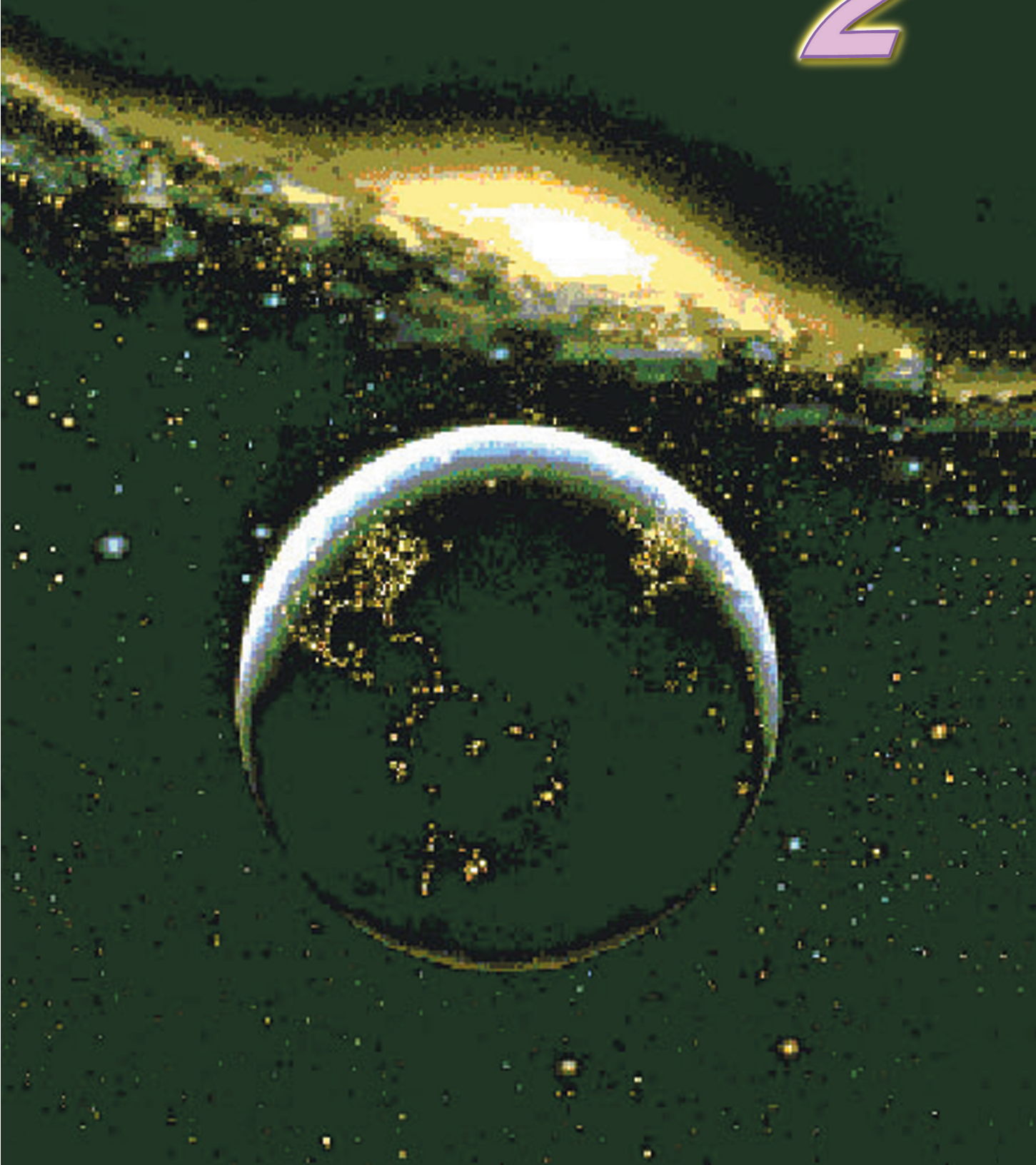


2





## 第二章 肉眼所見的天空

### 2-1 認識星空

### 2-2 天體的運動

皎白的月亮除了引發思鄉愁緒外，自古以來不知還勾起了多少讚嘆與好奇（圖 2-1）。月亮落下後，夜幕低垂的天空，可以看到繁星點點。這些星星到底是什麼東西？為什麼會發光？天文學家利用科學的方法，逐漸揭開宇宙天體的奧秘。



圖 2-1 月球緩緩落下玉山國家公園天池的地平線。地球上茂盛的生命活動，其他的天體會有的景觀呢？

## 2-1 認識星空

天上的星星發光的強弱各自不同，與地球的距離也不相同，但是在漆黑的太空裡，我們無法判斷這些星球的遠近。這個情形有如在黑夜裡的微弱光點，我們無法判斷某個光點到底是螢火蟲，還是明亮而遙遠的探照燈。距離不同的星星似乎都分布在遠方一個球面上，這個假想的球面，稱為**天球**。

從地球看出去，星球都投影在天球上，我們無法看出來它們的距離。某些星球看起來似乎構成特殊圖形，這就是**星座**（圖 2-2）。例如夏天的夜裡，臺灣上空能看到的獅子座，乃由一些亮星構成獅子的圖像。要是我們從太空遙遠的另個角落觀看，這幾顆星球可能便不再構成獅子的樣子。不同文明對於星星所構成的圖樣，有不同的想像與名稱。天文學家把整個天空分成 88 個天區，分別以星座命名（附錄一）。

