

7-1 我們的宇宙

距離單位

光年：1光年是光行進一年的距離，（光速30萬公里/秒 × 86400秒/天 × 365天）約等於 9.46×10^{12} 公里（約10兆公里）。適用於太陽系外，恆星間、星系間的距離單位。

- 月球與地球相距38萬公里，月光只要1.3秒就可傳到地球。
- 太陽距地球相距1.5億公里，所以要500秒（即8.3分）才能到達地球。
- 離太陽系最近的恆星（人馬星座中的毗鄰星）距離為4.3光年。
- 天狼星距地球約為8.6光年；織女星約26光年。

- 這表示我們看到的太陽是500秒前的太陽、8.6年前的天狼星、26年前的織女星，所以**光年也蘊含有時間的概念**。

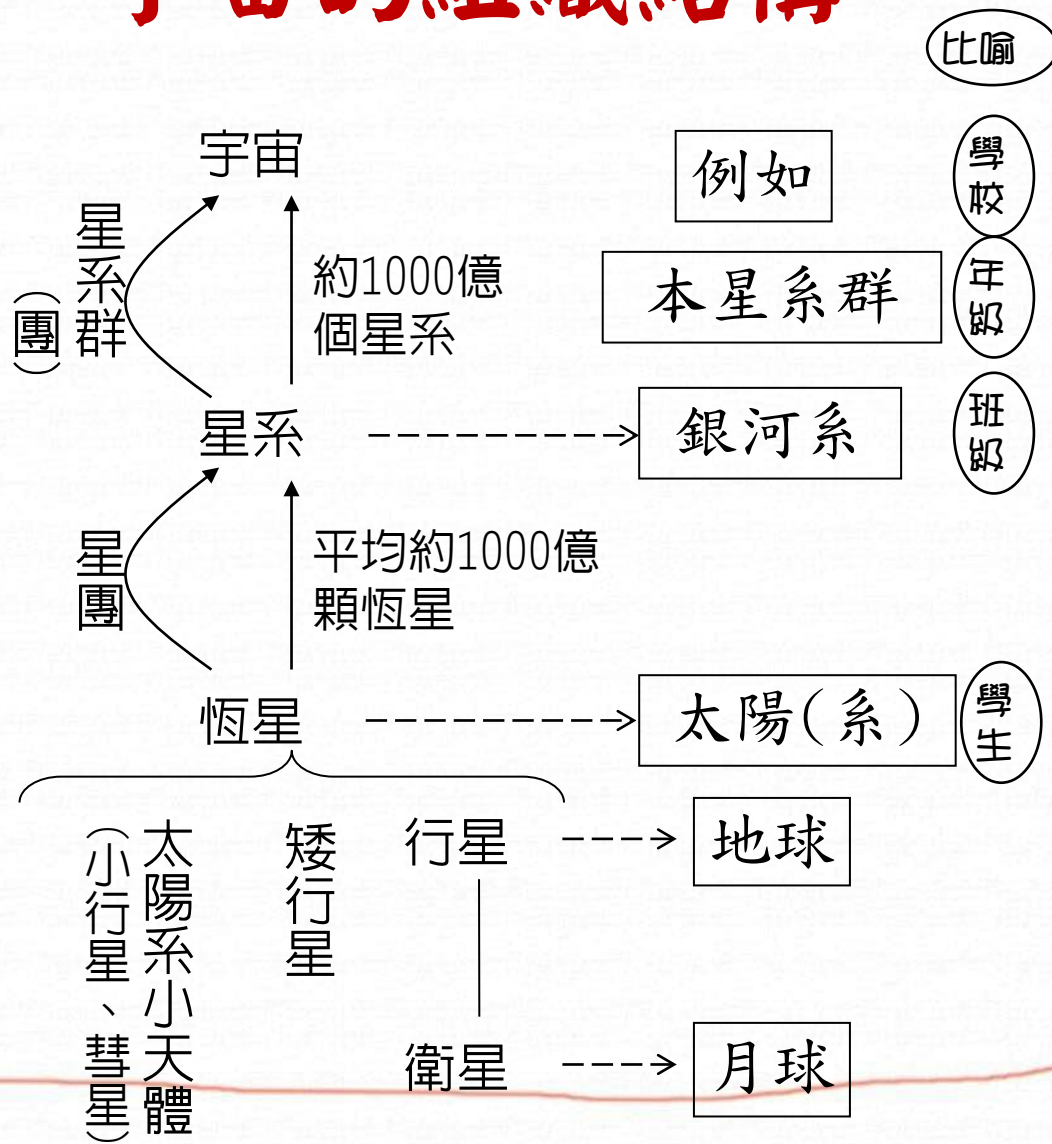
天文單位：設**地球和太陽的平均距離**1.5億公里為**1天文單位**（Astronomical Unit，簡寫為AU），用來表示太陽系內星體間的距離。

