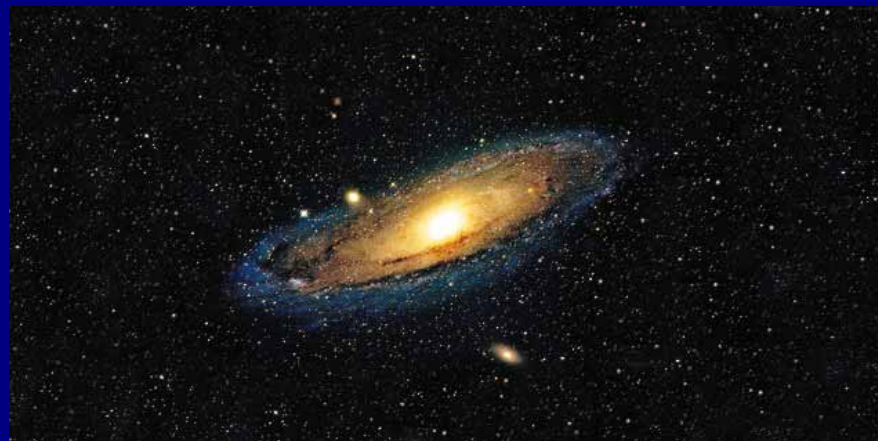


天文學導論



- 陳文屏（天文所；科四館 906 室）
wchen@astro.ncu.edu.tw x65960
- Office Hours M 1-3 pm; W 10-12; Th 1-3 pm
- 探討宇宙天體的現象與原理
- 授課、課堂討論、小組討論
- 期中考 (30%)；期末考 (35%)；作業、報告、其他 (35%)

0914	Discovering the Night Sky I
0921	Discovering the Night Sky II
0928	Gravitation and the Waltz of the Planets
1005	Light and Telescopes
1012	<i>++ Recitation</i>
1019	Earth, Moon, and Other Planets and Their Moons
1026	(no Class)
1102	Vagabonds of the Solar System <i>+ Recitation</i>
1109	★★★ Midterm Exam
1116	The Sun as a Star
1123	The Nature of Stars <i>+ Recitation</i>
1130	The Life Cycles of Stars
1207	The Death of Stars <i>+ Recitation</i>
1214	The Galaxies
(12/16)	~~~~ Trip to Taipei Astronomical Museum
1221	Cosmology <i>+ Recitation</i>
1228	The Search for Extraterrestrial Life
0104	<i>++ Recitation</i>
0111	★★★ Final Exam

小組討論講師（每組~25位同學）

- 胡瑞華
- 姜博識
- 蔡孟均

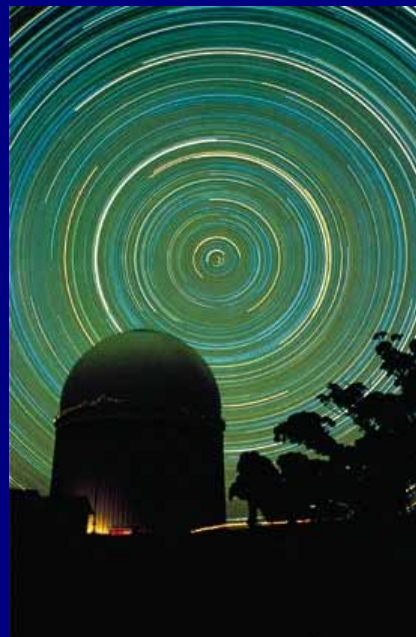
課程助教

- 林建爭

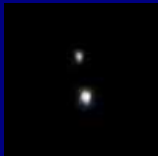
課程網站、Blackboard 系統

What Do You Think? 你怎麼想？

- 怎麼樣的理論算是科學理論？
- 天文學家做哪些事情？
- 為什麼學天文學？
- 何謂北極星？
- 何謂「星座」？
- 造成四季更迭的原因何在？
- 黃道十二宮？
- 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		
木星——太陽系最大的行星		大樓口（20 公尺外）的木瓜子
冥王星——不再是 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」？

- 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）
- 而目前已知的銀河系超過數億個

星際雲氣是恆星誕生之處

千億顆恆星聚集成為仙女座星系



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

```
graph TD; A[宇 (上下四方)] --> C[宇宙中物質與能量，循著一定的因果關係，彼此交互作用]; B[宙 (古往今來)] --> C;
```

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。

科學理論：（1）解釋現有現象，也能預測
（2）可以驗證（別人也可以！）

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 

- Commercial jet plane, speed $\sim 800\text{--}1000\text{ km/h}$
or $1000\text{ km/h} \times 24\text{ h/day} \times 365\text{ d/year}$
 $\sim 9 \times 10^6\text{ km/year} \sim 10^7\text{ 公里/年}$
- Distance $\sim 4\text{ light years} = 4\text{ years} \times 365\text{ days/year} \times 86400\text{ s/d} \times 300,000\text{ km/s}$
 $\sim 4 \times 10^{13}\text{ km}$
- ➔ $\therefore$ 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



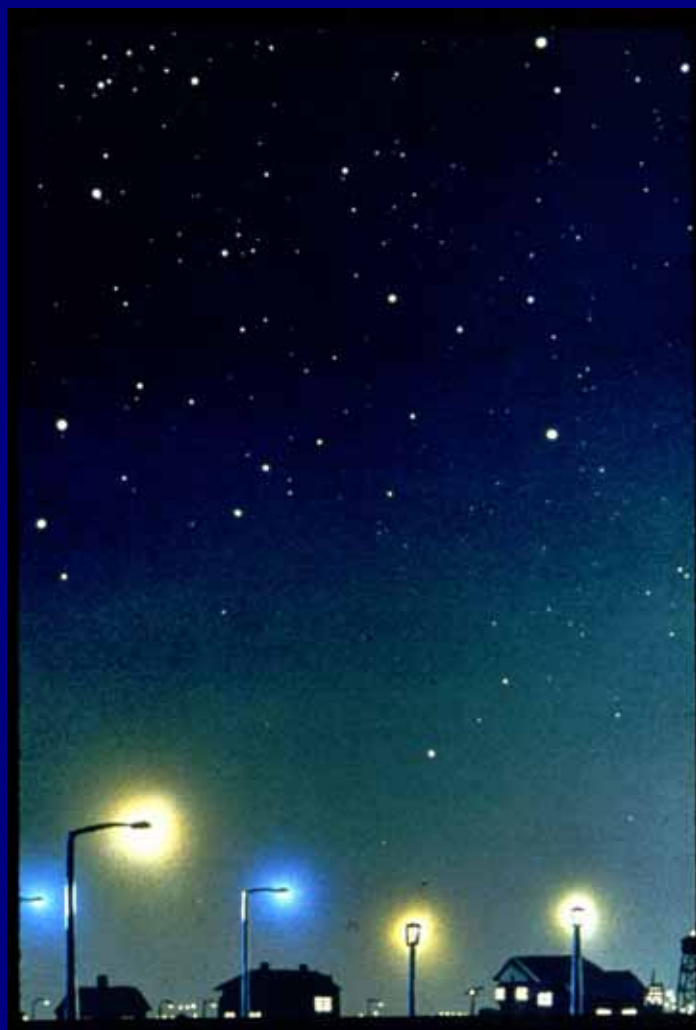


放眼望去，一半是天！



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，為瞭解大自然奧秘之有效進堂台階

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)

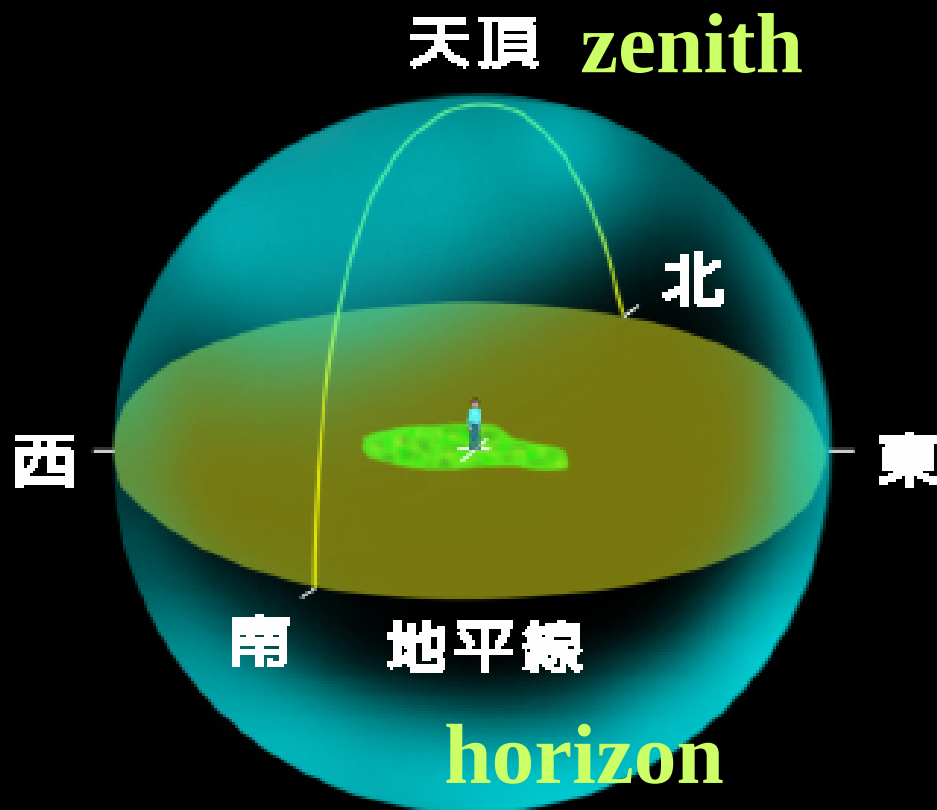
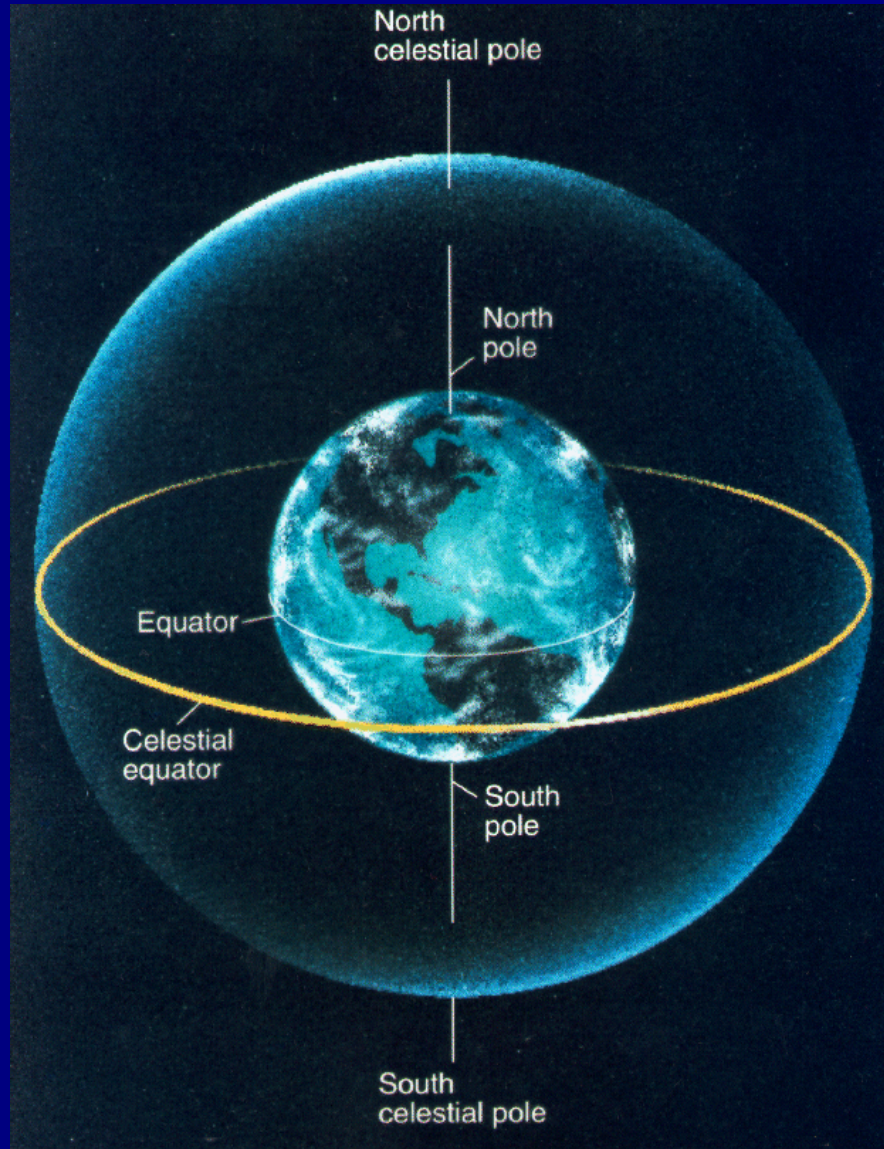