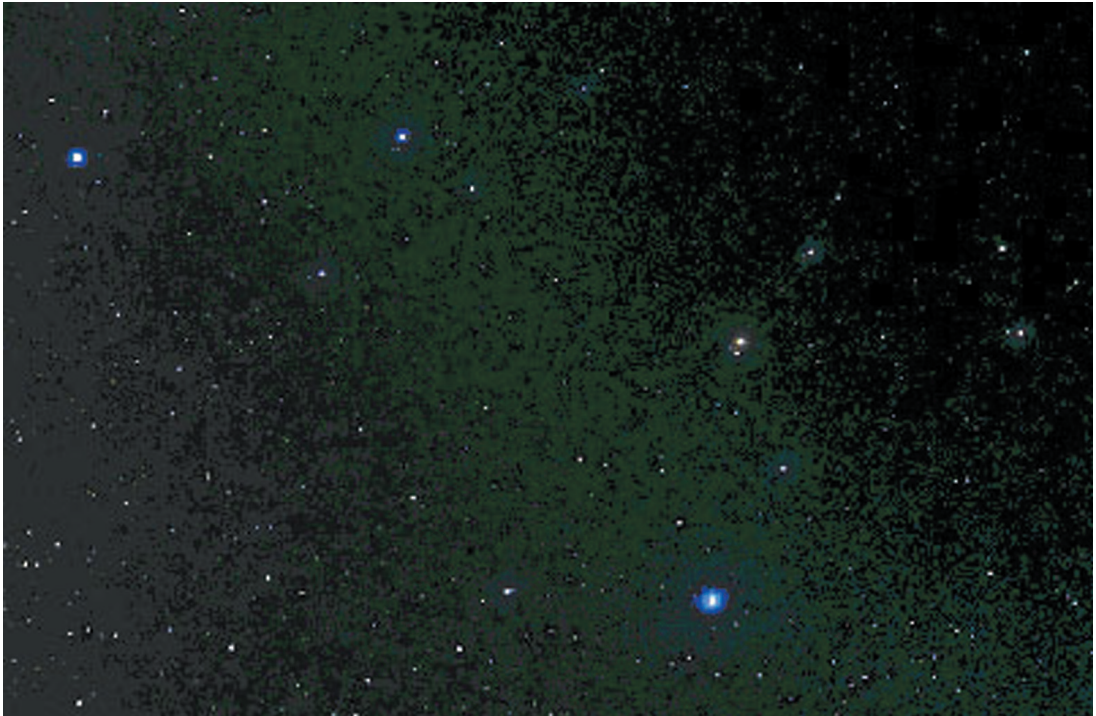


圖 2-2 從地球看出去，不同距離的星球投影出特殊的圖樣。圖示臺灣夏天夜裡可見的獅子座。你看出了獅子的樣子嗎？這個天區裡，除了亮星外，還有無數微弱的星體。



## 2-1.1 天體的位置

地面上的觀測者可以根據自己所在的地平面，來描述天體在天球上的位置，例如某顆星的位置可以說成「由北方算起，沿著地平線向東方 45 度，仰角 30 度」；同樣這顆星的位置也可以說成「沿著東北方 45 度，離天頂 60 度」。也就是說，某個天體在天球上的位置能夠以兩個角度來描述（圖 2-3）。這樣的敘述只表明了天體的方位，而並沒有說明天體的距離。像這樣隨著觀測者而定義的**坐標系統**，使用上簡單而直接，但是會隨著觀測者所在地不同而改變。例如對於在基隆與在高雄的觀測者，某顆星的方位角與仰角便不同。對於同樣的觀測者，某個天體的坐標也會因為地球自轉而不同。

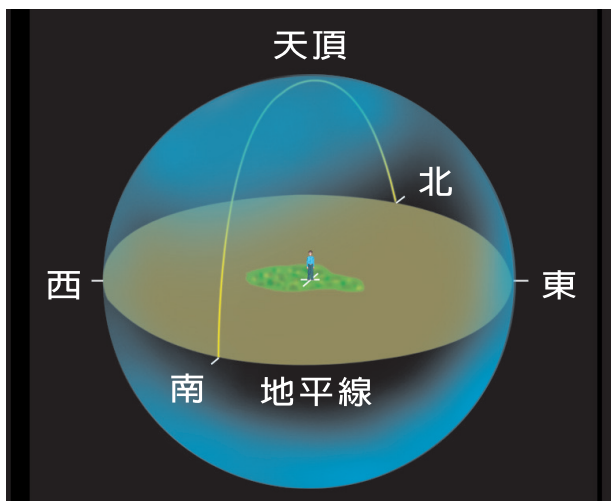


圖 2-3 通過觀測者地平南、北方，以及天頂的圓弧稱為子午線。天體在天球上的位置，可以兩個角度來描述，例如方位角與仰角。隨著地球自轉，對某個觀測者而言，某顆星的坐標隨時在改變。

我們平常使用**經度**與**緯度**來描述地球表面的位置，每條緯度線皆與赤道平行，而經度線則交於南極與北極（圖 2-4）。地表上某個位置可以用兩個角度來描述，例如臺灣約位於東經 120 度，北緯 24 度，表示這個位置從通過格林威治的經度，也就是經度 0 度算起，向東 120 度；另一個角度則從赤道，也就是緯度 0 度算起，向北 24 度。一旦我們定好了參考起點（例如通過赤道的緯度、格林威治的經度），某個位置的坐標便確立了，並不會隨觀測者所在而有所改變。由於地球自轉，不同經度的地區不會同時看到「日正當中」，因此設計了時區的觀念（圖 2-5），定義當日正當中時，便是當地的中午。



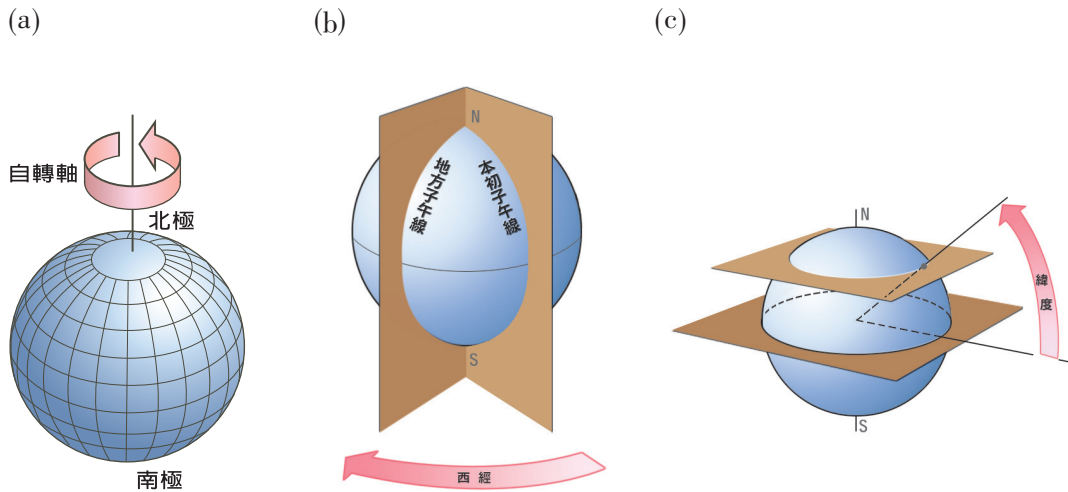


圖 2-4 地球表面的座標系統：(a)以自轉的方向為準；(b)經度的截面皆通過自轉軸；(c)緯度的截面則都與赤道平行。定義了經度與緯度，便能夠用以描述地面任何一點的坐標。