【補充】

宇宙年齡

以目前所能觀測的宇宙最邊際的星系距離地球約138億光年，因此估計**宇宙的最低年齡也約為138億年**。因為這表示光線從宇宙的邊緣花了138億年傳遞到地球被我們看見，這段時間宇宙勢必是存在的，所以宇宙至少存在了138億年。但換言之，我們看見的是138億年前的宇宙。推論：**想研究更早以前的宇宙，只需看得更遠即可**。

宇宙的組織結構



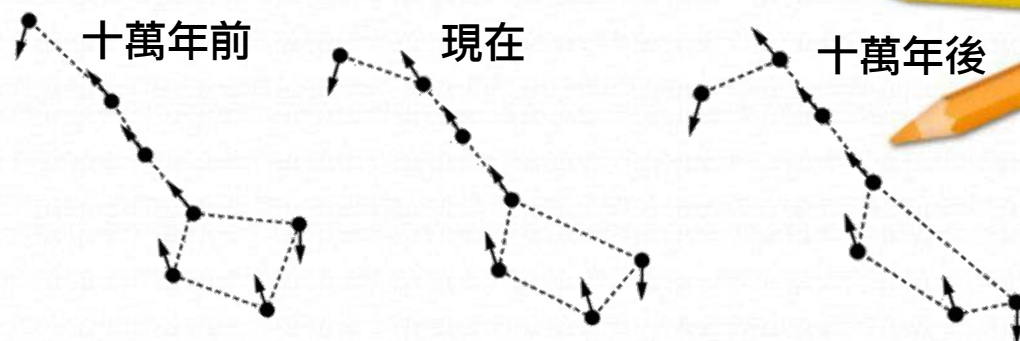
恆星

恆星都是和太陽一樣的高溫氣體球，它們是由星際空間中的氣體塵埃凝聚而成，以氫、氦為主。其**內部核心**不斷地以**核融合**的方式進行核反應產生能量，發光、發熱。可生存數千萬年到數百億年之久，最後因核燃料用罄而死亡。

在晴朗的夜晚，我們看到天空中繁星點點，幾乎都是跟太陽一樣自行發光發熱的「恆星」，即太陽也是恆星。**夜晚肉眼能見的恆星**能達到6000多顆，構成全天88個星座，而且**都位於我們太陽系外、銀河系內**，距離約在數光年到數百光年之間，**例如：北極星、天狼星、織女星**。**恆星是宇宙的基本成員**，英文字star指的就是恆星。而**夜晚肉眼能見的太陽系星體只有：月亮、金星、火星、木星、土星和彗星**。



之所以稱為「恆星」，是因為古人以為恆星為恆久不動的星體，事實上恆星皆會移動，只是距地球太遠，需數萬年後才能明顯察覺位置改變，因此若觀測到短期內位置明顯改變的星體，皆屬我們太陽系內的星體。



