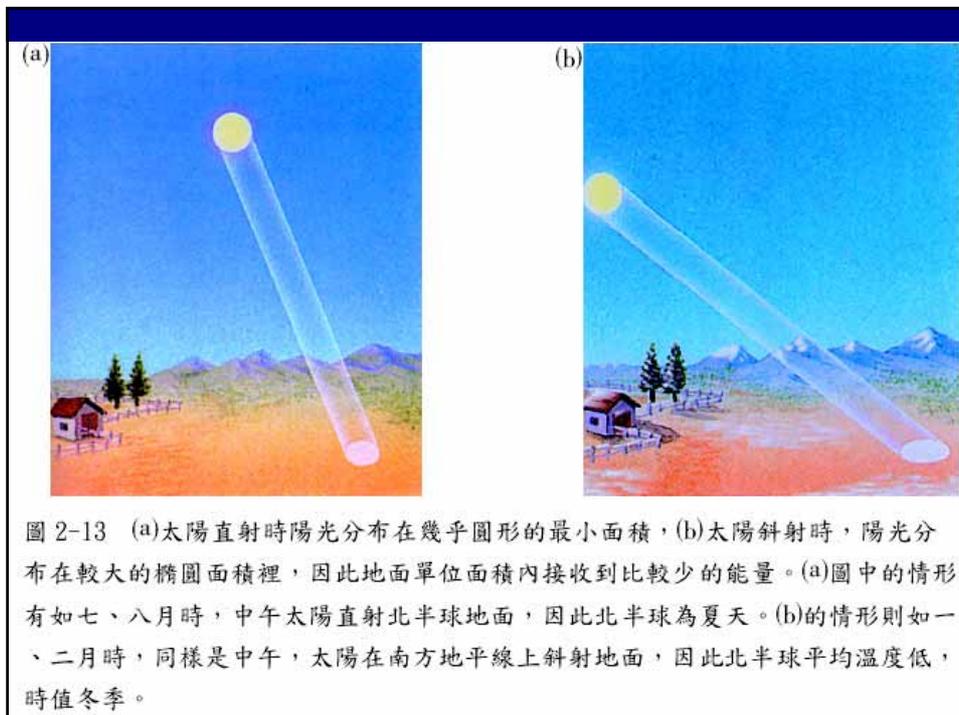
地球（表面）的座標系統 —— 經度與緯度



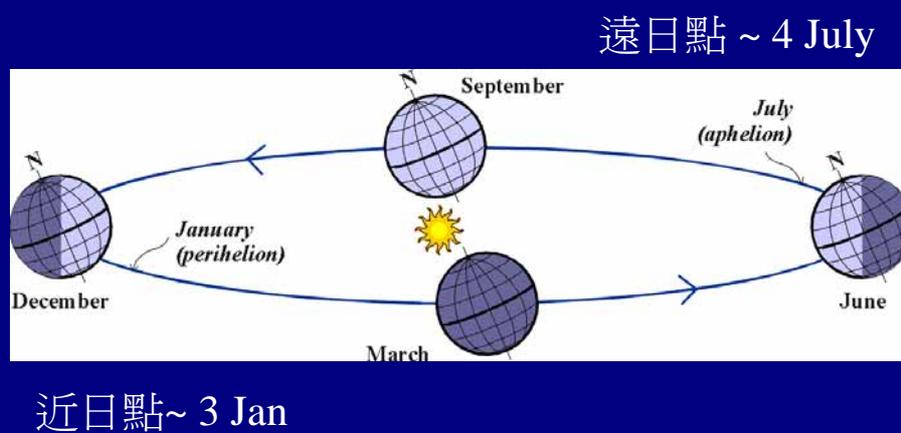
把地球的「經度」、「緯度」投影到天球 → 「赤經」(right ascension)、
「赤緯」(declination)