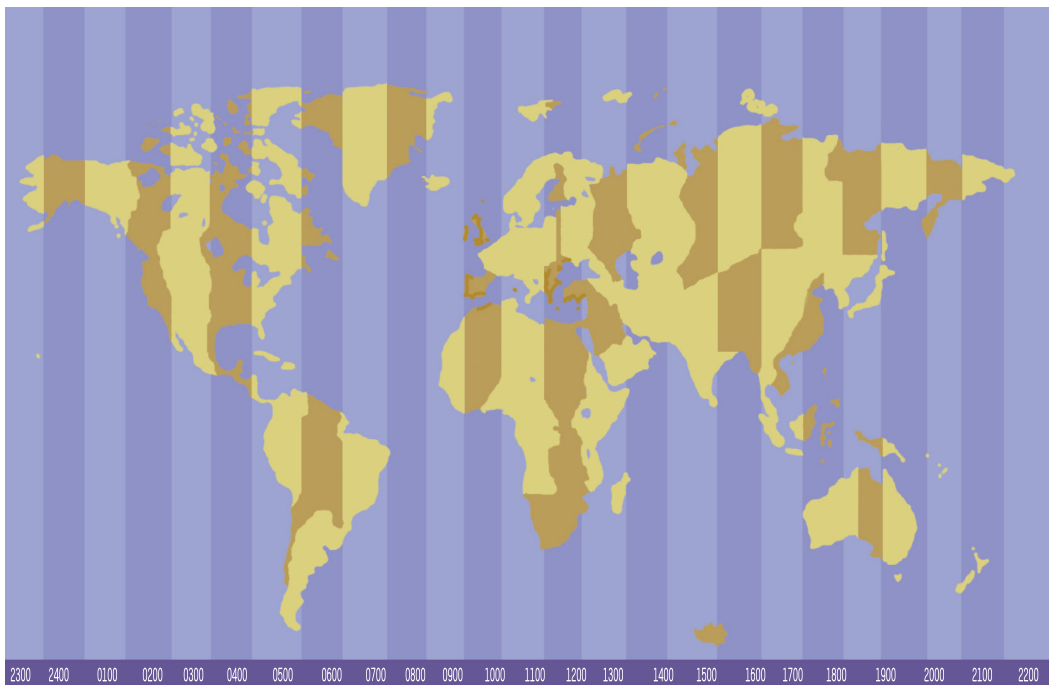


圖 2-5 地球經度 360 度分成 24 個時區。由於各國使用上的考量，使得時區不必然是南北方向，而可能出現不規則的分隔。格林威治子午線上的時間定義為「世界時」，當世界時中午時，位於地球另一端，在太平洋上的「國際換日線」則為零時，東西跨越兩天。

天文學家依照相同原理，把地表的經緯坐標投影在天球上。地球赤道延伸出去與天球相交的假想平面稱為**天球赤道**，而北極軸延伸出去與天球相交的點，則稱為**天球北極**。在天球上的經、緯線則稱為**赤經**、**赤緯**，是描述天體在天球上位置的坐標系統（圖 2-6）。例如天狼星的赤經為  $6^{\text{h}}45.1^{\text{m}}$ 、赤緯為  $-16.72^{\circ}$ 。赤緯的參考起點為天球赤道，而赤經的參考起點則是天球赤道與黃道面相交的其中一

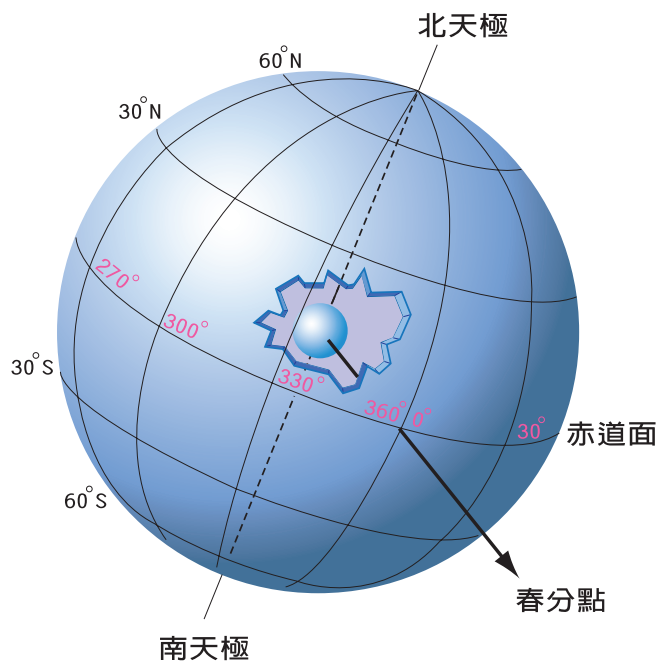


圖 2-6 把地表的經度與緯度向外擴張，便能將類似的坐標系統應用在天球上，用以描述天體的位置。

個點（春分點）。使用這個坐標系統來敘述天體的位置很方便，因為某天體位置的坐標不會隨觀測者改變，也不會隨時間而改變。

由於地球以 24 小時由西向東自轉一圈 360 度，通過觀測者子午線的赤經隨時間而改變。習慣上赤經以時間的單位來表示，h 表示小時，m 表示分鐘。地球自轉沿赤緯方向自轉，赤緯的單位習慣上以角度表示。

在天球上我們無法判斷星球的遠近，而只能利用它們在天球上投影的角度來描述彼此的相對位置。一個圓周的張角為 360 度，一度等分成 60 角分，每一角分又等分成 60 角秒（圖 2-7）。一角秒是非常小的張角，相當於在 5 公里之外，臺幣 10 元硬幣的張角。



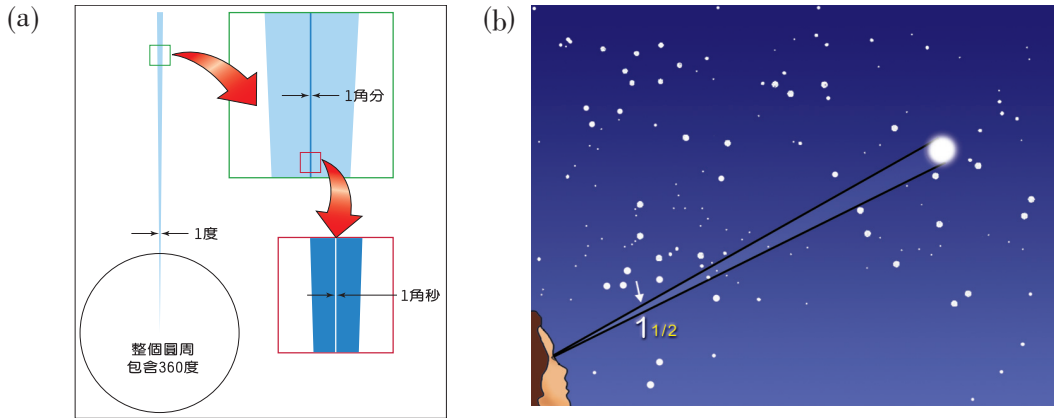


圖 2-7 (a)一度等於 60 角分，每一角分則等於 60 角秒。  
(b)月球的張角大約為 0.5 度。

距離影響了天體看起來的亮度以及看起來的大小。那麼要如何判斷星球的遠近呢？由於**視差現象**，當觀測者在不同位置觀看時，距離遠、近不同的星球，彼此的相對位置會有變化。遙遠的星球似乎不會動，而距離近的星球則似乎會改變位置，且距離越近的星球，其改變的程度越明顯。如圖 2-8 所示，相隔半年，當地球位於軌道上不同位置時，觀測某顆星的**周年視差**，可以用來估計恆星的距離。