註：排列成星座中各式形狀的恆星之間並無關聯。

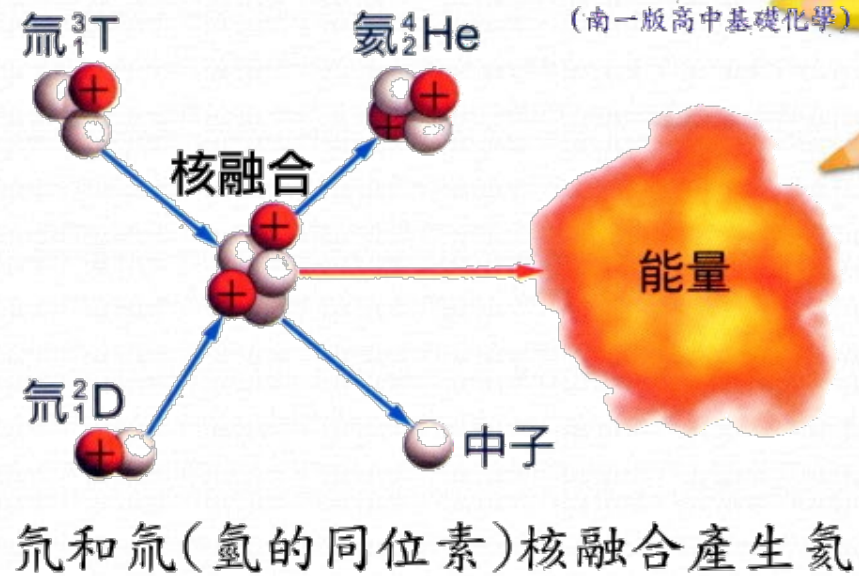
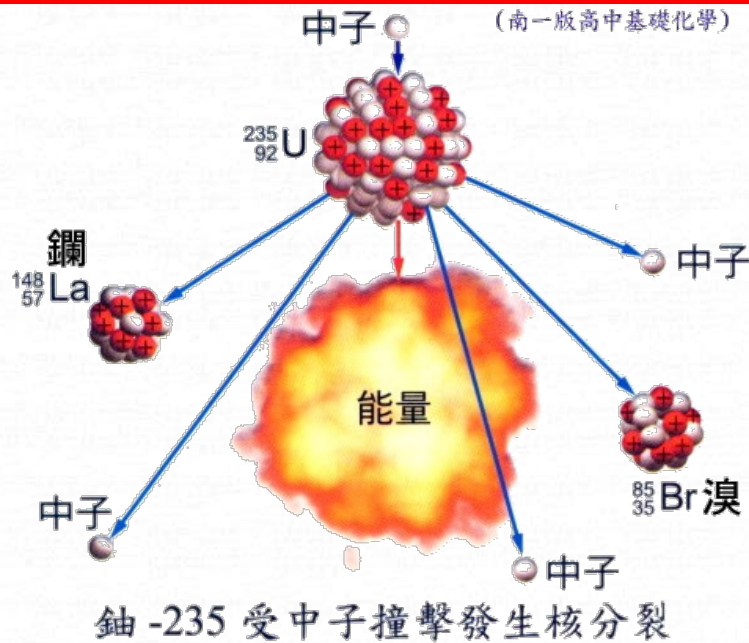
【補充】

核融合反應

核反應 { 核分裂：大核分裂成子核 } 在分裂或融合的過程中有質量損失，轉換為能量
核融合：小核合併成大核

核反應非一般物理化學反應，物理化學反應不會牽動到原子核中的質子中子，且遵守質量守恆和能量守恆；核反應則為原子核參與反應，不遵守各別的質量守恆和能量守恆，而是「質能守恆」，質量可以消失轉換為能量，以愛因斯坦著名的質能互換公式「 $E=MC^2$ 」換算【E為能量（焦耳）、M為質量（公斤）、C為光速（ 3×10^8 公尺/秒）】。1公克轉換為能量，約等於90兆焦耳。