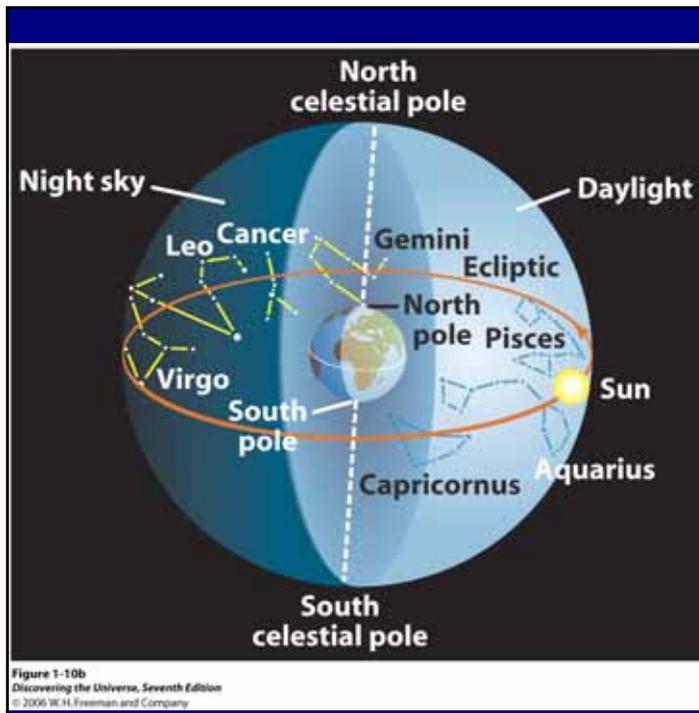
Q：造成四季變化的原因為何？

1. 太陽表面的黑子活動
2. 地球自轉軸的傾斜
3. 太陽距離的遠近
4. 大氣流動的週期變化

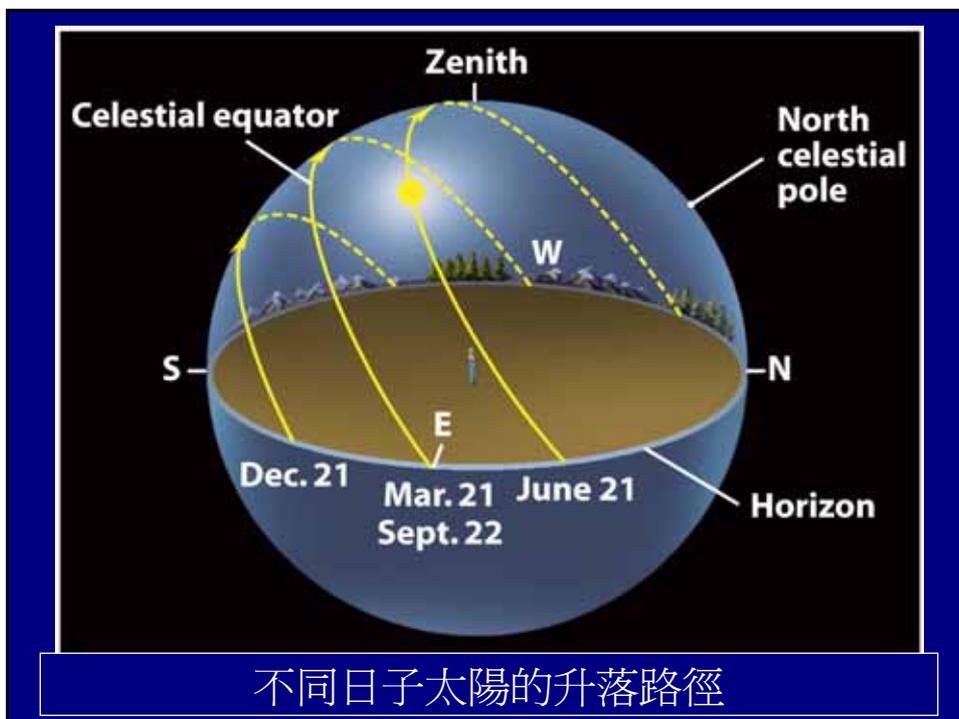


- 春分 (vernal equinox)、夏至 (summer solstice)、秋分 (autumn equinox)、冬至 (winter solstice)
- 太陽約每年三月廿一日行至春分點
- 太陽直射 → 夏天；白天較夜晚長
- 南北半球相反
- 春、秋分時，日夜一樣長
- 地球季節與日距無關（實際差距只有 2%）。
- 事實上一月時地球在「近日點」(perihelion)；七月時走過「遠日點」(aphelion)。