圖 2-3 通過觀測者地平南、北方，以及天頂的圓弧稱為子午線。天體在天球上的位置，可以兩個角度來描述，例如方位角與仰角。隨著地球自轉，對某個觀測者而言，某顆星的坐標隨時在改變。

天球北極



(地球) 赤道

天球赤道

(地球) 北極

(地球) 南極

天球南極

Measuring the Sky

- 距離的單位——公分、公里

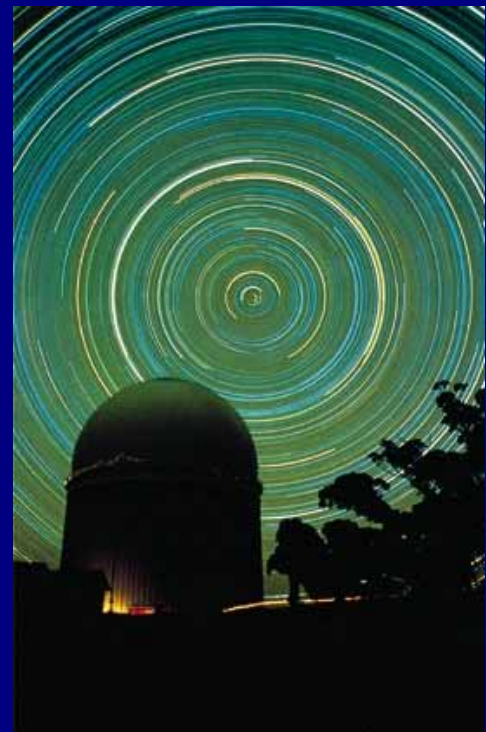
1 astronomical unit (AU) 天文單位
= 149.6×10^6 km
約一億五千萬公里

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

北斗七星

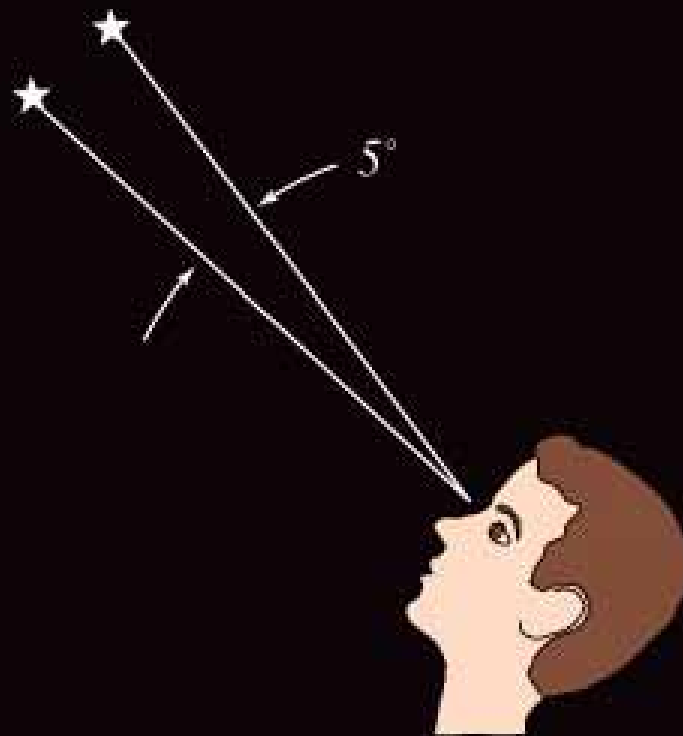




圖 1-1 我國古代將宇宙天體的次序結構與封建等級的社會制度相對應。圖示為漢武梁祠石刻，象徵天帝的星座位於北極星附近，位置不動，周圍為皇族、將相，臣民則拱皇帝而行，北斗七星成為天帝的座車。

Q：太陽的盤面（張角）
有多大？月亮呢？

需要幾根指頭「遮住」太陽？



Q：爲什麼地平線上的太陽
（月亮）特別大
(moon illusion)？



Q：爲什麼月亮會跟著我們走？

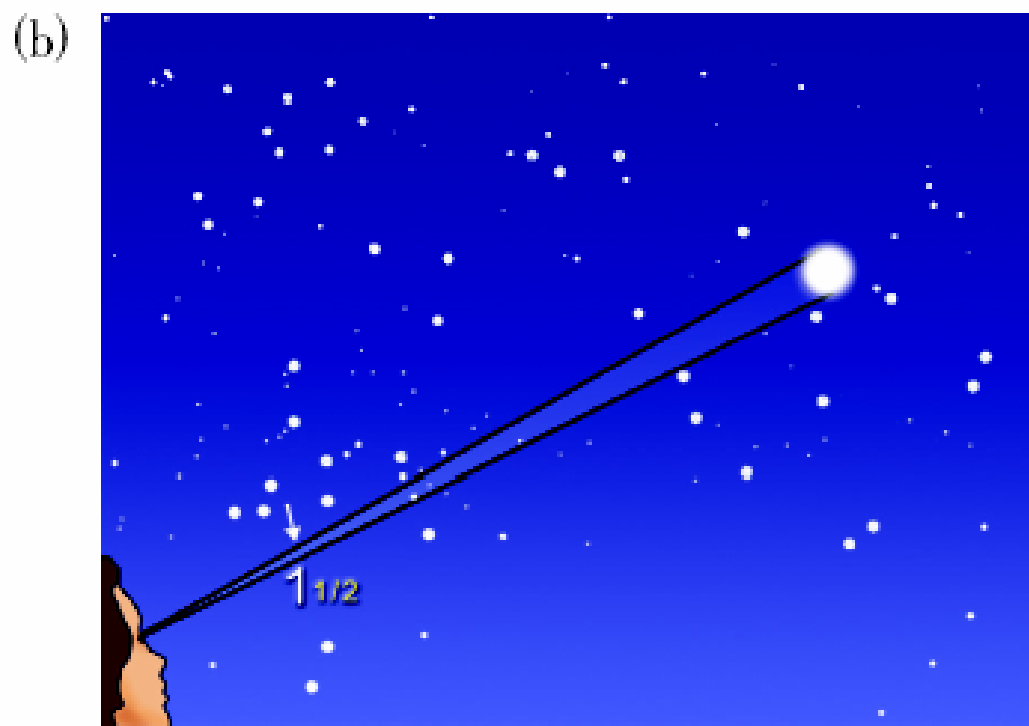
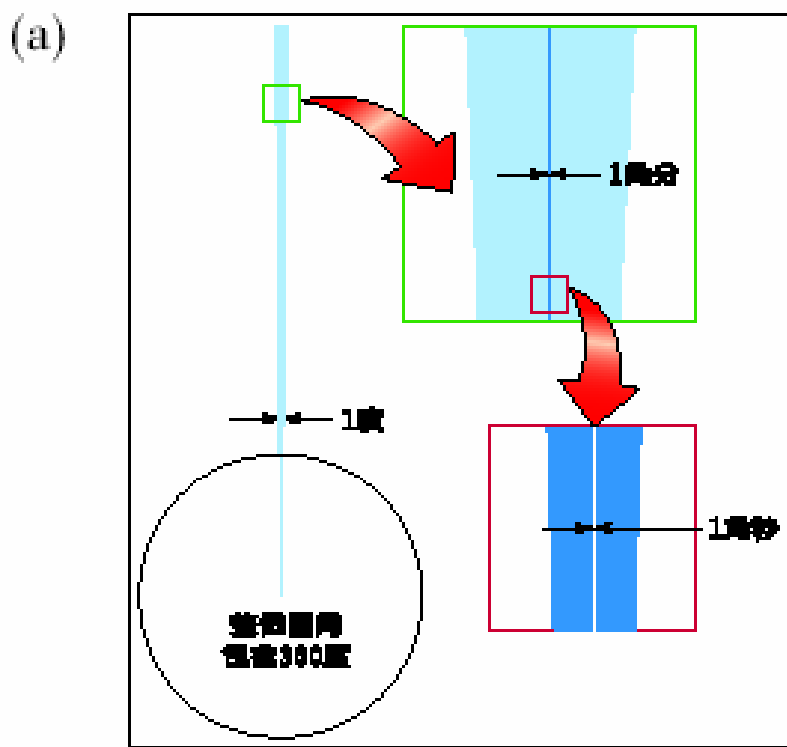