【補充】



核融合需達絕對溫度約 $1.5 \times 10^7\text{K}$ 才開始反應，融合的序列為 $\text{H} \rightarrow \text{He} \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{O}, \text{Ne}, \text{Mg} \rightarrow \text{Si}, \text{S} \rightarrow \text{Ni}, \text{Fe}$ ，越後段的反應需要越高的溫度。

【補充】恆星顏色和年齡

由年輕到老年恆星發出的光線分別為「藍 → 白 → 黃 → 橙 → 紅」五階段，我們的太陽目前是黃色光（中年期），已50億歲，還可再活50億年。

我們的太陽是「二代恆星」

【補充】

宇宙誕生初期只有氫、氦等簡單元素存在，當時物質濃密的地區，形成第一代質量體積龐大的恆星，周圍只能形成以氫氦為主的「類木行星」。一代恆星核融合漸漸製造出比氦重的元素，在數億或數十億年後，一代恆星在必經的演化過程中爆炸開來，恆星物質散布在星際空間，其中已富含比氦重的元素。再經數億年後，最濃密處再度凝聚成新的二代恆星，而周遭比氦重的元素則是形成「類地行星」和地球上生命的主要材料。我們的太陽便是含較多重元素的二代恆星，地球和生命形成所需的重要元素，皆來自於「恆星的核融合」。近年來科學家認為，一半以上的恆星周圍應該都有行星的存在。

【補充】

星團

恆星有時會組成幾十顆到幾十萬顆的團體，共同環繞一個中心而旋轉，叫做**星團**。分為數量少的**疏散星團**（例如金牛座M45昴宿星團）；以及數萬顆的**球狀星團**（例如半人馬座的 ω 星團）。

疏散星團



金牛座M45昴宿星團
(七姊妹)