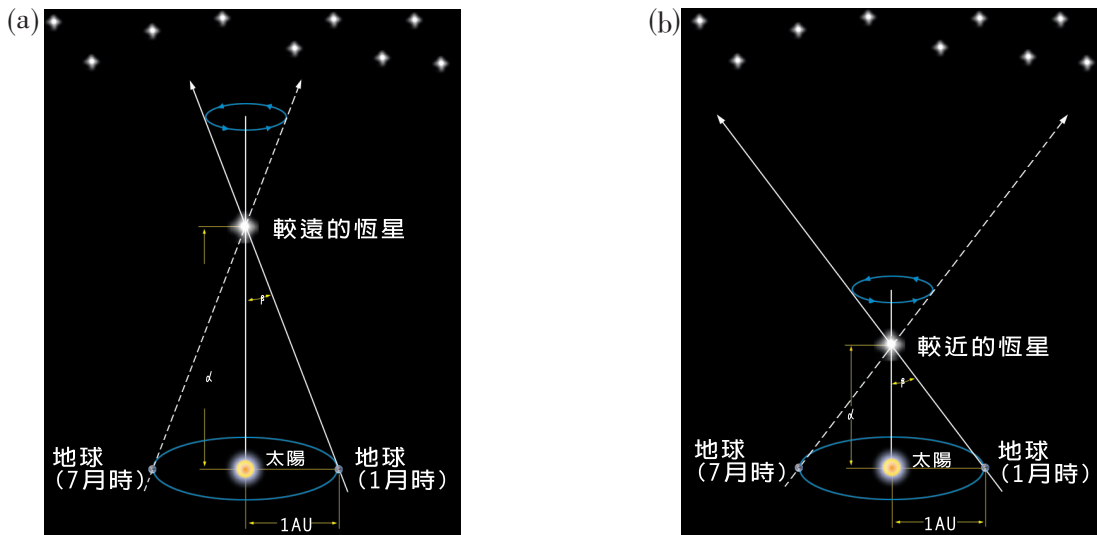


圖 2-8 利用視差現象，可以估計恆星的距離。當地球繞行太陽時：  
(a)距離近的恆星相對遙遠恆星似乎會移動，圖中  $\angle P$  稱為週年視差角。  
(b)恆星距離我們越遙遠， $\angle P$  越小。

當某顆星的周年視差角為 1 角秒（寫作 1"）時，其所在的距離定義為 1 秒差距，英文稱做 parsec，簡稱為 pc。換句話說，在距離 1 pc 處，1 AU 長度的張角為 1"（圖 2-9）。1 個秒差距約等於 3.26 光年，方便作為星球之間距離的單位。例如織女星的周年視差為 0.13"，因此它距離我們  $1 / 0.13 = 7.7$  pc，也就是約 25 光年。周年視差（p；單位為角秒）與恆星距離（d；單位為秒差距）的關係為：

$$d_{\text{pc}} = 1/p$$

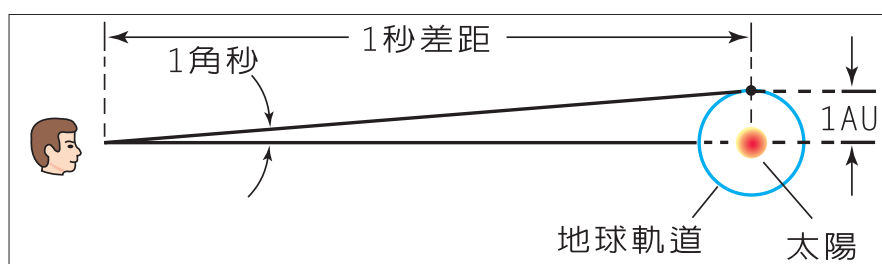
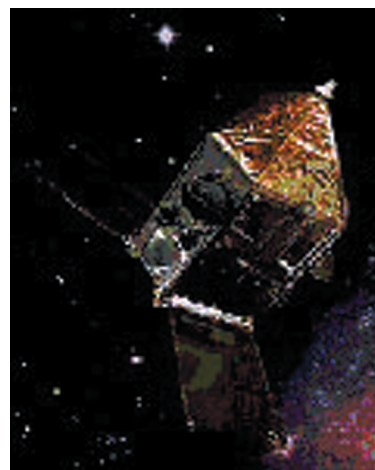


圖 2-9 當相離 1 pc 時，1 AU 的張角為 1 角秒。

在地面觀測，大氣擾動影響到度量的精確度，前述三角視差法能夠測量到大約距離 100 ~ 200 秒差距之內的恆星。若把望遠鏡置於太空，能夠精確測量微小的角度，大大增加了估計距離的極限。

圖 2-10 歐洲太空總署發射名為希巴古的衛星，主要任務之一便是測量恆星的視差，據以估計天體的距離，其精準度為地面觀測的十倍以上。



## 2-1.2 星球的發光能力

星球實際的發光能力稱為**光度**，也就是整顆星球在每秒內所發出的總能量（亦即功率）。太陽的光度約為每秒  $4 \times 10^{33}$  爾格。這些能量向太空輻射，所分布的球面越來越大，因此單位面積內的能量越來越少，以致於距離越遠，星球看起來便越暗。例如地球距離太陽的平均距離為 1 AU，



而在地球大氣之外接收到的太陽輻射為 1360 焦耳 / 平方公尺，稱為**太陽常數**。木星與太陽的距離約為 5.2 AU，因此在木星的軌道上所接收到的陽光，其強度只有大約地球接收到的 4%。

### 2-1.3 星球的亮度

天體看起來的亮度可以用視星等來表示，看起來越明亮的星體，其星等數值越小。每相差 5 個星等，亮度差了 100 倍整；因此每差一個星等，相當於亮度差了約 2.512 倍。某顆一等星的亮度相當於一百顆六等星加在一起的亮度。

因為太陽與我們的距離非常近，因此看起來特別明亮，其視星等為 -26.7。除了太陽以外，全天空最亮的恆星，就屬天狼星，其視星等為 -1.44。北極星是顆 2 等星，距離我們約 820 光年，要是我們移到北極星附近觀測，距離如同地球離太陽一般，那麼北極星就會顯得非常明亮，而太陽就顯得很暗了。月球靠著反射陽光，在滿月時視星等可達為 -12.6，而金星由於有濃厚的大氣層反射陽光，在最亮的時候可以達到 -4.4 等。在良好觀測條件下，一般肉眼能看到的極限約 6 等，若使用雙筒望遠鏡，可以看到大約 10 等，而目前最大口徑 10 公尺的望遠鏡，配上靈敏的偵測儀器，能觀測到暗於 30 等的星球。

視亮度（或視星等）不只和光度有關，也和距離有關。同樣光度的星球，要是和我們的距離不同，看起來視亮度就不一樣。但是要是把星球放在同樣的距離來比較，那麼它們看起來的亮度，就反映了它們實際發光的能力。天文學家把天體位於 10 pc 處時的視星等，定義為**絕對星等**。