圖 2-7 (a)一度等於 60 角分，每一角分則等於 60 角秒。

(b)月球的張角大約為 0.5 度。

太陽的張角也差不多是半度

小北斗

25 度

大北斗

10 度

北極星
Polaris

同樣的長度，距離越遠看起來張角越小

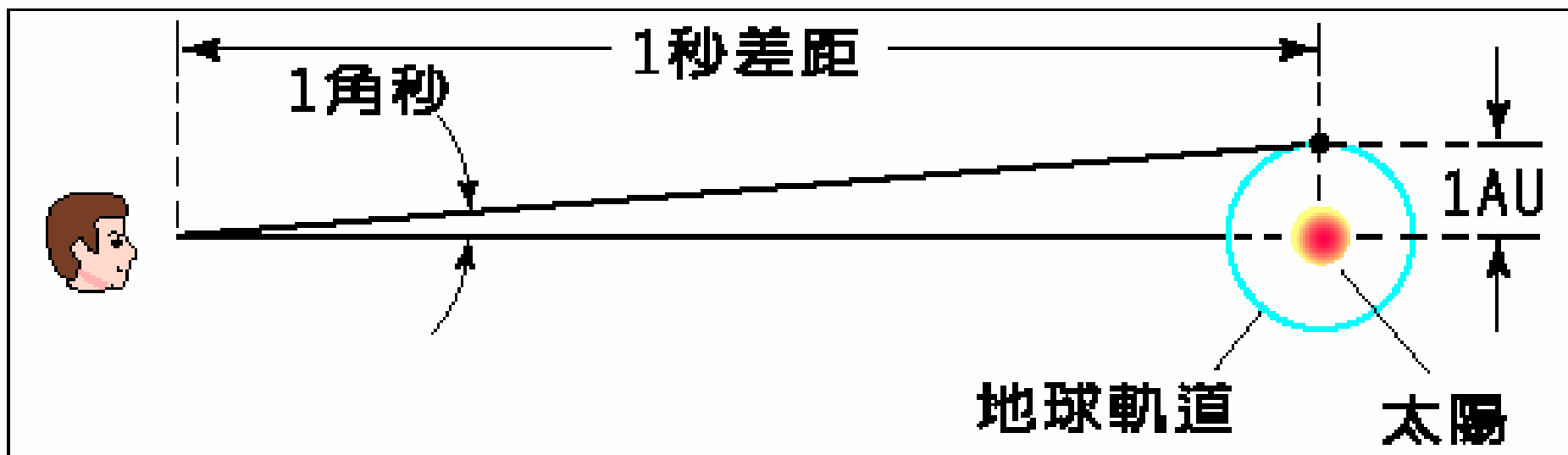
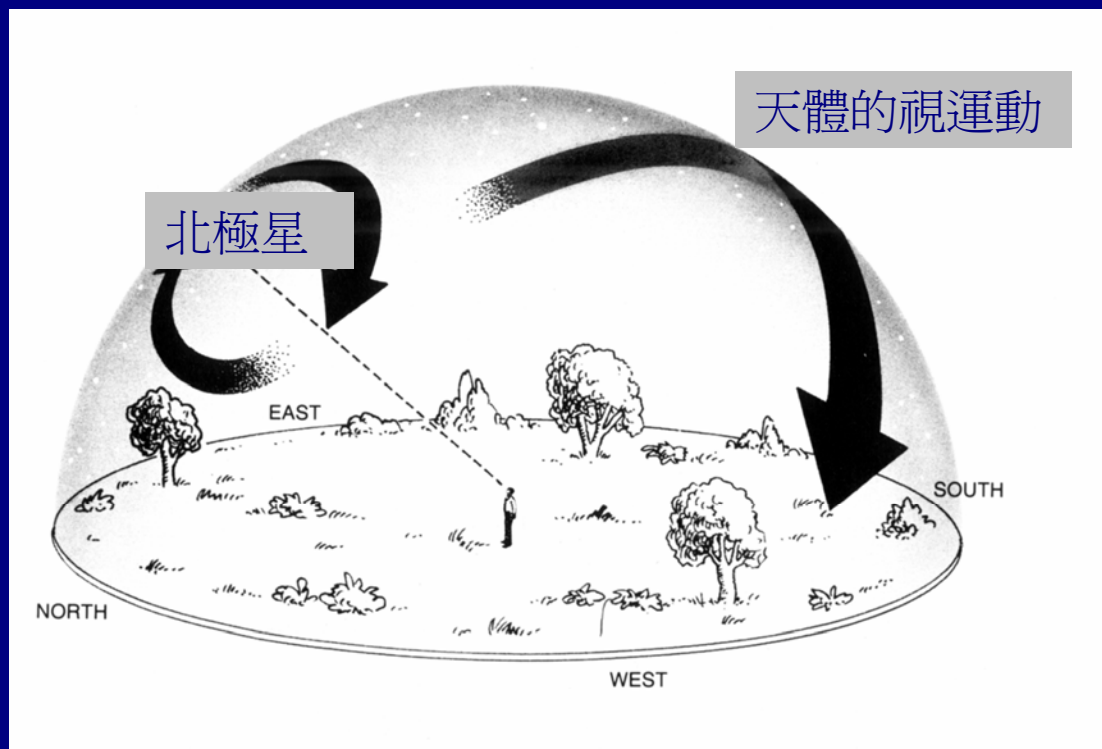
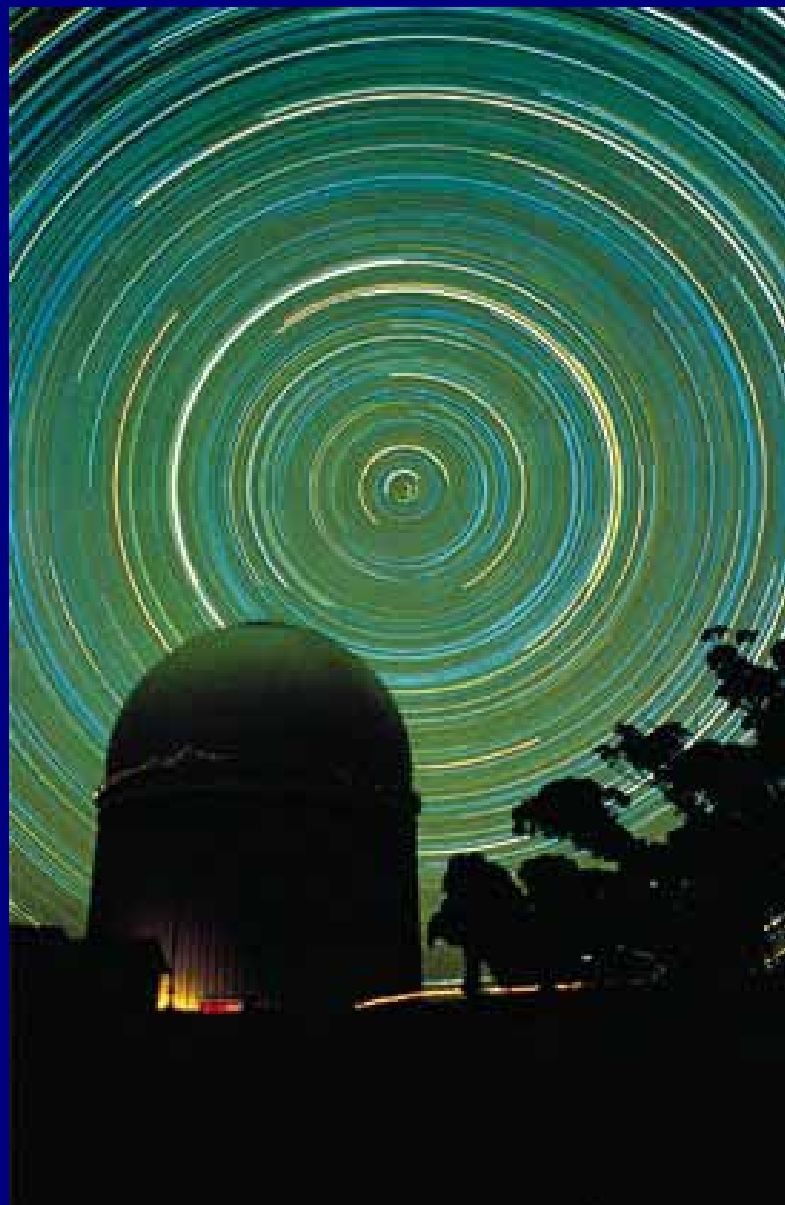


圖 2-9 當相離 1 pc 時，1 AU 的張角為 1 角秒。

$$\begin{aligned} 1 \text{ parsec (pc) 秒差距} &= 206,265 \text{ AU} \\ &= 3.086 \times 10^{13} \text{ km} \sim 3.26 \text{ ly} \end{aligned}$$

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。



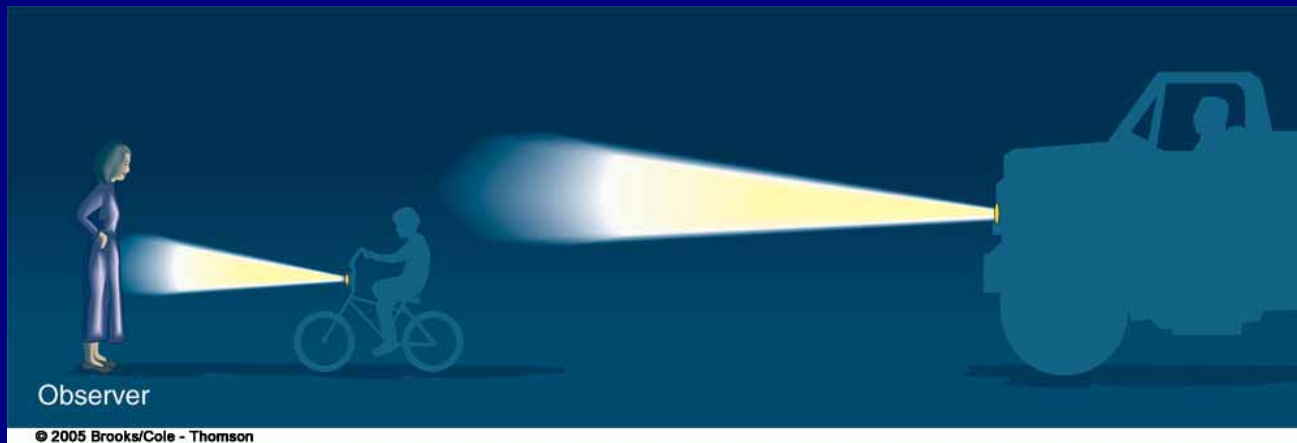
Earth Rotation 地球自轉

- 從北向南看，地球逆時鐘自轉（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，與天球相交於
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度圓周 → 360天
→ “太陽繞地球”一圈（其實是地球繞太陽轉）



比比看哪個遠？





在漆黑的背景中，無法分辨光點（星星）的遠近。亮的點可能是實際上非常明亮的星星，或可能實際不亮但是距離我們很近。

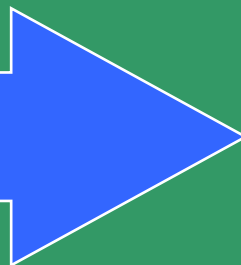
Parallax



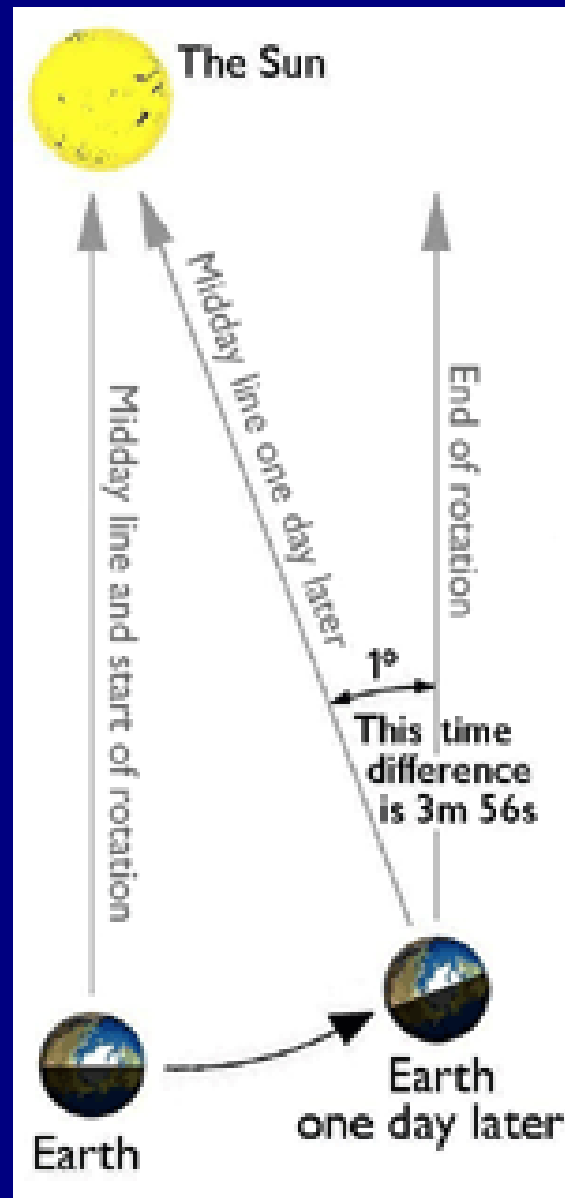
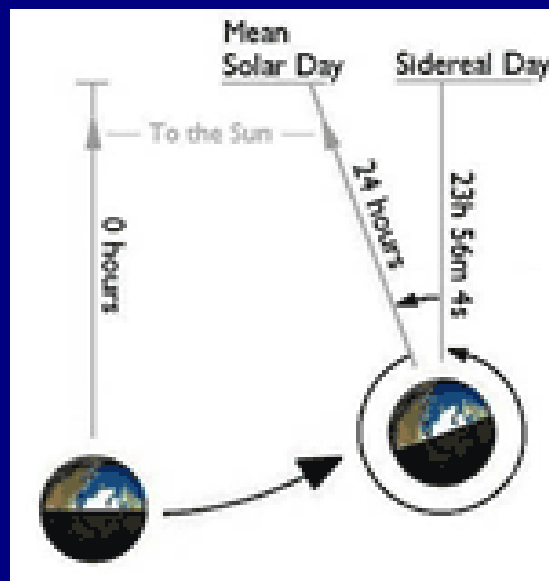
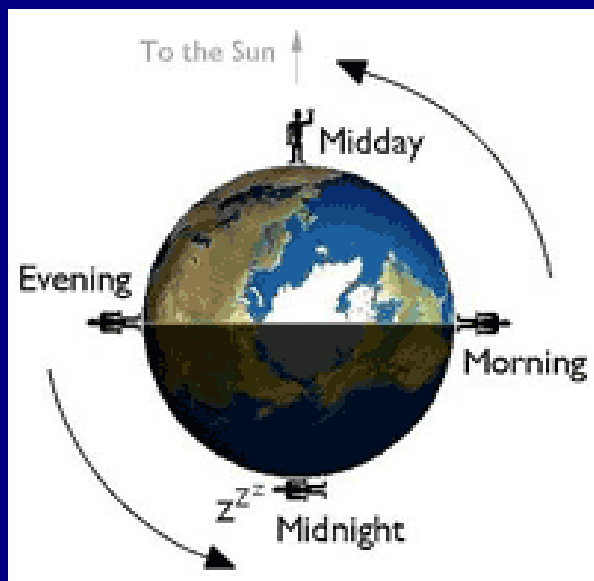
當觀測者移動，較遠的
物體似乎往
同方向移動