星系

是由眾多獨立的恆星(如我們的太陽)、星團及星際空間的氣體、塵埃所組成。
平均約含有**1000億顆**恆星。

球狀星團



半人馬座 ω 星團

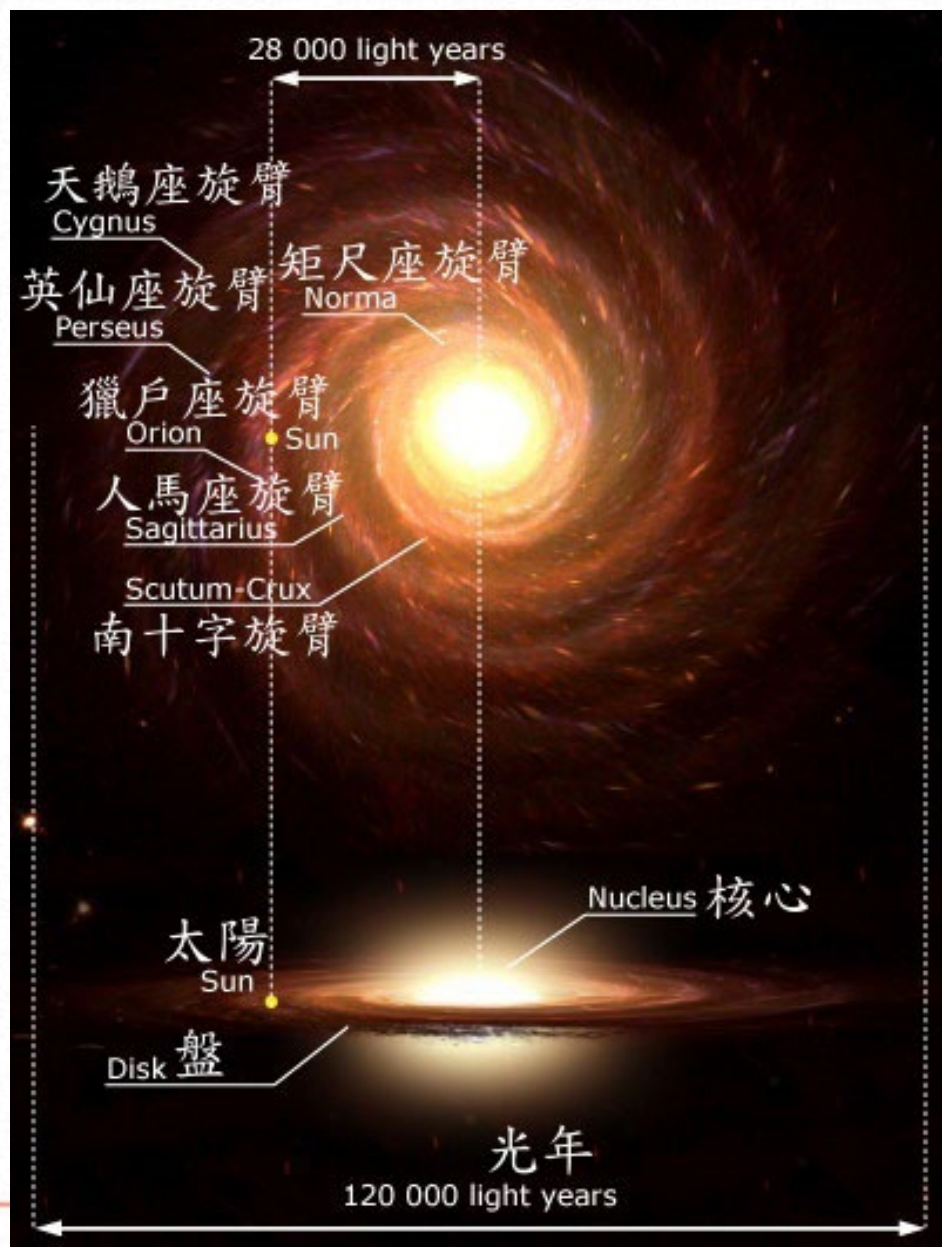
【補充】依照外觀，星系可分類為：

(1) 螺旋星系 (2) 橢圓星系 (3) 不規則星系。

銀河系

我們自己所居住的星系稱為「銀河系」(Milky Way Galaxy)，屬於螺旋星系。

- ① 側面看為扁平而中央凸起的圓盤，狀似荷包蛋。
- ② 蛋黃所在是銀河系的核心，厚度約1.5萬光年，是由眾多、密集且年齡較老的恆星所組成。
- ③ 俯視銀河系，是由數條螺旋狀的旋臂組成盤面，圓盤直徑約為10萬光年。
- ④ 旋臂上的恆星較核心的年輕。



銀河系

- ◎ 太陽系位於其中一條旋臂上，距核心約有**3萬光年**，約**2億年**繞銀河系核心一圈。
- ◎ 銀河系約有**2000億**顆恆星，比平均值大一倍。

星系群 (團)

星系群



M31 仙女座大星系

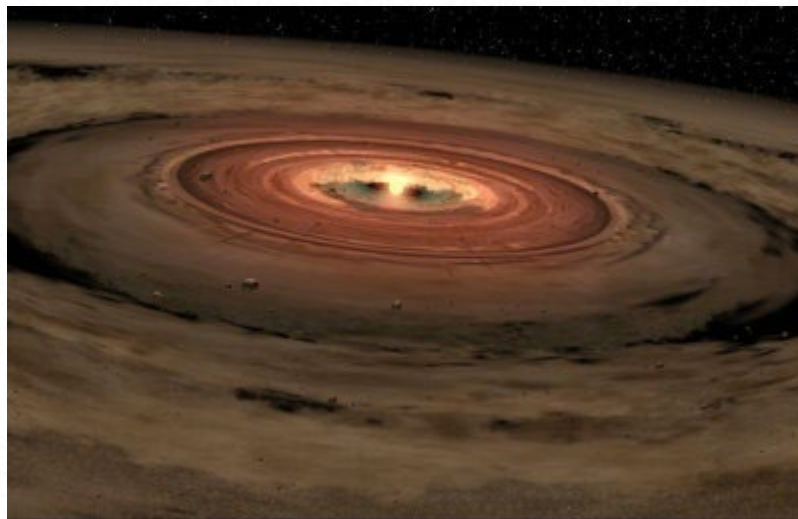
相鄰的數個「星系」聚集成群，稱為「星系群」；數個鄰近的「星系群」，再合稱為「星系團」。我們的銀河系，與鄰近的仙女座大星系、大麥哲倫星系、小麥哲倫星系等共五十多個星系，合稱為「本星系群」。