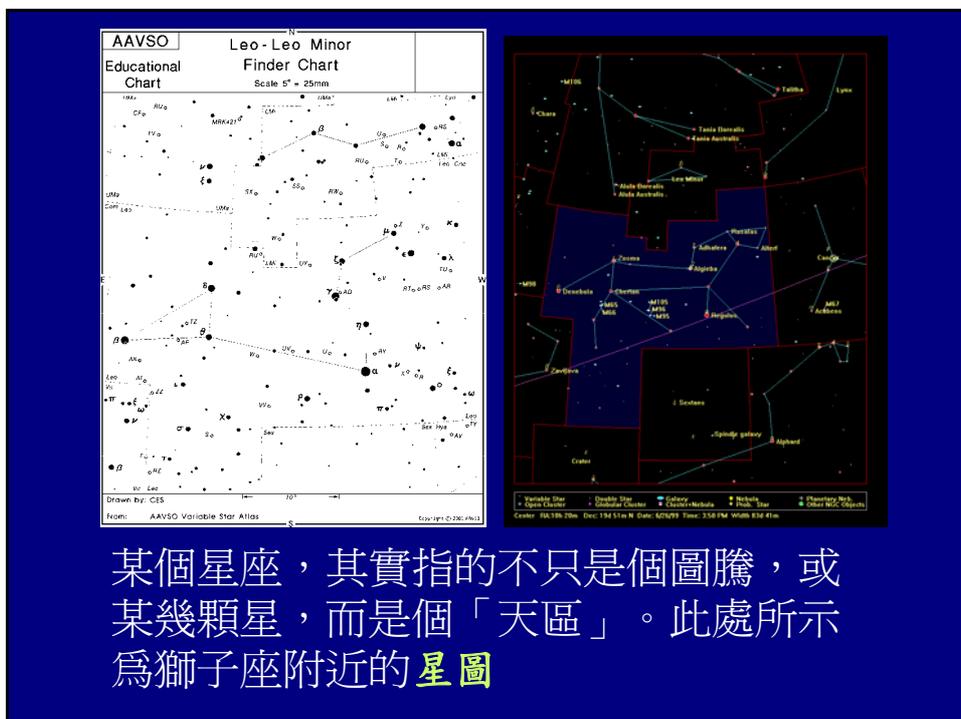
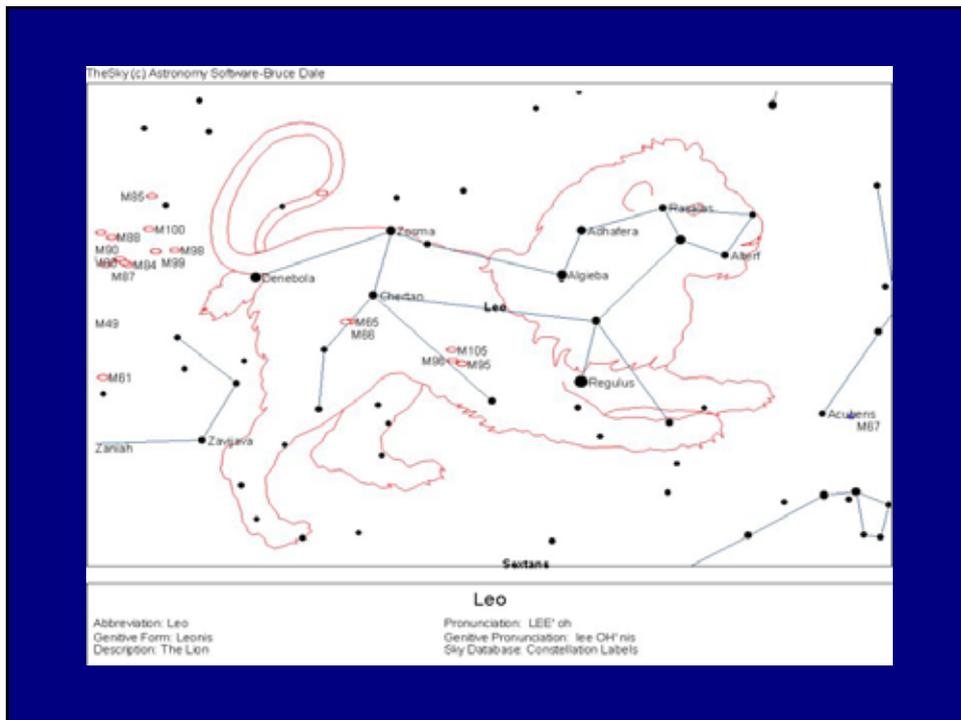
六個月以後，太陽雙魚座，這時段這部分天空太亮，看不到星星，室女座附近才是夜空



星座 (constellations) --- 星球「看起來」形成的圖樣，其實彼此可能遠近不同而毫無關連。全天空共有 88 個星座。



亮星「看起來」構成特殊圖樣，稱為「星座」，此處所示為春季夜空的「獅子座」

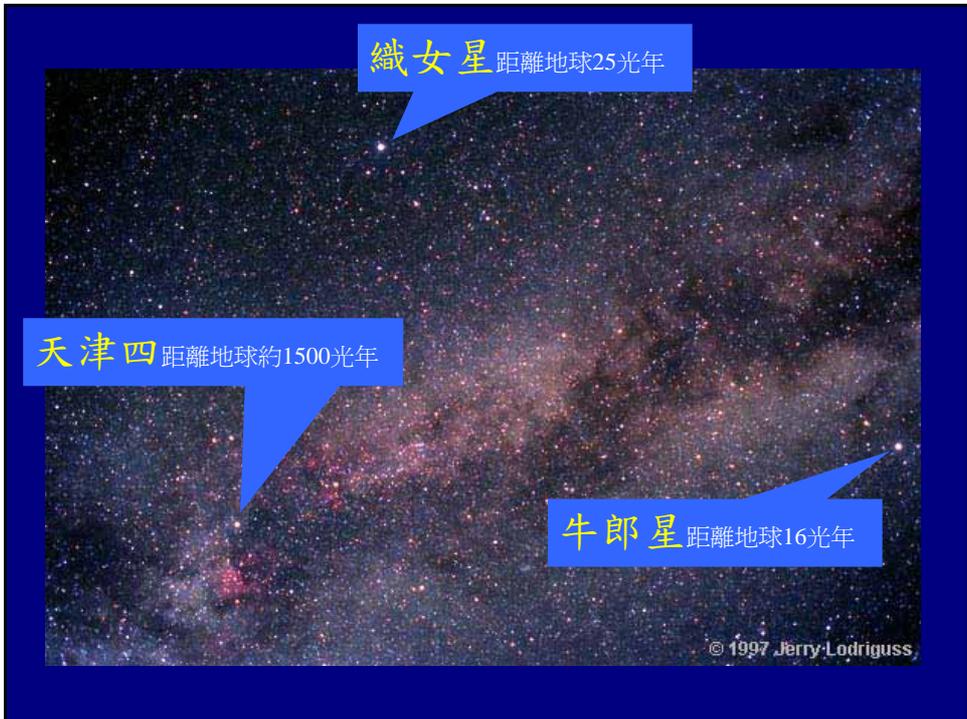
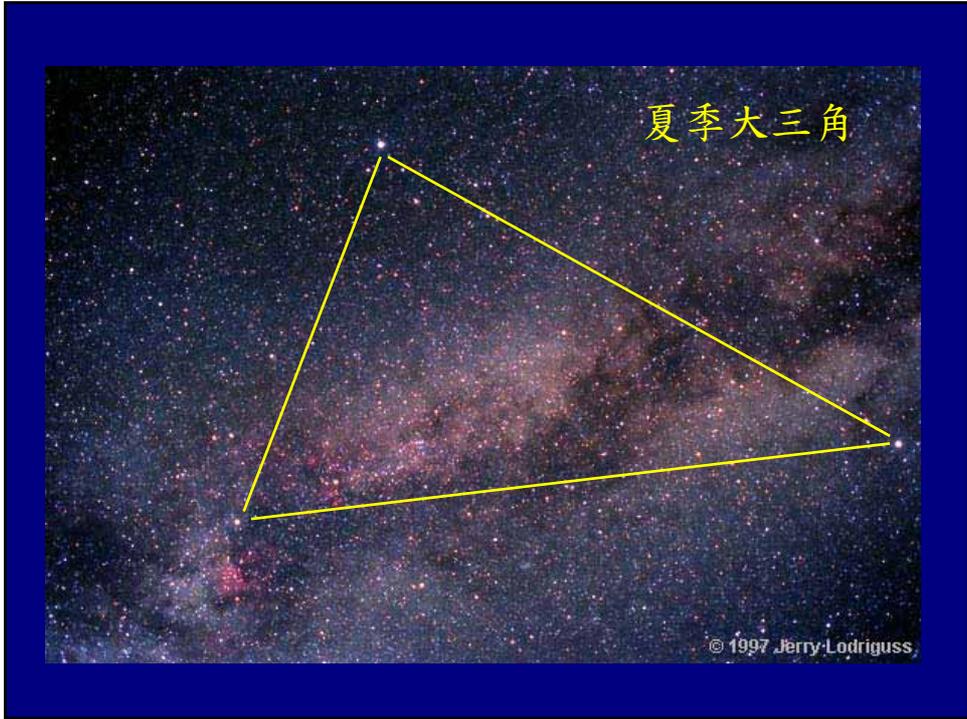