視差現象



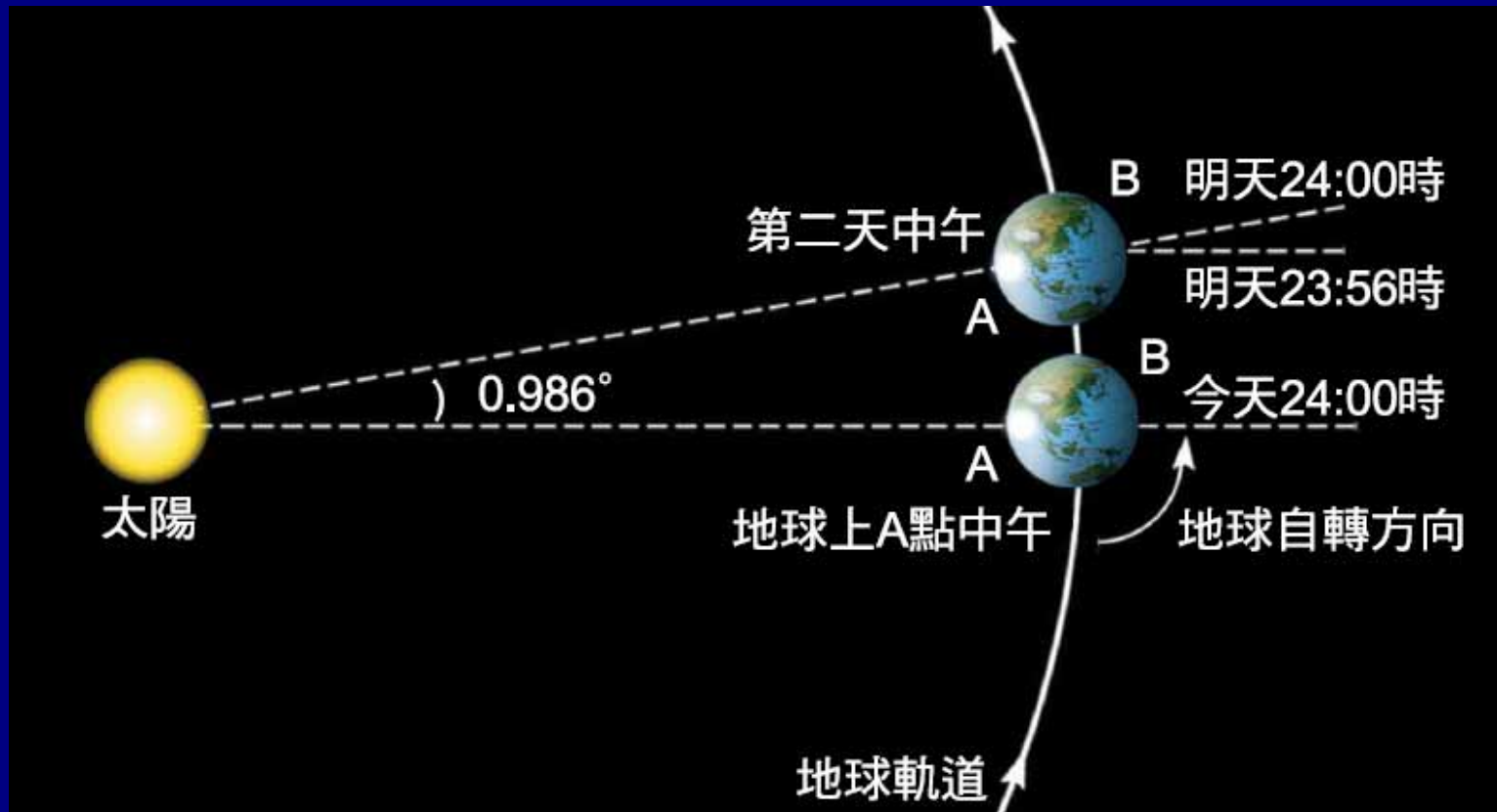
何謂「一天」？以誰為準？



「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

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



∴ 同樣星星比前一天提早約4分鐘升起

登入 Blackboard 網路教學平台的方式

學生登入方式: **bb.ncu.edu.tw**

使用者名稱：學號 密碼：學號

登入後即可更改密碼

- 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

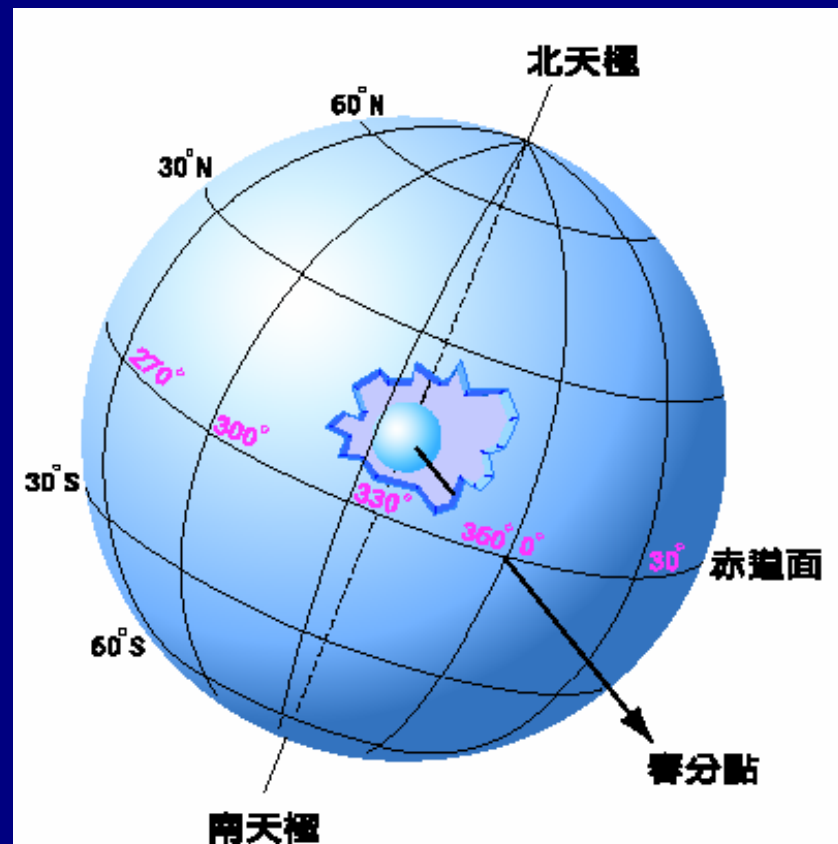