同顆星位於  $d_1$  與  $d_2$  時，其視星等分別為  $m_1$  及  $m_2$ ，則其星等差為：

$$m_1 - m_2 = 2.5 \log (d_1/d_2)^2$$

亦即距離增加十倍時，能量分布在 100 倍的面積上，星等會暗了 5 個星等。因此視星等  $m$ 、絕對星等  $M$  與其距離  $d$  的關係為：

$$m - M = 2.5 \log (10/d)^2 = 5 \log d - 5$$

## 2-2 天體的運動

地球的公轉軌道為橢圓形，但是離心率只有 0.02，非常接近正圓形。每年大約 1 月 2 日時，地球與太陽距離最近，也就是到達「近日點」，而在約 7 月 4 日通過「遠日點」。我們發現地球與太陽距離近的時候，正是我國的冬天，而在夏天天氣熱時，地球反而離太陽比較遠。也就是說，季節不是日地距離造成的。

造成季節變化的，是因為地球自轉軸與公轉面並非垂直，而是傾斜了 23.5 度（圖 2-11），當地球繞行太陽時，自轉軸會保持在相同的指向。因此從地球看去，太陽最高會達到天球赤道以北 23.5 度，然後位置逐漸南移，通過天球赤道後，繼續向南移，直到天球赤道以南 23.5 度（圖 2-12(a)）。地球上南、北 23.5 度的緯度線，分別稱為南回歸線與北回歸線，其中北回歸線通過臺灣的嘉義地區。

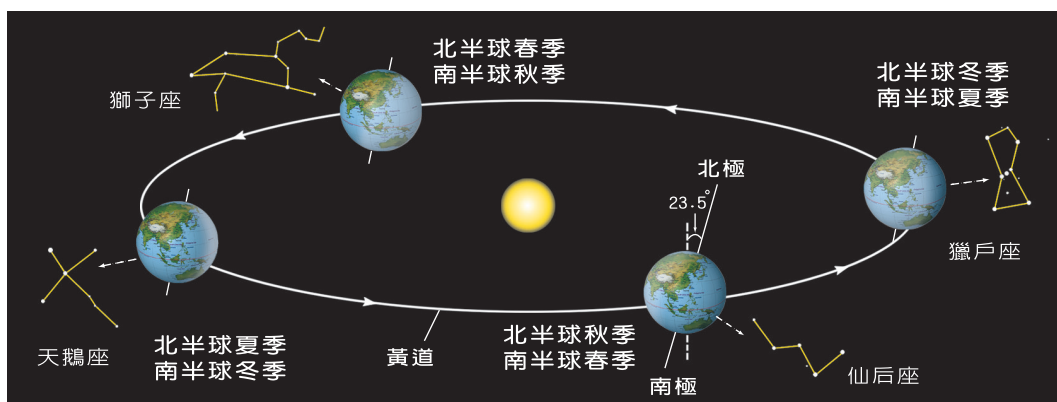


圖 2-11 黃道面與天球赤道成 23.5 度傾角，兩個面的交點分別稱為春分點及秋分點，黃道面最（上）北方的點稱為夏至，最南方的點則稱為冬至。

黃道面與天球赤道的兩個交點分別稱為春分與秋分圖 2-11(b)。每年 3 月 20、21 日左右，太陽到達春分點，陽光直射赤道，日出於正東方、日落於正西方。之後太陽每天通過子午線的仰角越來越高，日出、日落的方位也越發移向東北方與西北方，白天的時間也越來越長。在 6 月 21 日左右，太陽達到天球赤道以北的最高位置，也就是夏至，前後這段期間太陽



直射北半球，白晝長，時值北半球的夏季。此時在北極，太陽終日不落下地平線。在此同時，陽光斜射南半球，同樣的光束必須分散到比較大的面積（圖 2-13），因此南半球處於冬季。