【補充】 仙女座大星系距地球約**250萬光年**，擁有**4000億**顆以上的恆星。

【補充】

太陽系

大約在**46億年前**，一團星際雲氣與微塵逐漸凝聚盤旋，形成一個扁平的圓盤系統。在中心的太陽誕生時，圍繞太陽的各類天體也逐漸成形，構成了



太陽系。當位於中心的太陽，核融合啟動瞬間，強大的太陽風將周圍的氣體與微塵往外吹，大部分較輕的物質如水、氫、氦被吹至外圍，而較重的物質則保留在內圈，後來便形成類似地球的行星，稱為**類地行星**。而吹至外圍的物質形成類似木星的行星，稱為**類木行星**。

類地、類木比較表

類別	成員	體積 質量	密度	成分	衛星	光環	距離太陽 & 彼此間距	公轉 週期
類地 行星	水星、金星 地球、火星	小	≈ 5	岩石 金屬	少	無	近	短
類木 行星	木星、土星 天王星、海王星	大	≈ 1	氣體 液體	多	有	遠	長

【補充】

太陽系新定義

西元2003年，在冥王星外發現新的天體UB313（後來改稱Eris，中文名「閩神星」，距太陽97AU），比冥王星稍大。至此，九大行星面臨挑戰，究竟要稱為第十行星、第十一行星，還是有更好的分類？西元2006年8月24日國際天文學聯合會（簡稱IAU），為「行星」下了新的定義；另外定義了新的「矮行星」類別，將冥王星、穀神星(Ceres)及閩神星，歸類為矮行星。太陽系的成員正式變為八大行星、矮行星、衛星及一些小天體（如小行星、彗星等）。

「行星」新定義

- ◆ 環繞恆星。
- ◆ 本身擁有足夠的質量，使得自身的重力足以抵抗剛體結構強度，使球體維持靜態平衡（近乎圓球形）的外型。
- ◆ 清除軌道鄰近區域中的物質，也就是運行軌道與周圍衛星軌道範圍能清楚區分。