圖 2-6 把地表的經度與緯度向外擴張，便能將類似的坐標系統應用在天球上，用以描述天體的位置

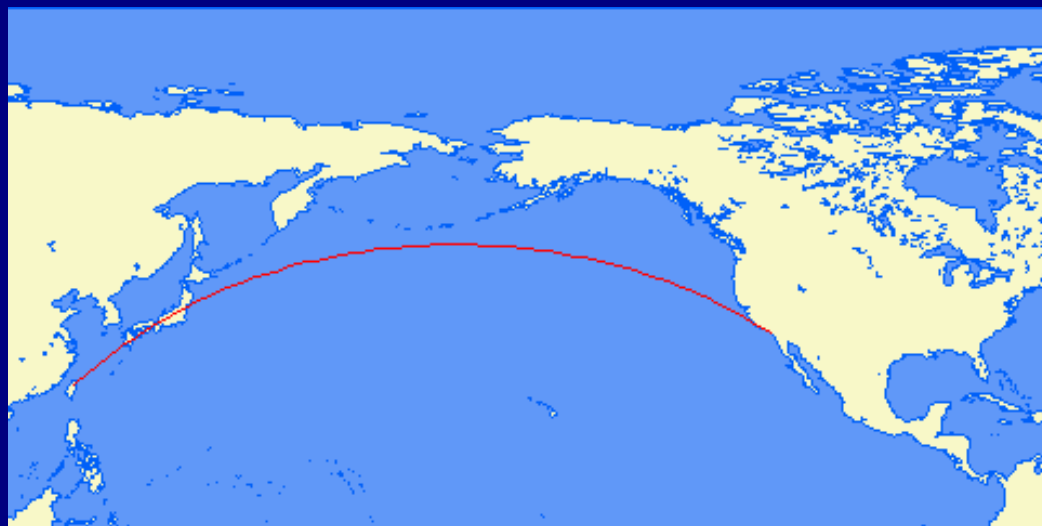
The date line

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？



TPE-LAX

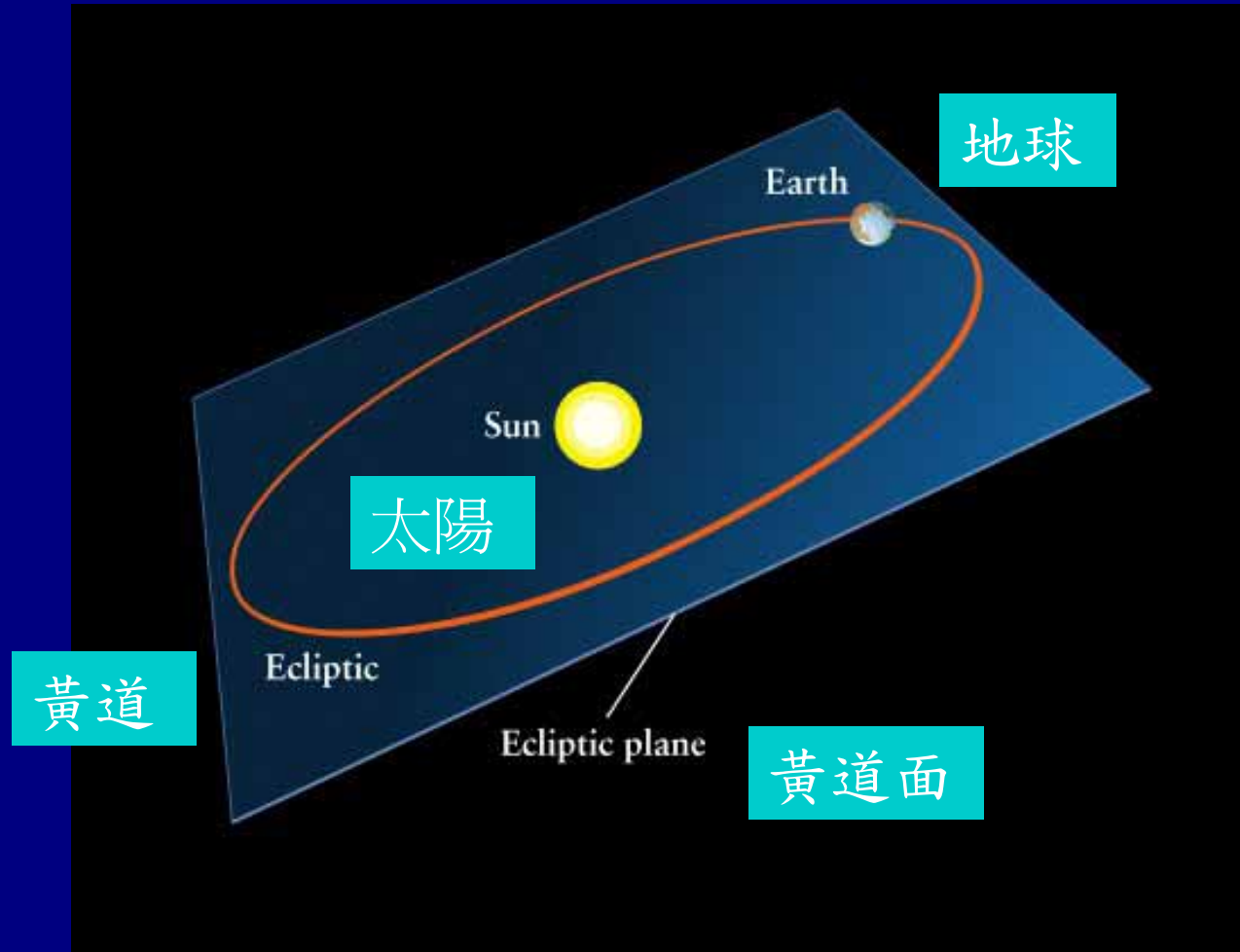
切面通過球心

大圓是球面上兩
點之間最短路徑



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度

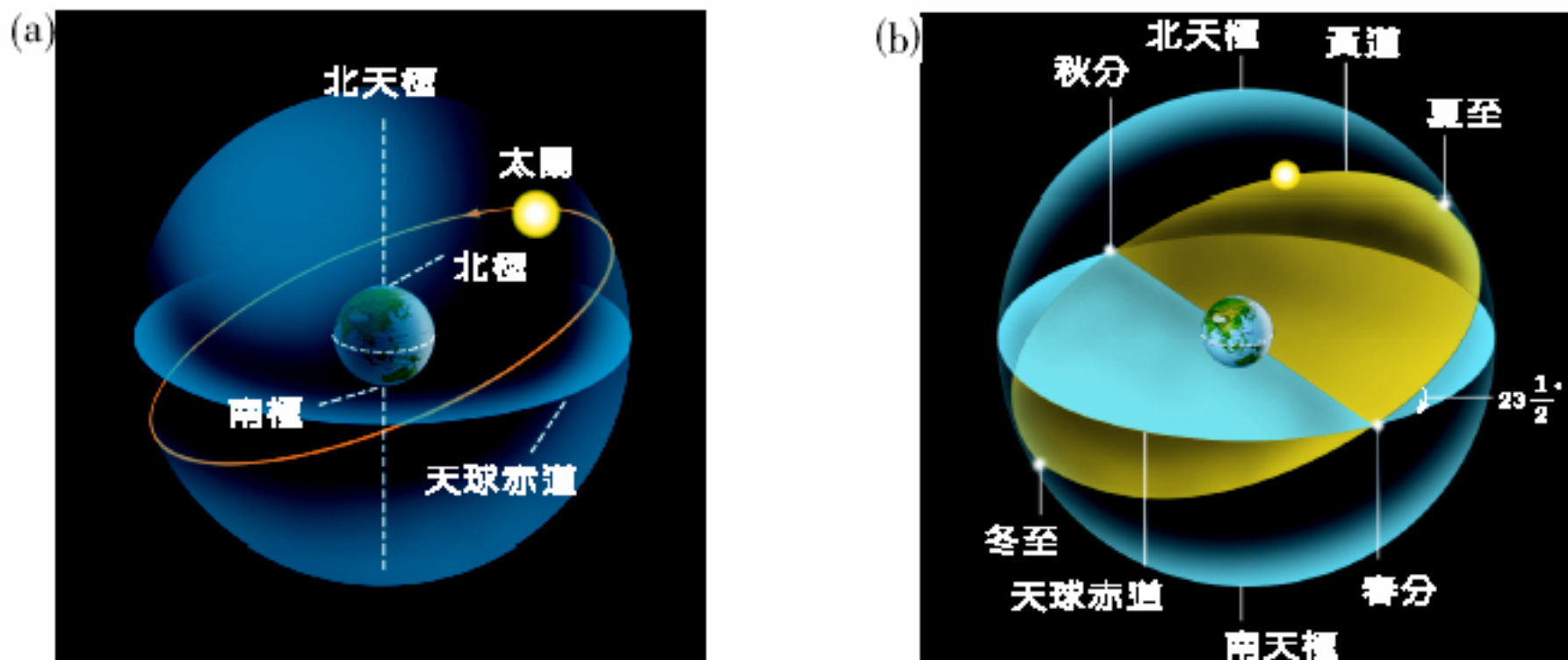
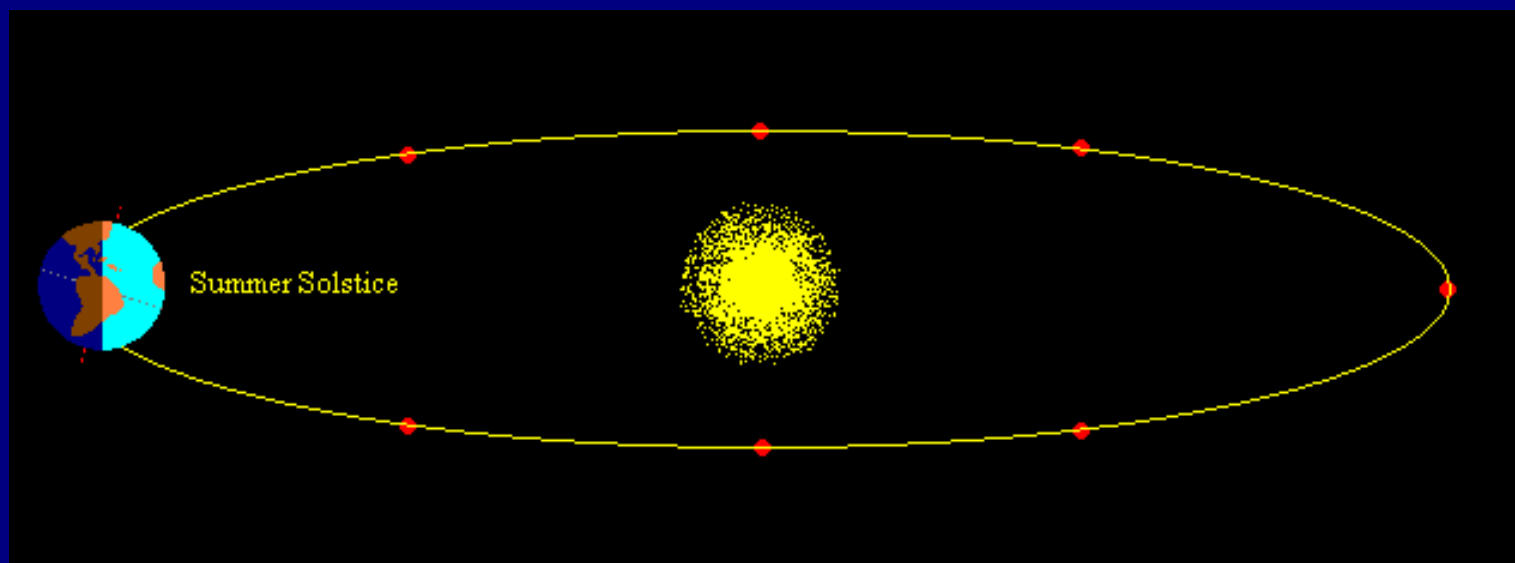
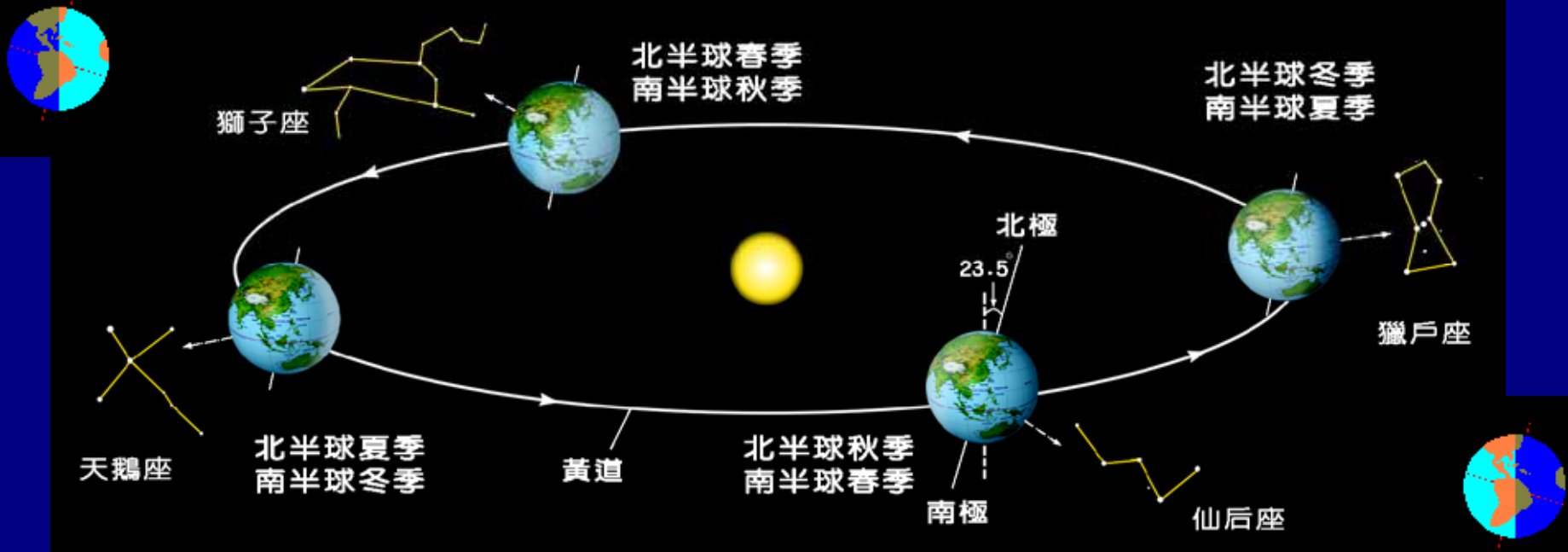