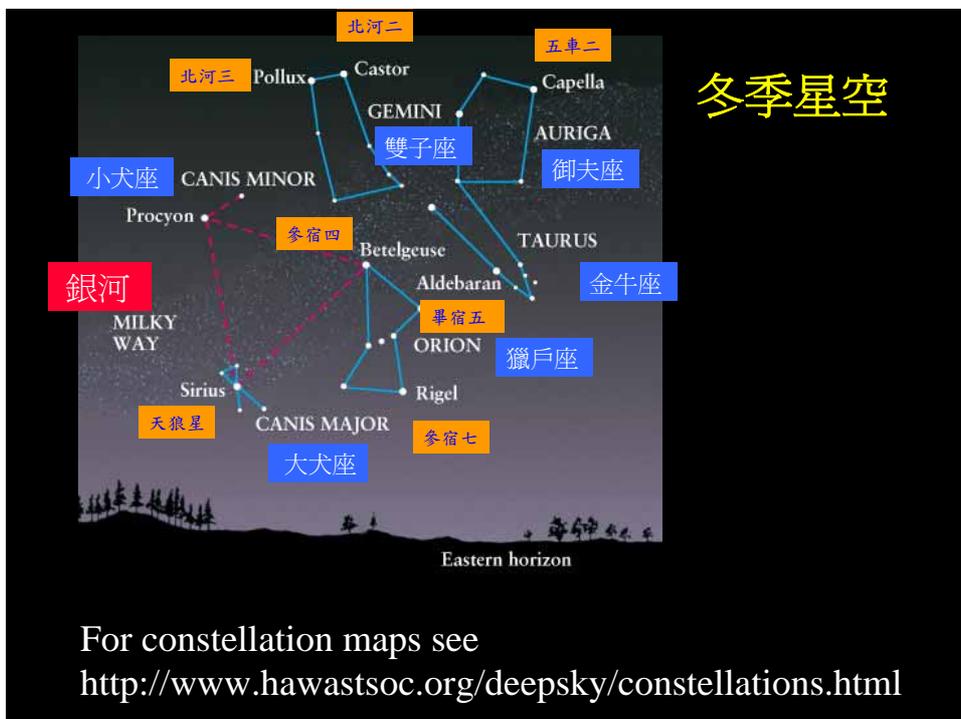
某個星座，其實指的不只是個圖騰，或某幾顆星，而是個「天區」。此處所示為獅子座附近的星圖