「矮行星」定義

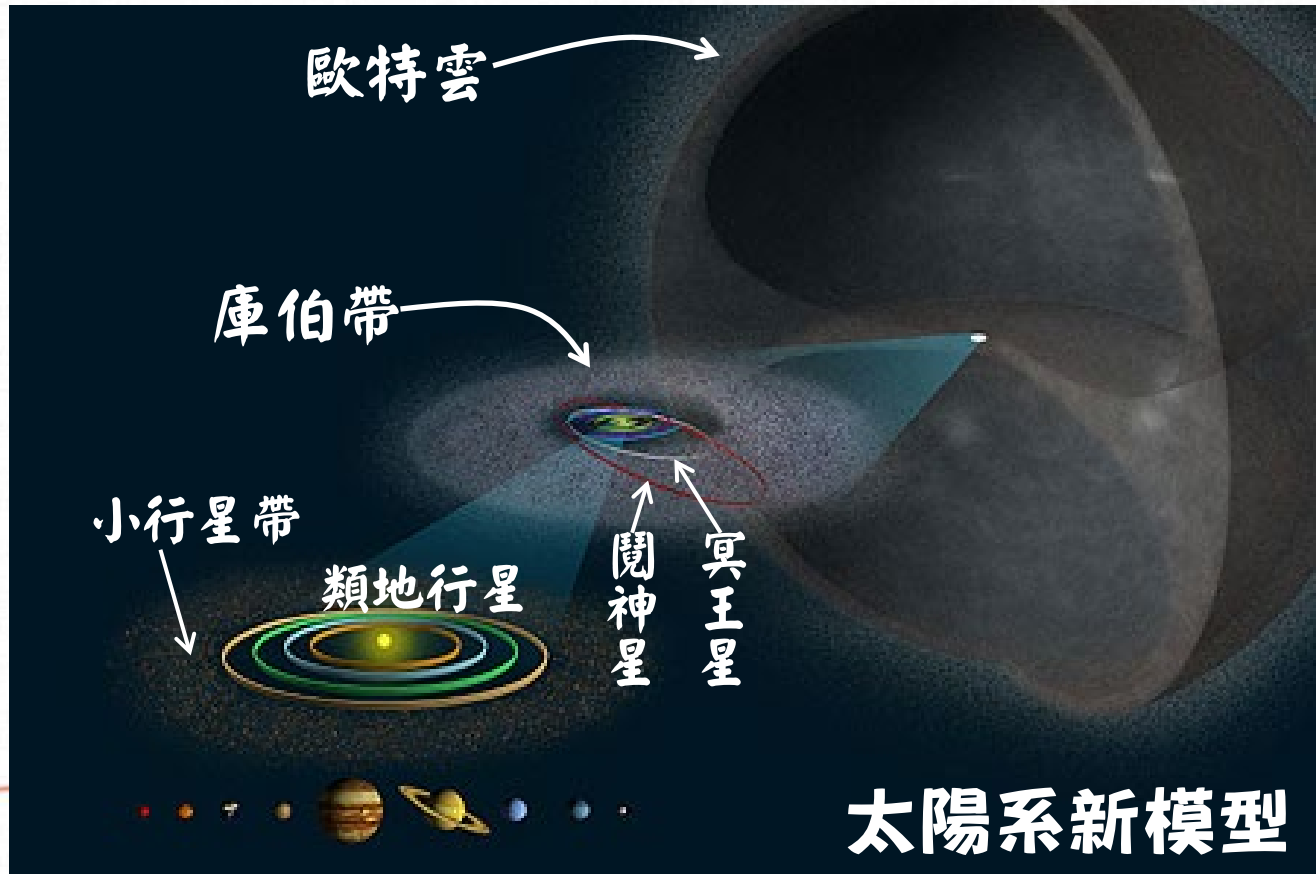
- ◆ 環繞恆星。
- ◆ 本身擁有足夠的質量，使得自身的重力足以抵抗剛體結構強度，使球體維持靜態平衡（近乎圓球形）的外型。
- ◆ 無法清除軌道鄰近區域中的物質。

太陽系新模型

庫伯帶：西元1950年，美國庫伯（Kuiper，或譯為柯伊伯）預測在冥王星以外，充滿了微小冰封的物體，它們是原始太陽系星雲的殘存物質，也是**短週期彗星**的來源地，此範圍約在距太陽30AU到100AU處，稱為「庫伯帶」（Kuiper Belt）。「庫伯帶星體」簡稱KBO（Kuiper Belt Object）。