圖 2-12 (a)從地球看太陽一年當中的運動，最北時達到赤緯北方 23.5 度，然後通過天球赤道，繼續南行直到赤緯南方 23.5 度。

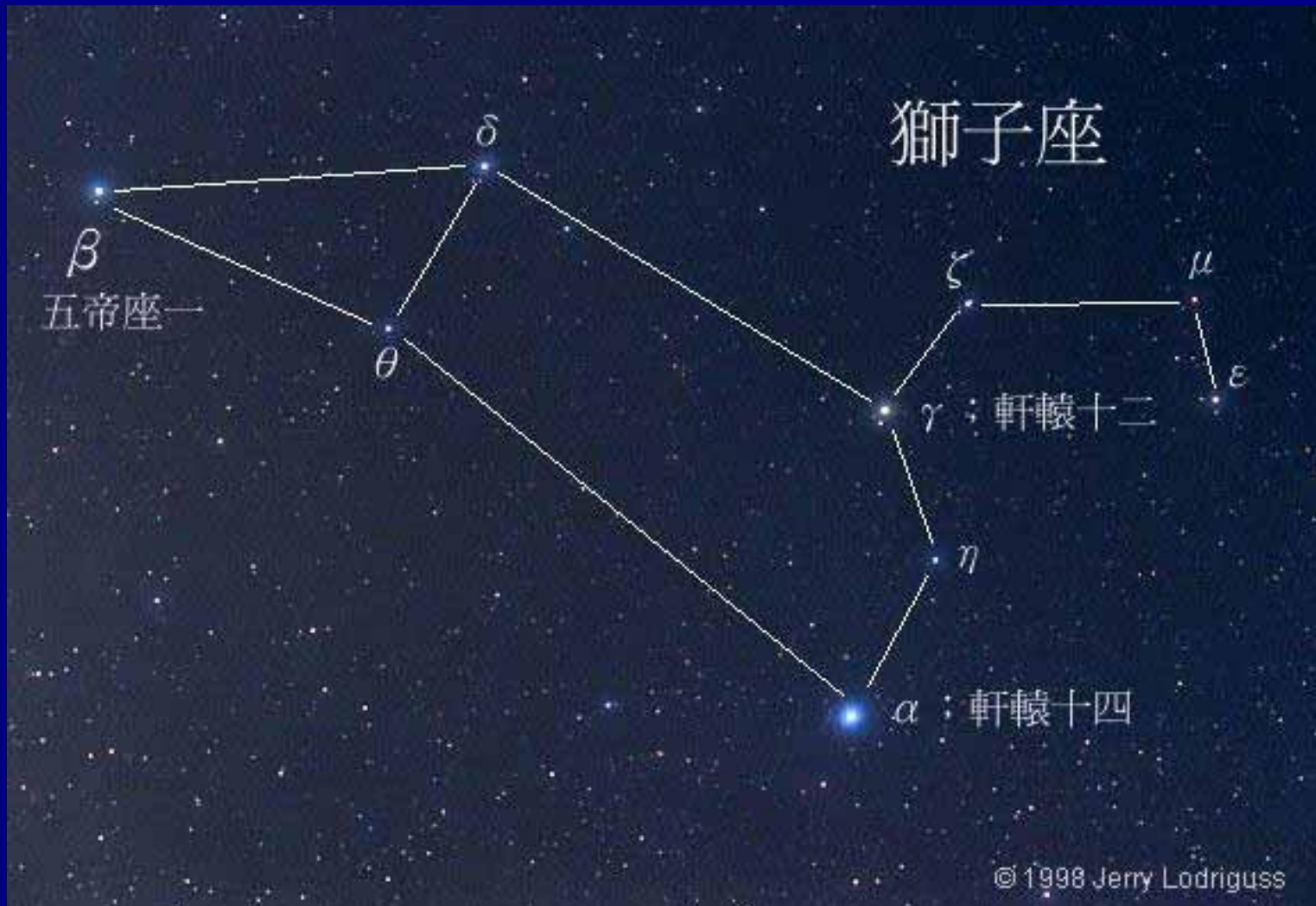
(b)黃道面與天球赤道成 23.5 度傾角，兩個面的交點分別稱為春分點及秋分點，黃道面最（上）北方的點稱為夏至，最南方的點則稱為冬至。



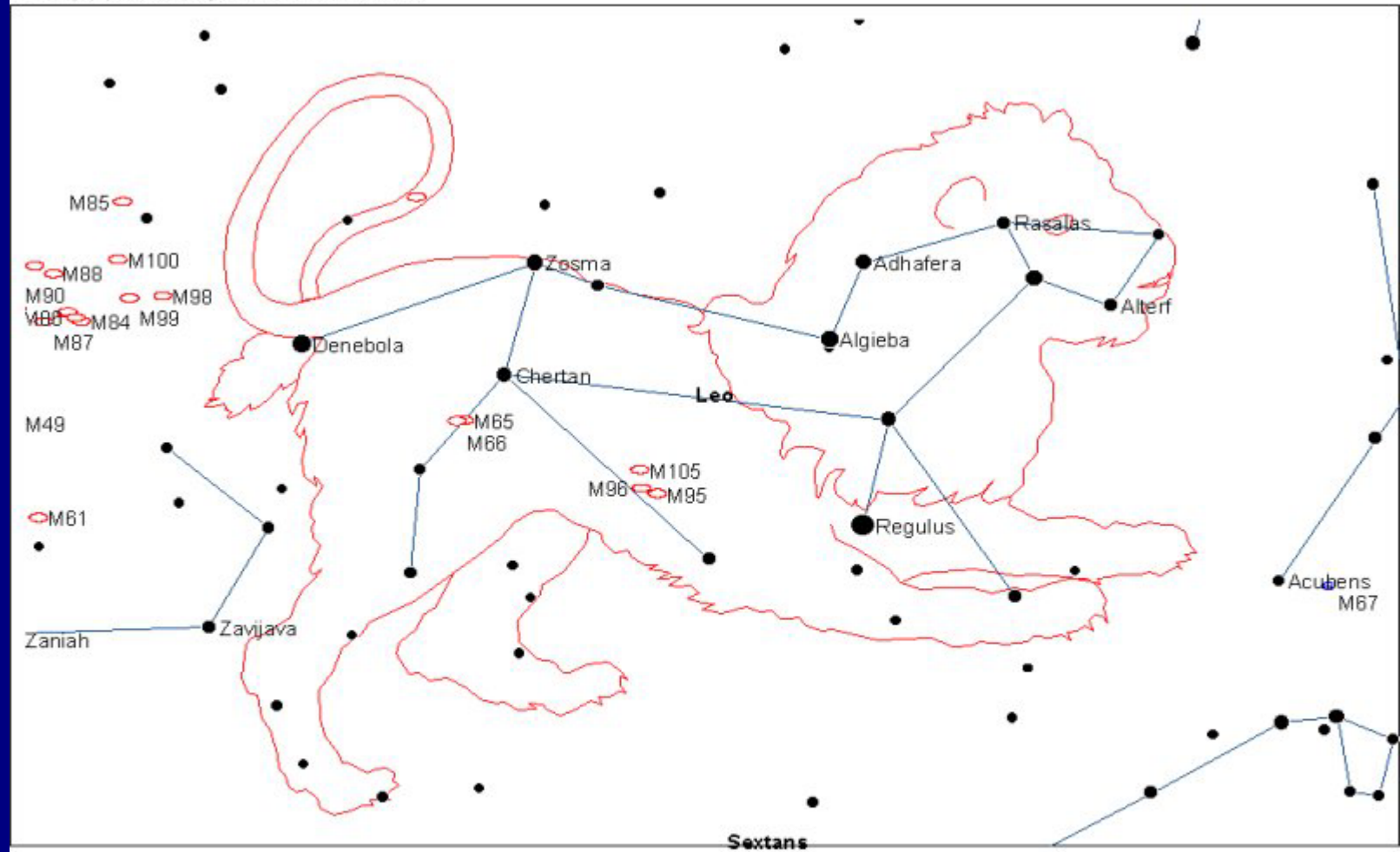
同個晚上不同時間、不同月份看到不同星空

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。





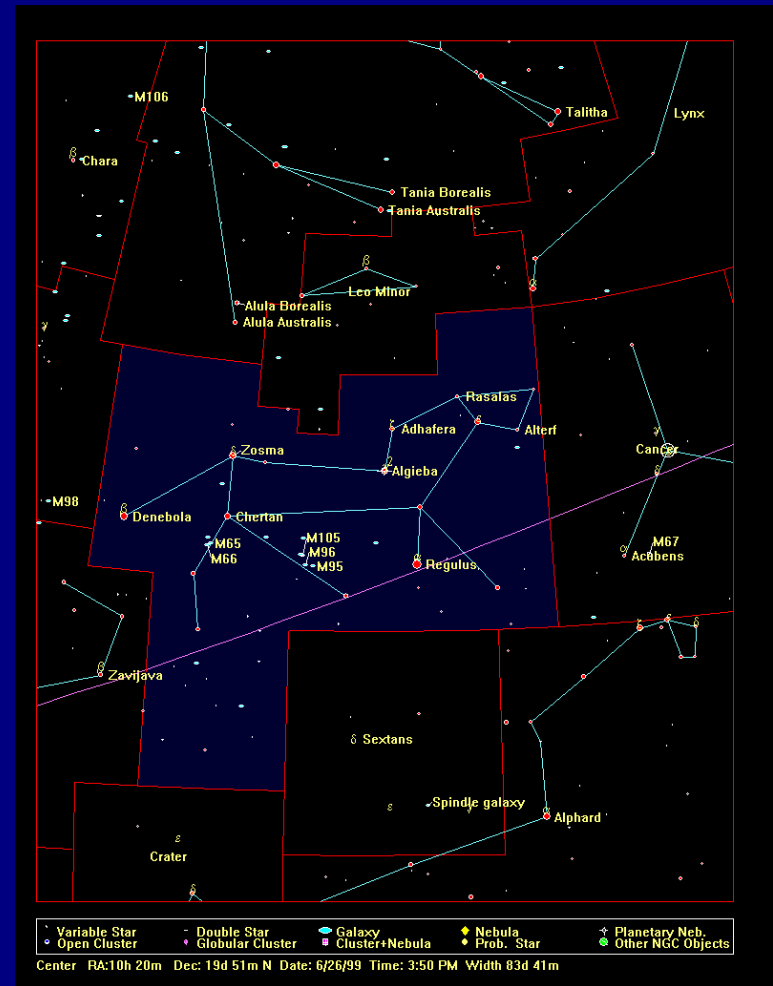
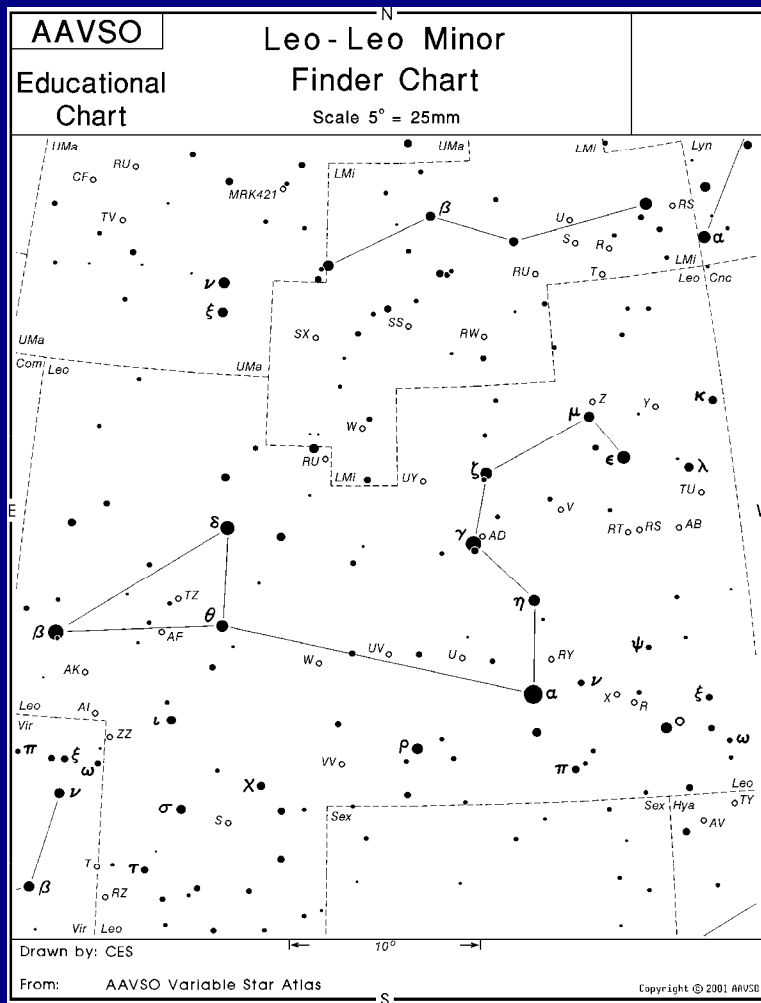
亮星「看起來」構成特殊圖樣，稱為「星座」，此處所示為春季夜空的「**獅子座**」