天鵝座（天文攝影照片）









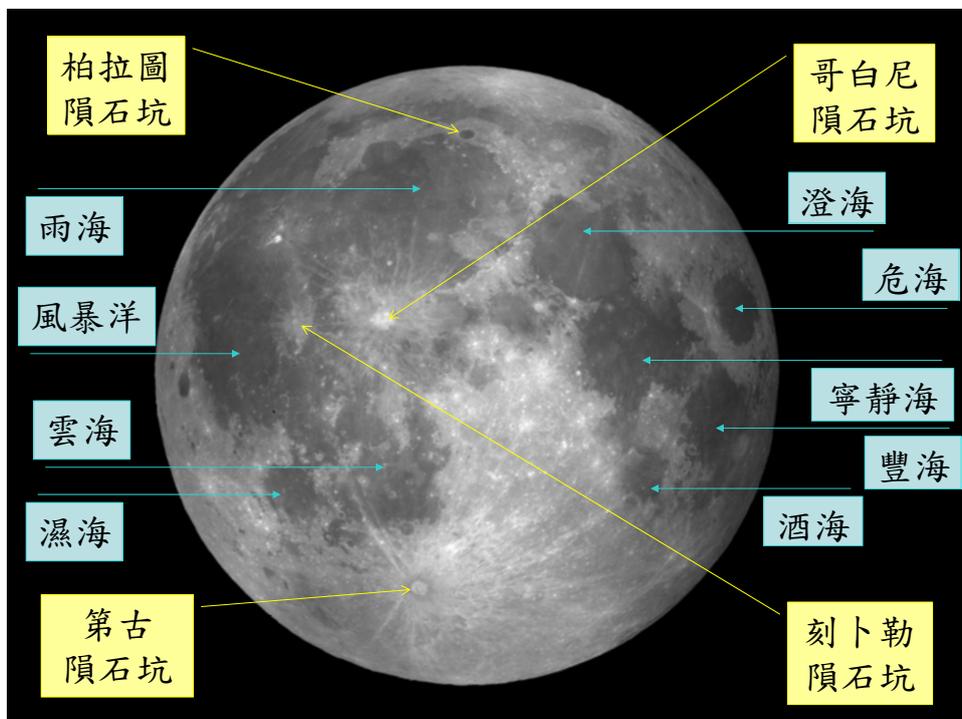
月球圓缺變化 Lunar Phase

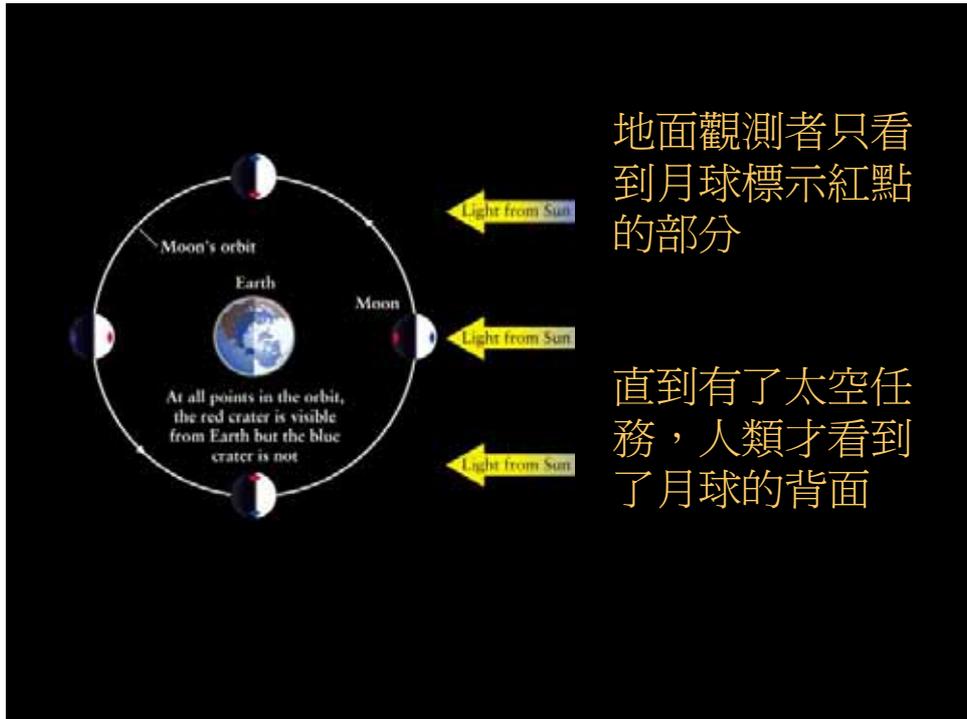


- 月球繞著地球運動
Moon → month
- 月球永遠以同一面對著地球
亦即 自轉所需時間 = 公轉
- 月球自己不會發光，而必須
反射陽光

舉凡要看到一樣東西，它必須
 (1) 自行發光，或
 (2) 反光，或
 (3) 擋光

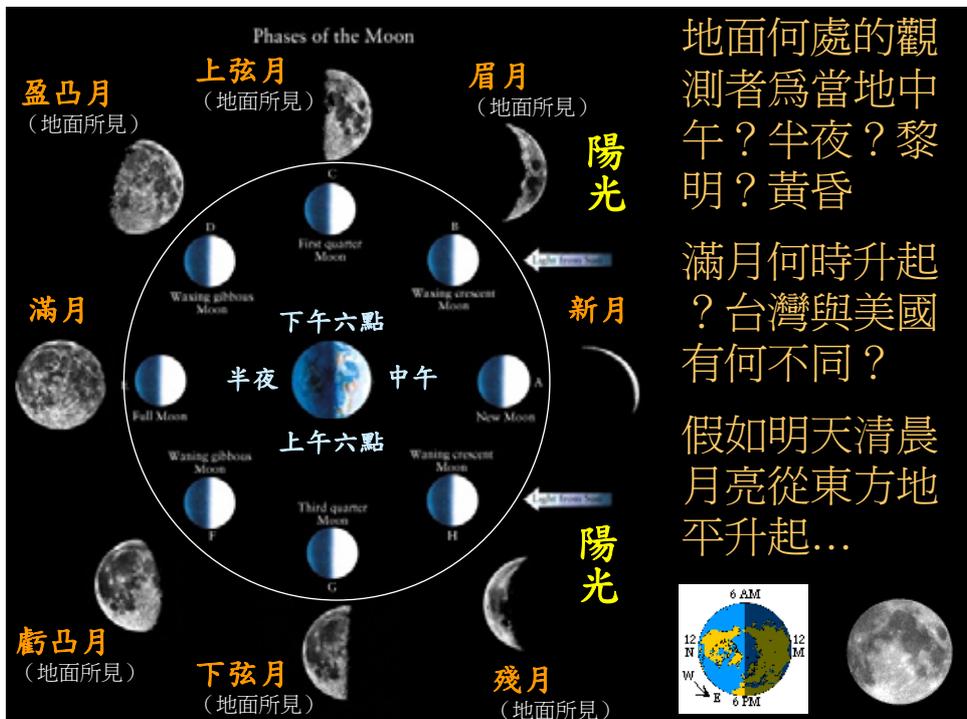
牆壁、燈泡、毛衣、月亮、太陽、
 火星、地球、織女星、螢火蟲、
 蝴蝶、情人的眼睛





地面觀測者只看到月球標示紅點的部分

直到有了太空任務，人類才看到了月球的背面



地面何處的觀測者為當地中午？半夜？黎明？黃昏