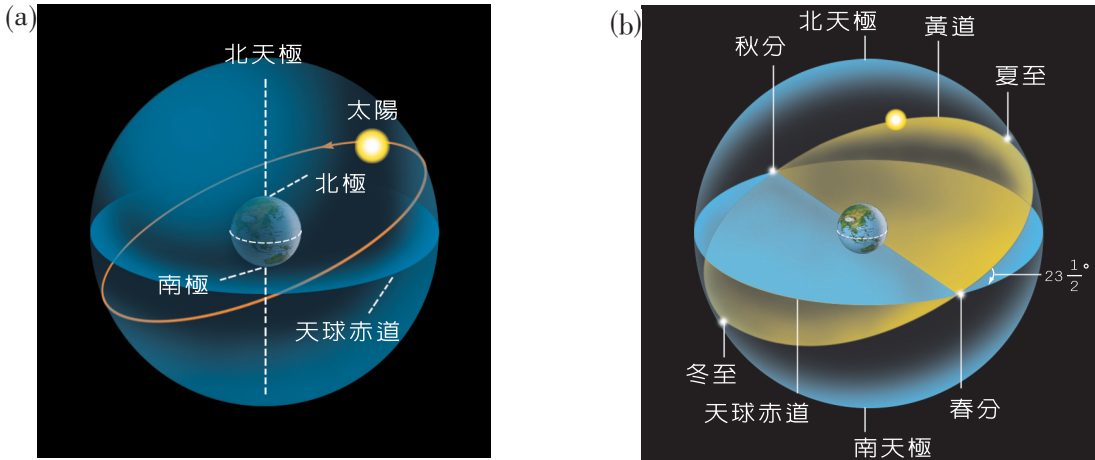


圖 2-12 (a)從地球看太陽一年當中的運動，最北時達到赤緯北方  $23.5$  度，然後通過天球赤道，繼續南行直到赤緯南方  $23.5$  度。

(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。

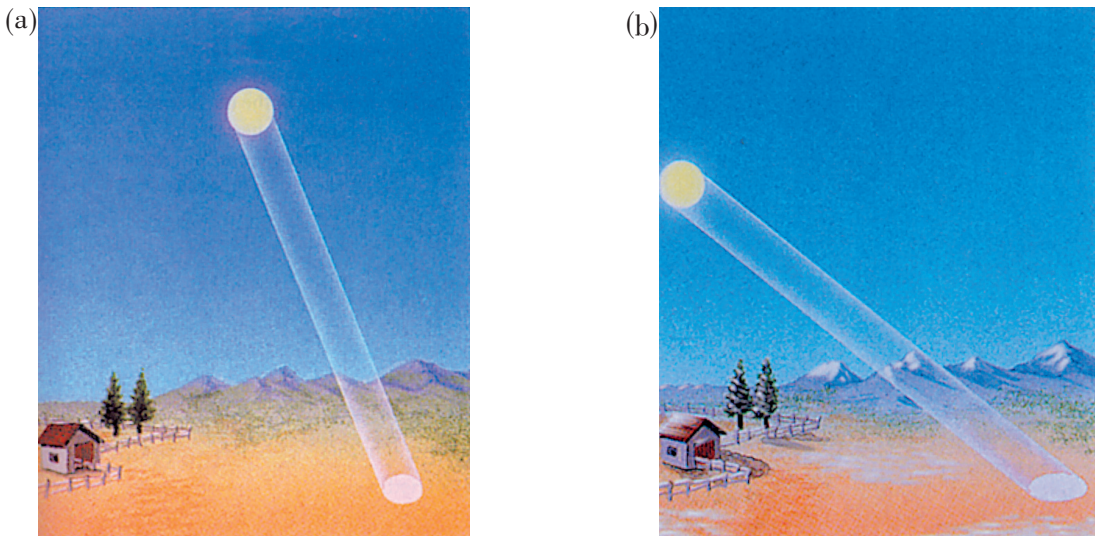


圖 2-13 (a)太陽直射時陽光分布在幾乎圓形的最小面積，(b)太陽斜射時，陽光分布在較大的橢圓面積裡，因此地面單位面積內接收到比較少的能量。(a)圖中的情形有如七、八月時，中午太陽直射北半球地面，因此北半球為夏天。(b)的情形則如一、二月時，同樣是中午，太陽在南方地平線上斜射地面，因此北半球平均溫度低，時值冬季。

從夏至後，太陽向南移，於9月23日左右到達秋分點，再次通過地球赤道，日出、日落分別在正東與正西方。隨著太陽繼續南移，日出漸晚，日落漸早，晝短夜長，直到12月22日左右太陽達到冬至。

月相變化導因於月球在軌道上不同位置，所接受日光照射的角度不同，而產生週期性的盈虧（圖 2-14）。當新月（朔）與滿月（望）時，地、月、日幾乎為一直線，但由於黃道與白道（月球的公轉面）大約有五度的交角，並不互相重疊（圖 2-15），因此日、月食只發生在日、地、月三者恰成一直線時。

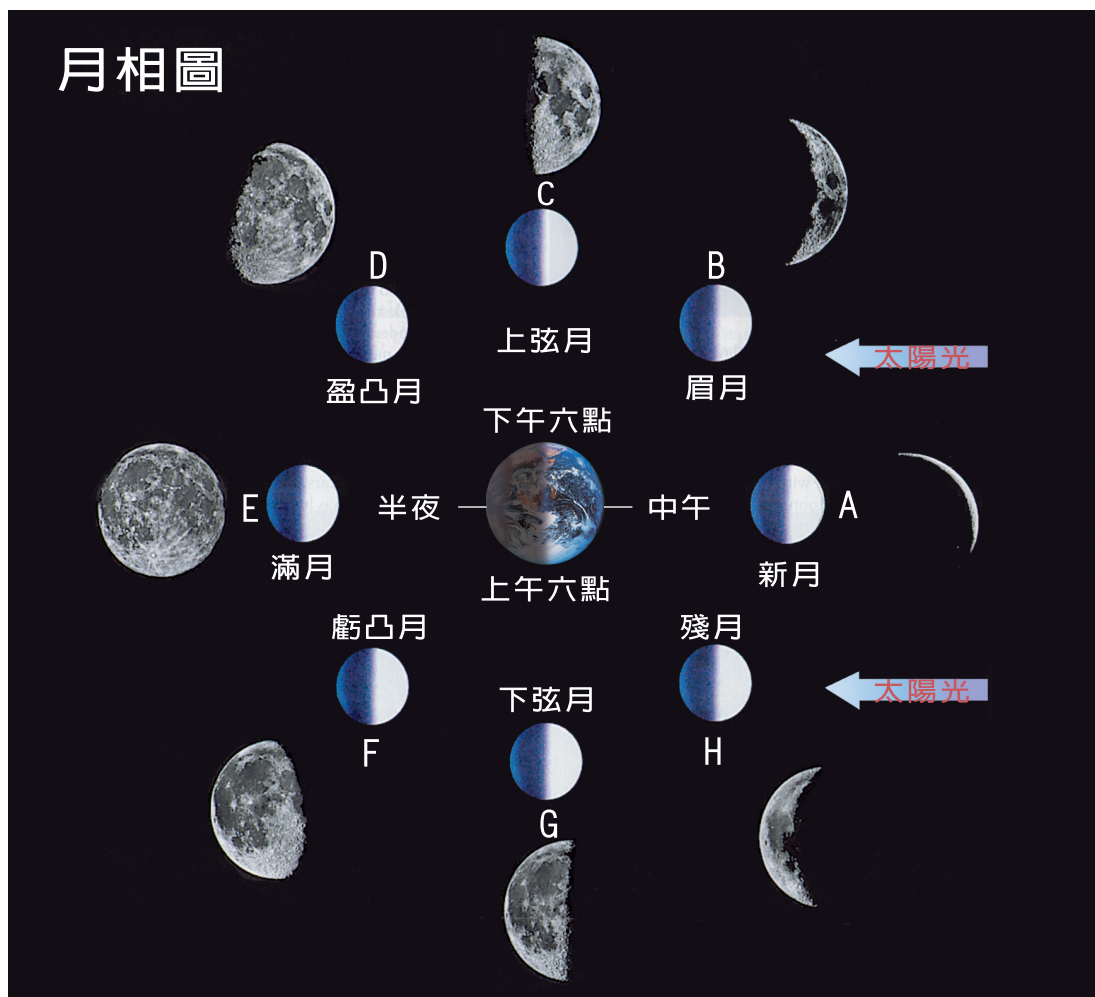


圖 2-13 月球在軌道上不同位置時，地球上會看到不同的月相。當太陽與月球在同一方向時，我們只看到小範圍的反射面，當時為新月。當月球運行至與太陽相對時，我們看到完整的半個反射面，是為滿月。



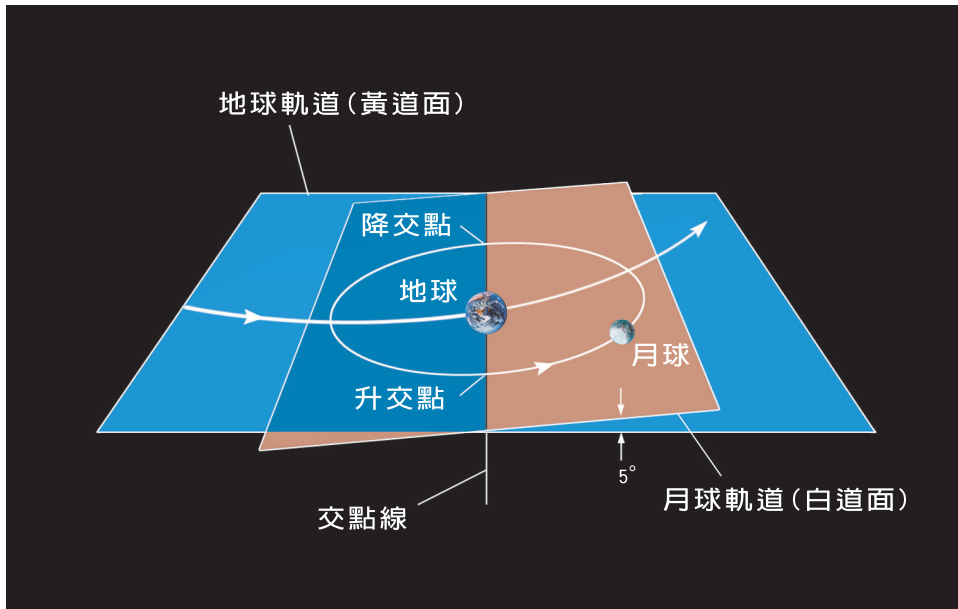


圖 2-15 黃道面與白道面成 5 度交角。

月食發生於地球位在月與日之連線中間，此時來自太陽的光被地球擋到，地球暗面上的人便可見月食。視月球落在地球影錐內的位置不同，月食又分為月全食、月偏食、半影月食（圖 2-15）。