Leo

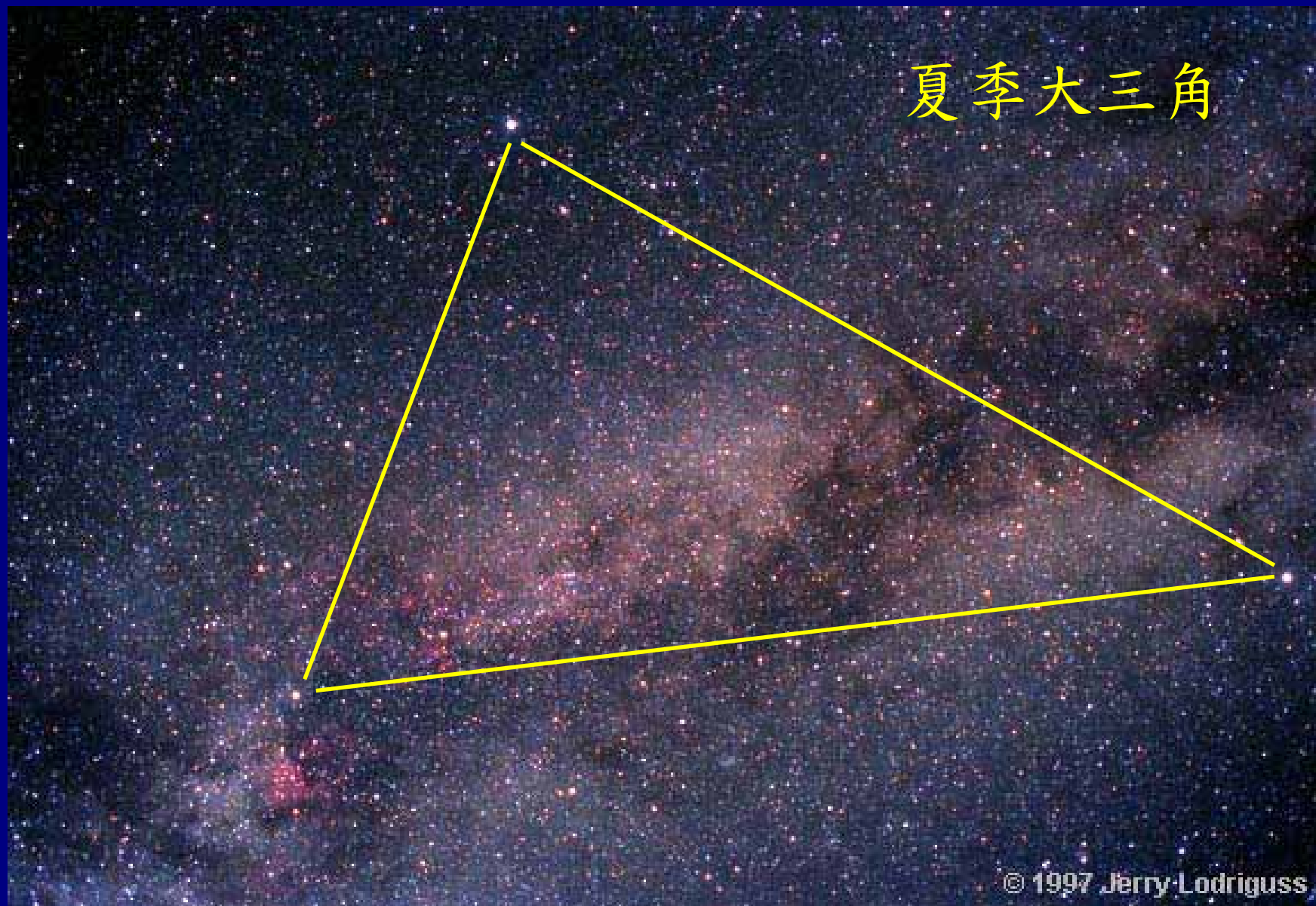
Abbreviation: Leo
Genitive Form: Leonis
Description: The Lion

Pronunciation: LEE' oh
Genitive Pronunciation: lee OH' nis
Sky Database: Constellation Labels



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

夏季大三角



織女星 距離地球25光年

天津四 距離地球約1500光年

牛郎星 距離地球16光年

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	December 1–December 19
Sagittarius	December 19–January 19
Capricorn	January 19–February 18
Aquarius	February 18–March 13

missing



蛇夫座

- ◆ 相不相信「星座算命？」
- ◆ 為什麼相信？寧可信其有？為什麼寧可信其有？
- ◆ 為什麼不相信？怎麼樣才相信呢？
眼見為憑？
- ◆ 天文學 (astronomy)
VS
占星術 (astrology)