滿月何時升起？台灣與美國有何不同？

假如明天清晨月亮從東方地平升起...



這張照片幾點鐘拍攝的？

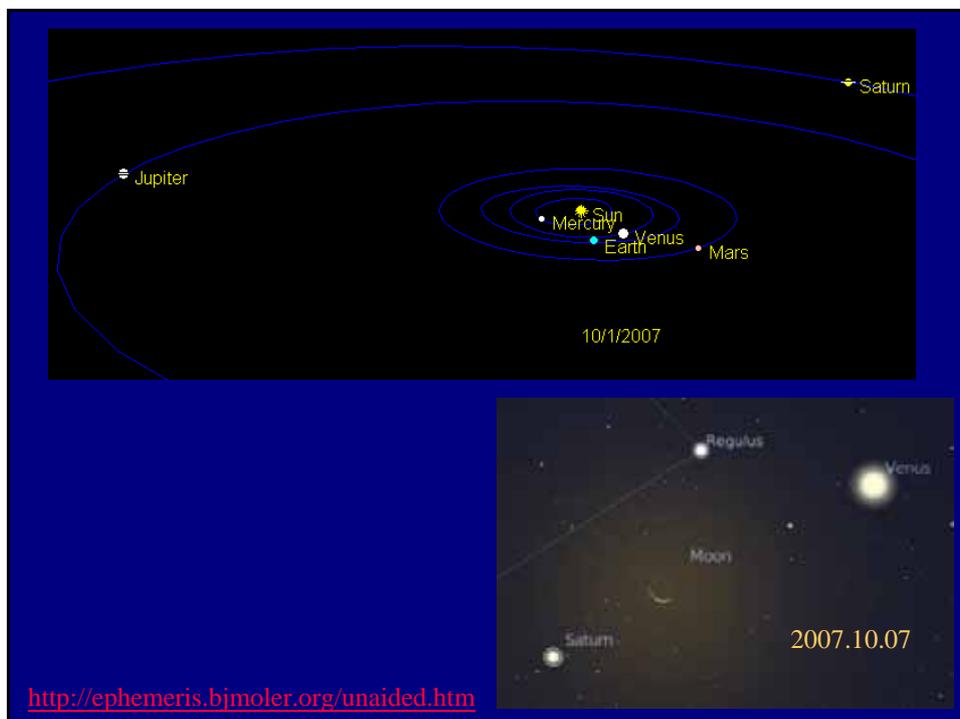
Venus

Jupiter

Spica

http://www.astropix.com/HTML/SHOW_DIG/002.HTM

- 11月17日（星期六）參觀台北市立天文教育館
- 當天上午 8 點從依仁堂出發
- 大約中午結束
- 每人交100元，包括門票與保險，不足額（車資）由課程支付
- 課外教學屬於課程一部份，沒有請假形同曠課



A Total Solar Eclipse

日偏食

http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/sun/atmosphere/solar_eclipse.html