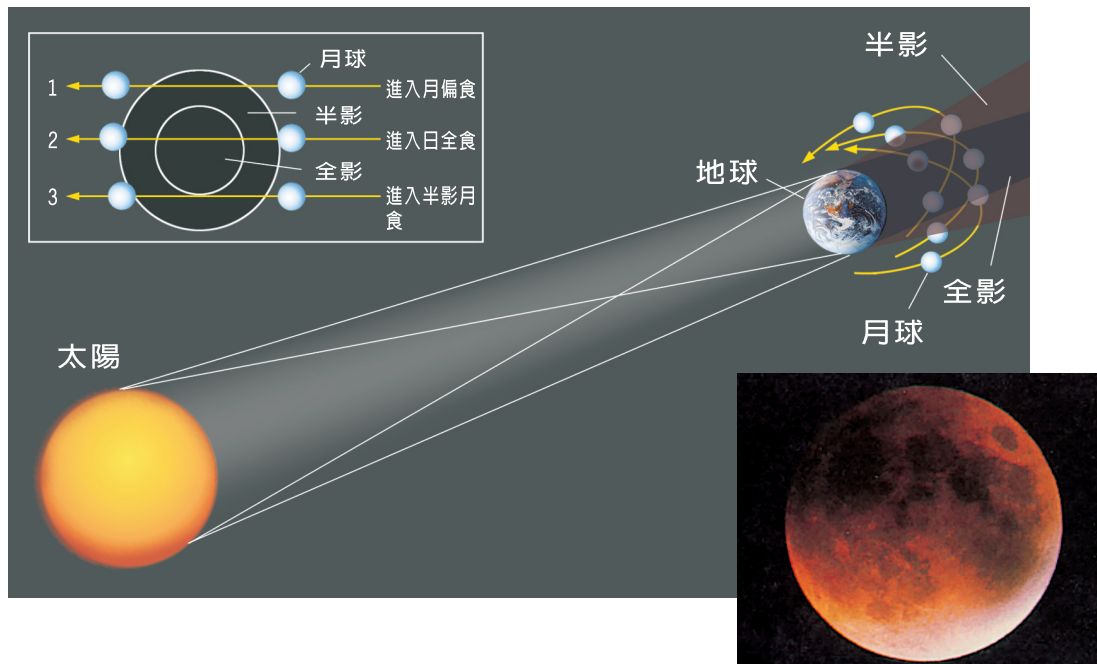


圖 2-16 月蝕發生圖。

日食則發生於月球恰在地日的連線間，月球擋住部份或全部的太陽。視月球在軌道上的位置與地面觀測者位置之不同，而有日全食、日環食或日偏食的現象（圖 2-17）。

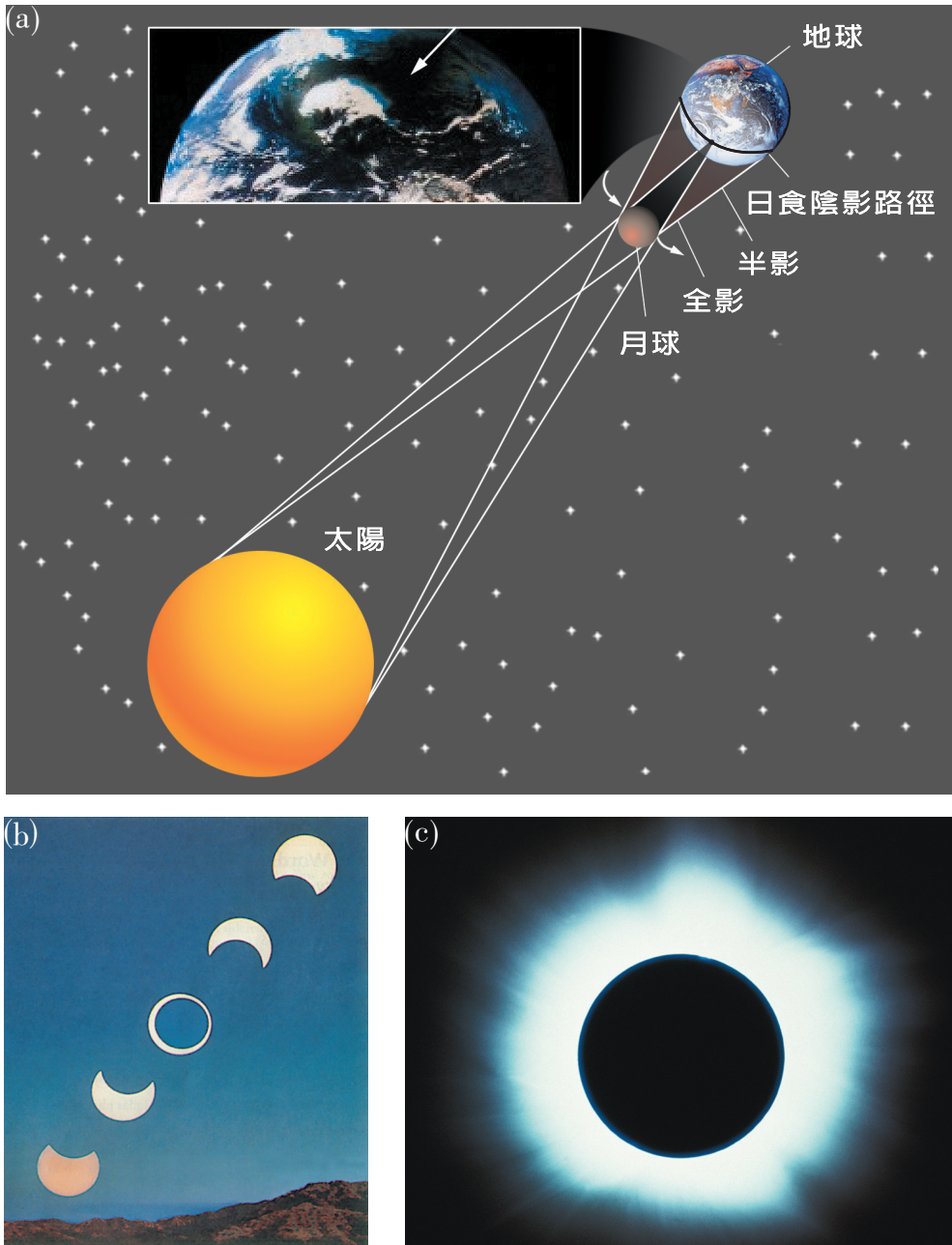


圖 2-17 (a)日蝕發生圖。  
(b)日偏蝕與日環蝕。  
(c)日全蝕。



由於日、地、月相對位置改變，對地表海水產生不同大小的引力，影響海水的漲落程度，所以潮汐現象與月相有極密切的關係。

行星、地球及太陽從某相對位置到下次相同位置之間的時間，稱為**會合週期**，這是行星公轉加上地球公轉的結果，若以遙遠的恆星做參考，則稱為**恆星週期**，這才是行星真正的軌道週期。