天鵝座（天文攝影照片）



天鵝座（繪製的天圖）



星圖

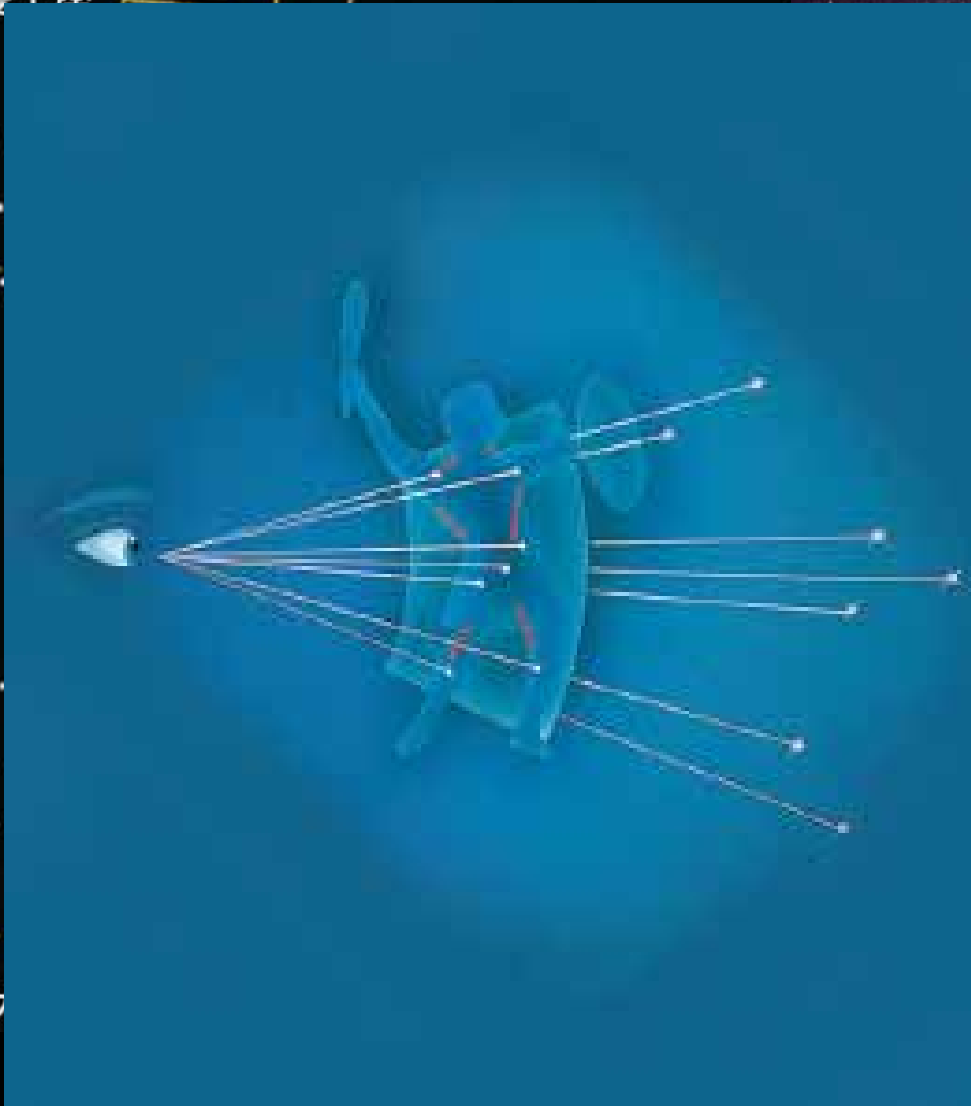
夏季星空

冬季星空



<http://www.hawastsoc.org/deepsky/constellations.html>

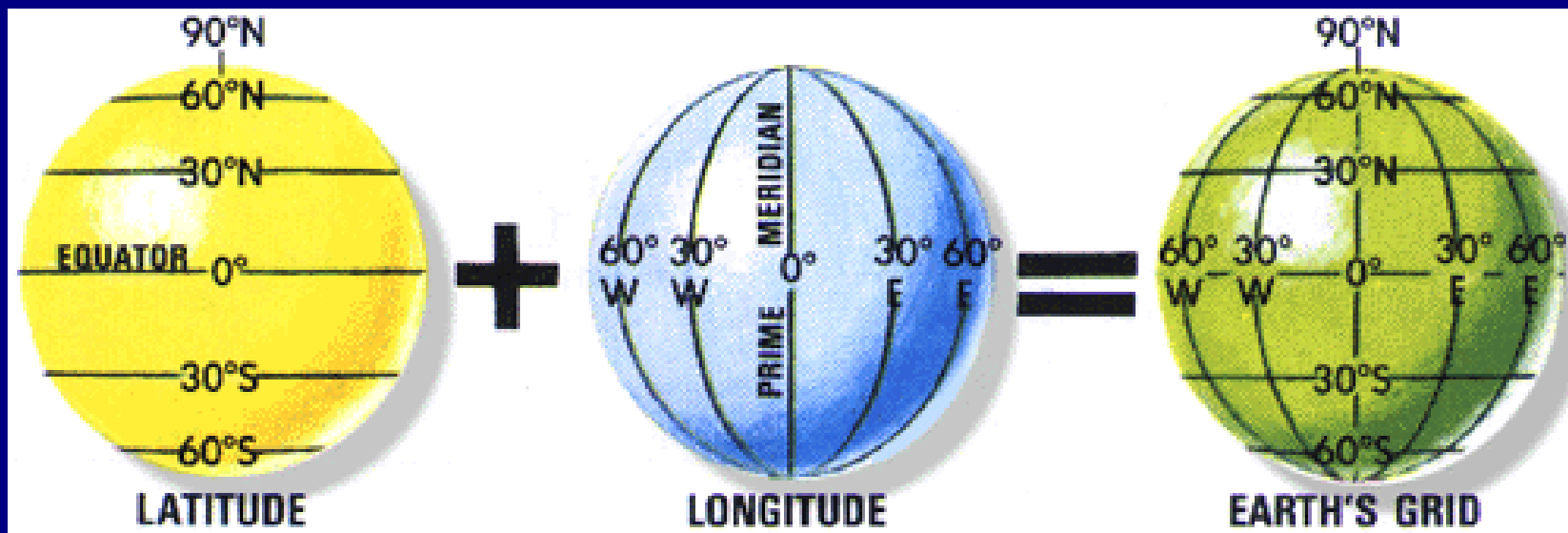
雙子座



Orion 獵戶座

<http://www.allthesky.com/constellations/orion/mainm.html>

地球（表面）的座標系統 —— 經度與緯度

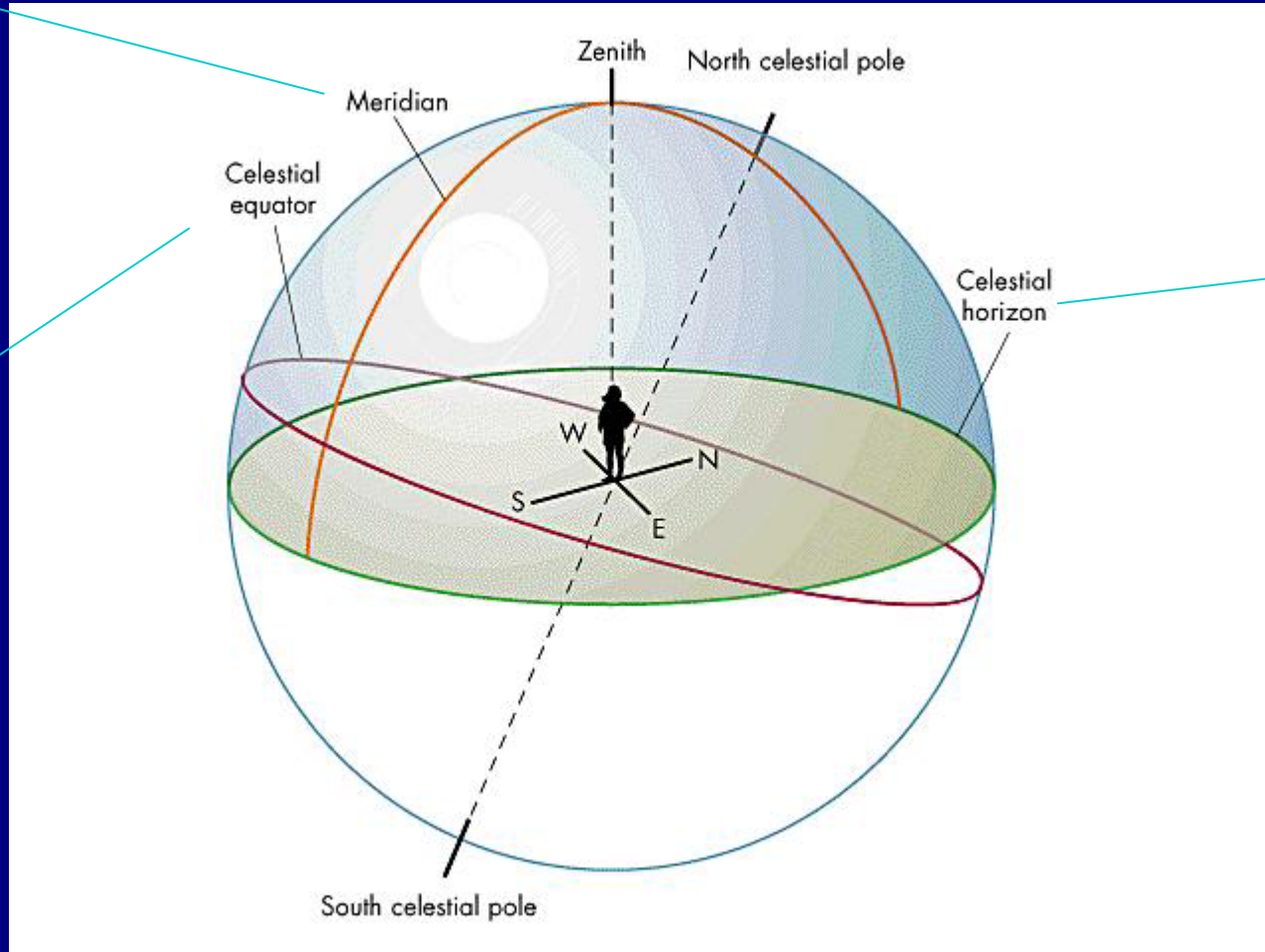


用來描述地表任一點的位置

子午線

天球
赤道

地平線



把地球的「經度」、「緯度」投影到天球
➔ 赤經 (right ascension)、赤緯 (declination)
便能描述天上任一點的位置

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

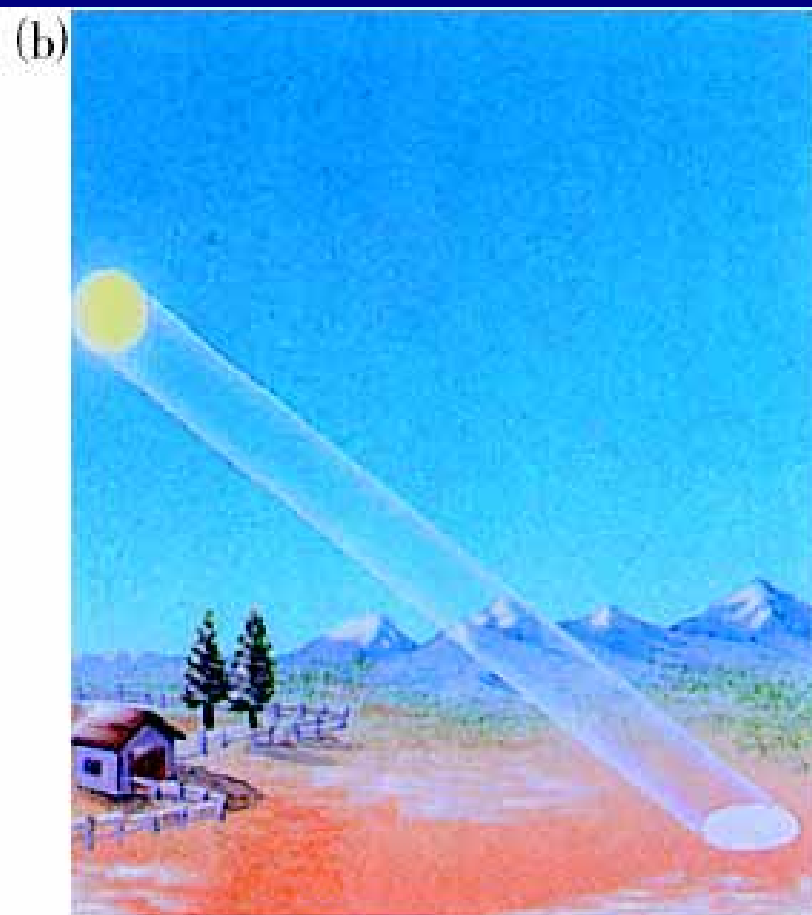
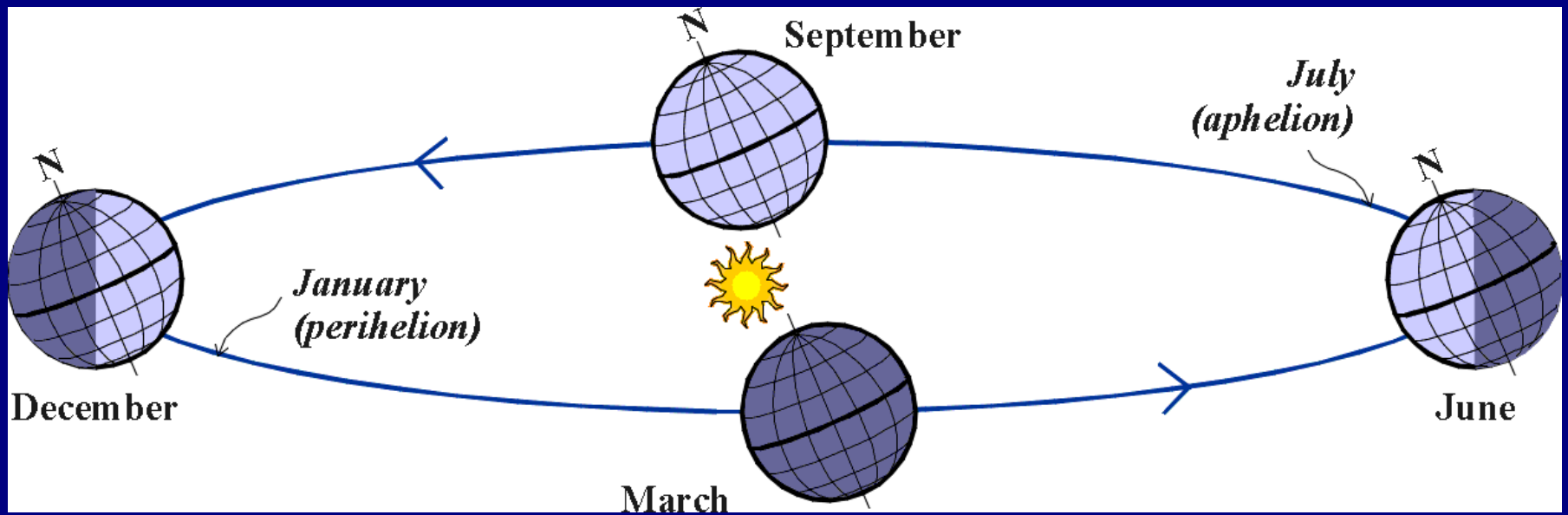


圖 2-13 (a)太陽直射時陽光分布在幾乎圓形的最小面積，(b)太陽斜射時，陽光分布在較大的橢圓面積裡，因此地面單位面積內接收到比較少的能量。(a)圖中的情形有如七、八月時，中午太陽直射北半球地面，因此北半球為夏天。(b)的情形則如一、二月時，同樣是中午，太陽在南方地平線上斜射地面，因此北半球平均溫度低，時值冬季。

- 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)。

遠日點 ~ 4 July



近日點 ~ 3 Jan

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

Q: 星星會不會掉下來？

要是星星掉下來，
我會把它們接住

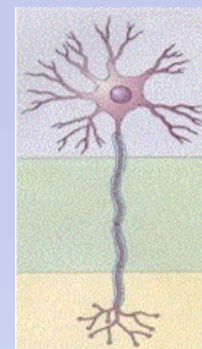




然後告訴大家，星星真的會掉下來！

"Catch A Falling Star" ©David Delamare, 2002.

好吧，到底會不會？



1. 因為世界上總該有些不會改變的東西，而宇宙就不會變
2. 因為有萬有引力
3. 因為有離心力
4. 其實星星會掉下來，只是離我們太遠，它們還在「掉下來」途中

OK, 現在選好答案，閉上眼睛…

1.

2.

3.

4. 其實星星會掉下來，只是離我們太遠，它們還在「掉下來」途中