日全食

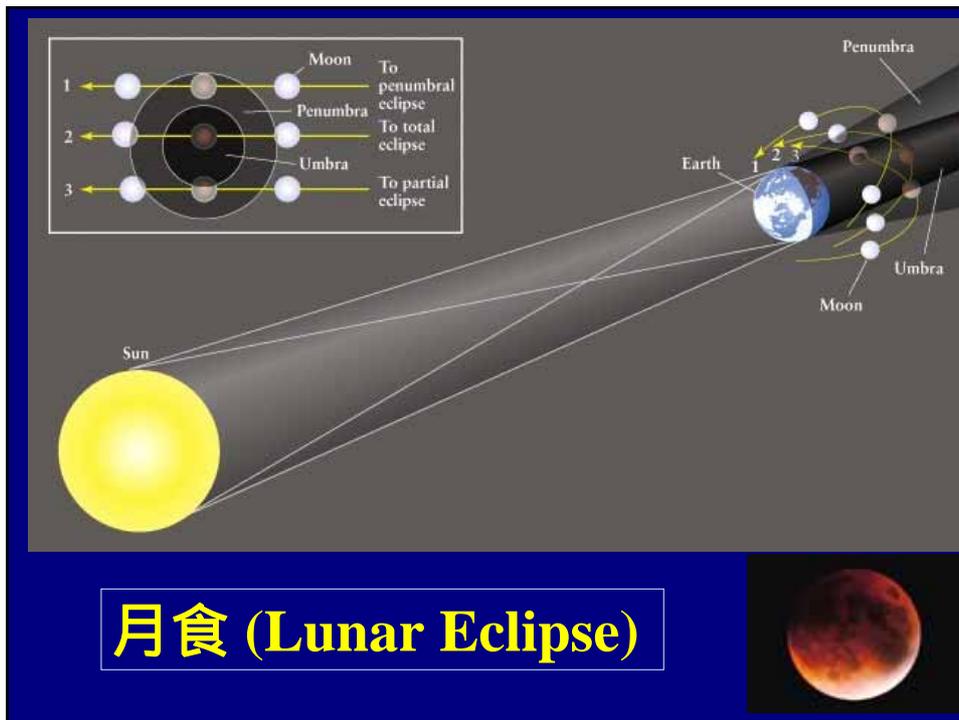
日環食

日食 (Solar Eclipse)

日全食過程

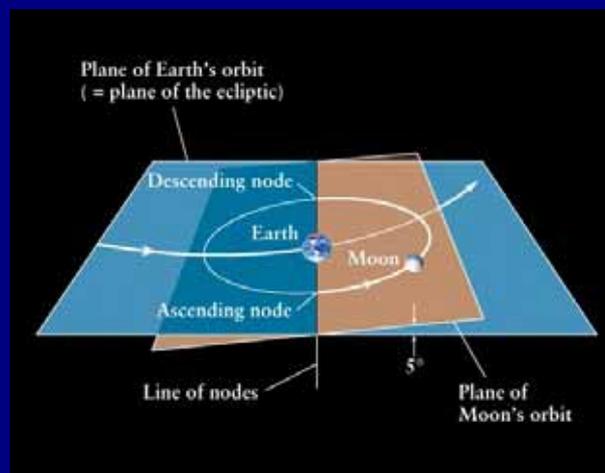
<http://www.moonglow.net/ccd/pictures/eclipses/>

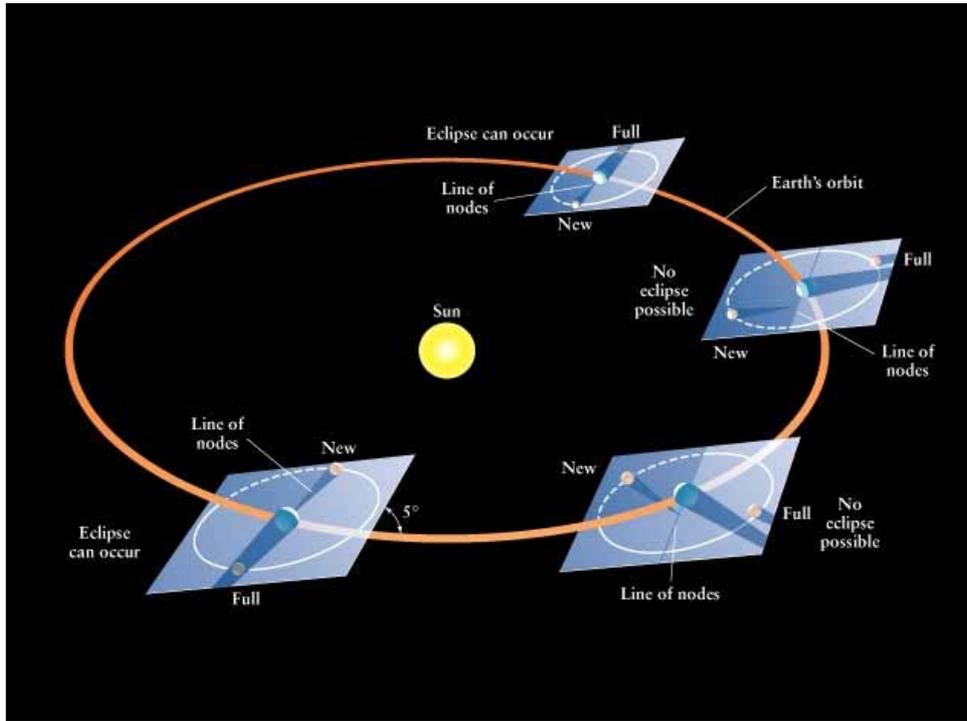
Figure 1-30
Discovering the Universe, Seventh Edition
© 2006 W H. Freeman and Company



月食 (Lunar Eclipse)

Q: 為什麼不會每個月都發生日、月蝕？





不是只有月球會走到地球與太陽之間，
 水星 (Mercury) 與金星 (Venus) 偶爾也會
 → 凌日 (transit) 現象



www.theastronomer.org/eclipse.html

Mercury 離太陽最大角距 28 degrees

Venus 離太陽最大角距 47 degrees

→ 在地球軌道之內 (與太陽同進退)