由於觀測者本身運動造成天體看起來運動週期不同的例子，還有地球的自轉以及月球的公轉。地球自轉一圈謂之一天，然而地球怎麼樣才算自轉一圈呢？地球繞著太陽公轉以及地球本身自轉的方向相同，因此以遙遠的恆星為準，地球轉了一圈  $360^\circ$  後，還得再多轉一點才又看到太陽回到原來位置（圖 2-18）。也就是說以太陽為準的一天（稱為「**太陽日**」）比以遙遠恆星為準的一天（「**恆星日**」，約為 23 小時 56 分 4 秒）要來得長。由於地球的軌道為橢圓狀，在軌道上速度不一，造成一年當中每個太陽日長短不一，為了方便日常生活使用，因而定義了「**平均太陽日**」，也就是我們平常所說的一天，為 24 小時整，每小時有 60 分鐘，每分鐘有 60 秒；每一秒都一樣長，每一天也都一樣長。

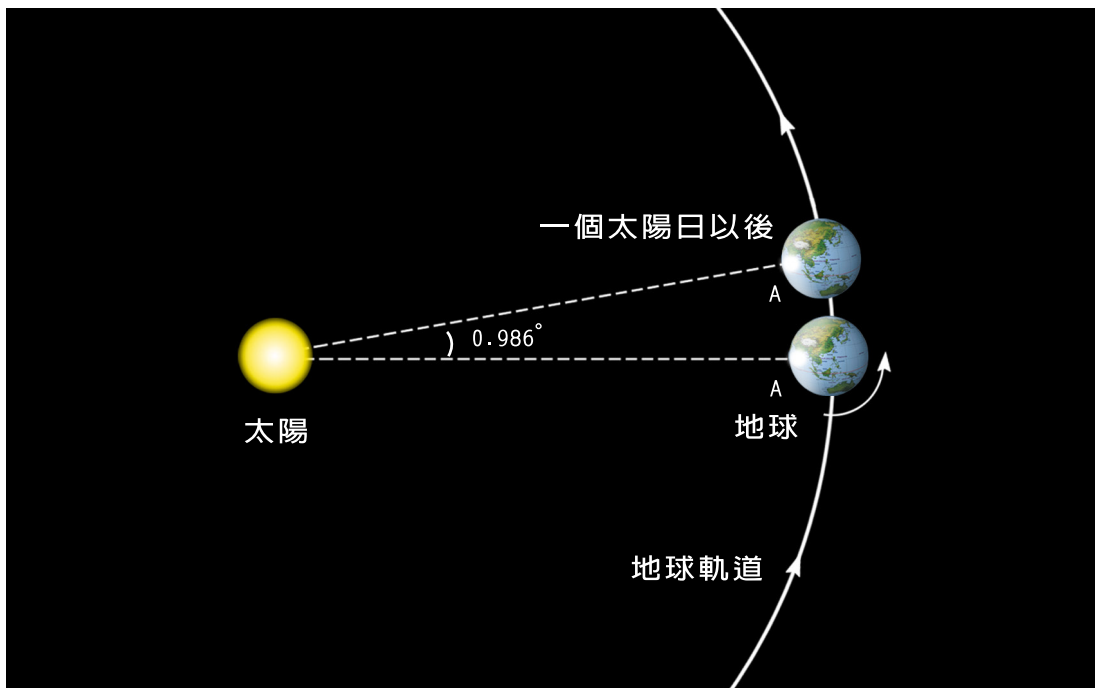


圖 2-18 由於地球自轉與公轉方向相同，使得太陽日比恆星日來得長。

動動腦：

今晚在某時刻恰好升上地平線的某顆星，在明天晚上會在何時升上地平線呢？

月球公轉也有類似的情形。相對於遙遠恆星，月球繞行地球一圈 360 度需時 27.3 天，稱為恆星月。然而，因為月球繞行地球的同時，地球也繞著太陽運行，相對於太陽而言，月球必須多轉一點，超過 360 度，才能再度成為同樣的月相（例如從新月到下次新月），這個時間約為 29.5 天，稱為朔望月，約為 29.5 天。朔望月比恆星月長。由於太陽對月球的萬有引力會影響月球的軌道速度，因此無論恆星月或朔望月的長短皆非定值。其他天體的運動也是如此，皆受到彼此錯綜複雜的相互作用。

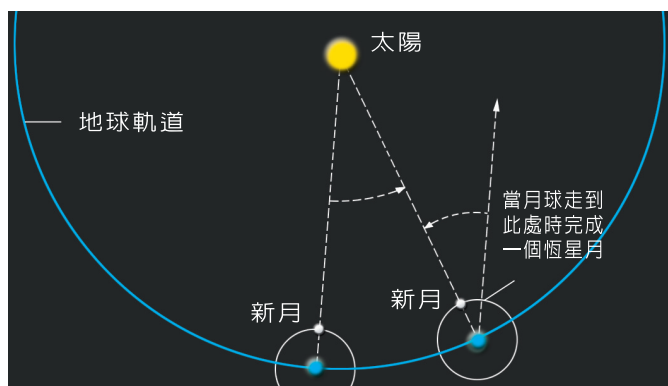


圖 2-19 由於地球公轉與月球公轉的方向相同，使得恆星月比朔望月來得長。

動動腦：

絕大多數的行星與衛星的自轉與公轉方向都相同，而不只有地球與月球如此。金星是少數的例外，其自轉方向與公轉相反，那麼在金星上所觀察到的恆星日與太陽日哪個比較長？

人類發明了望遠鏡以後，配上先進的偵測儀器，靈敏度與解析力遠超過肉眼，人類因此看得更遠，所能研究的天體，無論數量或與種類都多得多，天文學的知識也就突飛猛進。

## 作 業

1. 為什麼要定義「平均太陽日」這樣一個假想的概念呢？要是我們日常使用的時間（日、時、分、秒）是依據太陽的位置來定，會有什麼問題？
2. 我們在後面幾章會學到，太陽的壽命大約有 100 億年，而我們人類的壽命只有一百年左右，那麼我們如何能夠以有生之涯研究太陽一生的演化呢？