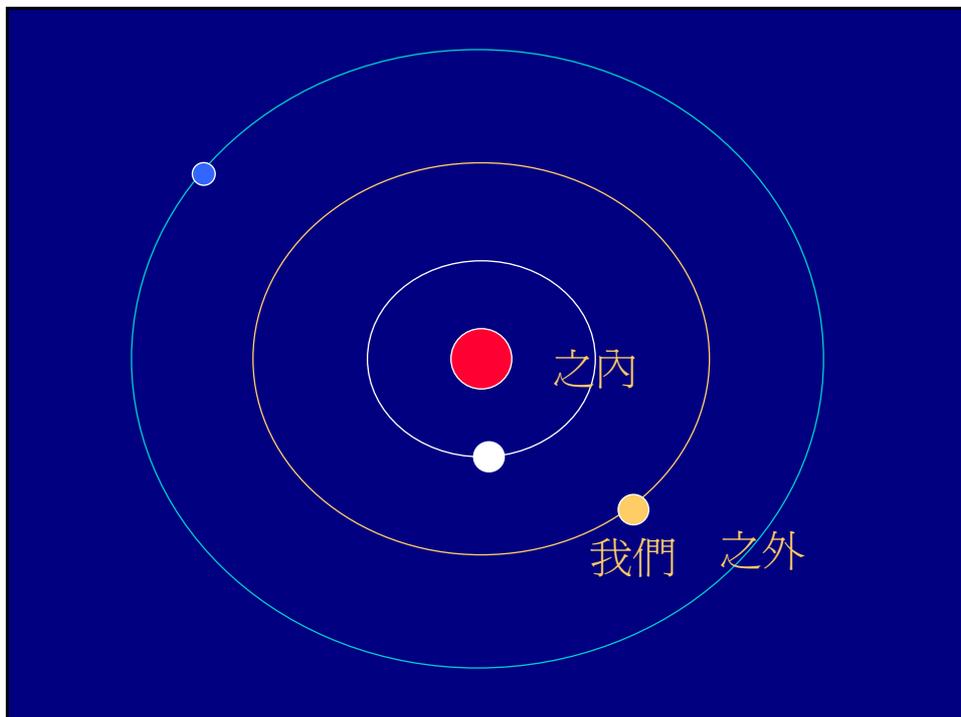
Mars (火星), Jupiter (木星), Saturn (土星)

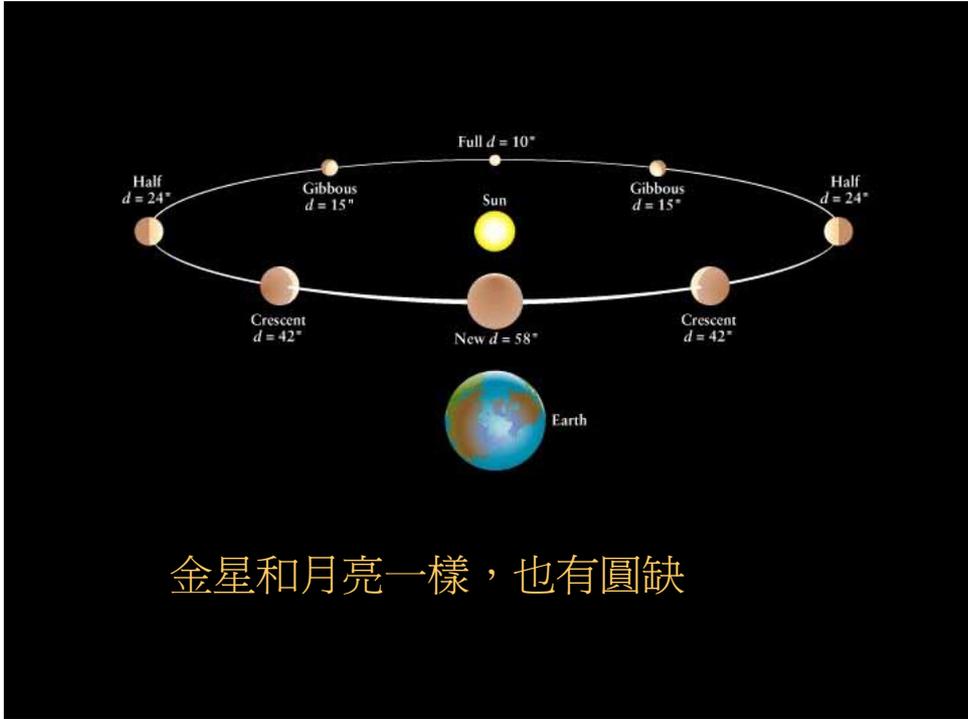
則可以在半夜看到 → 在地球軌道外面

想像：跑操場 (內圈、外圈...)



The International Space Station (ISS), with its new solar panels, transits the surface of the Sun.





A composite image illustrating the phases of Venus. The top left shows a sequence of Venus phases (crescent, half, gibbous, full) arranged in a circle. The top right shows a photograph of a crescent Venus in a dark sky. The bottom left features a portrait of Galileo Galilei. The bottom center shows a sketch of Venus phases with labels 'h', 'c', 'd', and 'f'. The bottom right shows a photograph of a crescent Venus in a dark sky.

http://www.polaris.iastate.edu/EveningStar/Unit1/unit1_sub2.htm