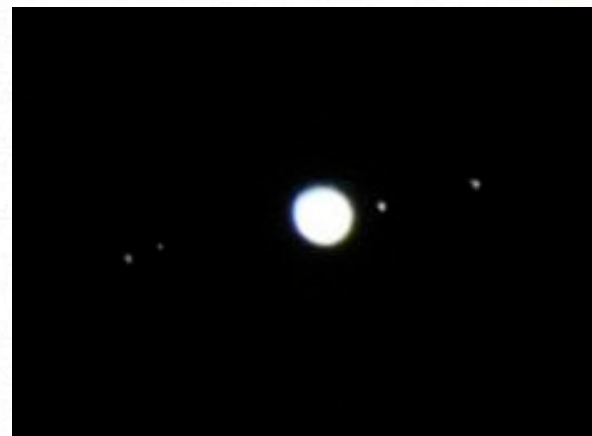
歐特雲：西元1950年，荷蘭天文學家歐特 (Oort) 假設在離太陽約500000AU~1000000AU(約1光年)的地方，有個由無數個小天體（成分為冰塊）所組成的區域，稱為「**歐特雲**」(Oort cloud)，它是**長週期彗星**的「家鄉」，不過歐特雲目前只是假設，並無直接的觀測證據。

【補充】



【補充】

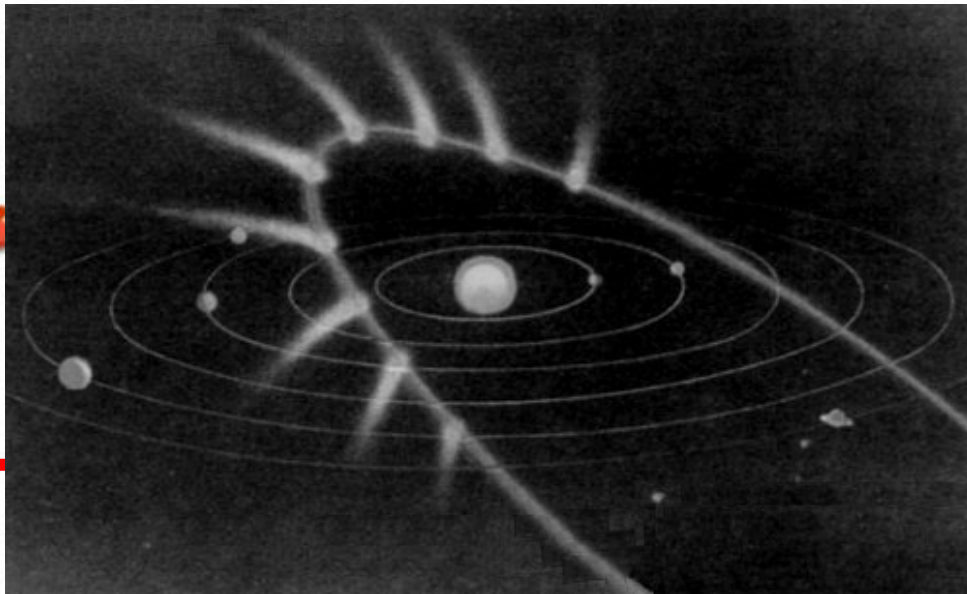
◎ 西元1609年，荷蘭眼鏡商發明了第一具「望遠鏡」，伽利略聽說後，隨即了解原理並改良望遠鏡用於天文觀測，發現了土星光環和木星四大衛星，稱為「伽利略四大衛星」。2009年被定為「國際天文年」，便是紀念伽利略使用望遠鏡作為天文觀測滿400週年。



木星和四大衛星

彗星

太陽系邊緣(庫伯帶、歐特雲[補充])有許多彗星存在，主要是由**冰雪和灰塵**所組成的小天體(科學家稱為「**髒雪球**」)，偶而會進入太陽系內部，受太陽照射，冰雪揮發成氣體，並挾帶灰塵噴出而形成長長的尾巴，俗稱「掃帚星」。彗星的尾巴(彗尾)必背向太陽，且越靠近太陽尾巴越長。彗星大概都是太陽系初創時剩餘下來的物質。



哈雷彗星將於2061年再度回歸



鹿林彗星由中央大學在玉山上的鹿林天文台所發現

便一去不回，例如：由台灣於2007年7月發現的鹿林彗星。

●週期性彗星

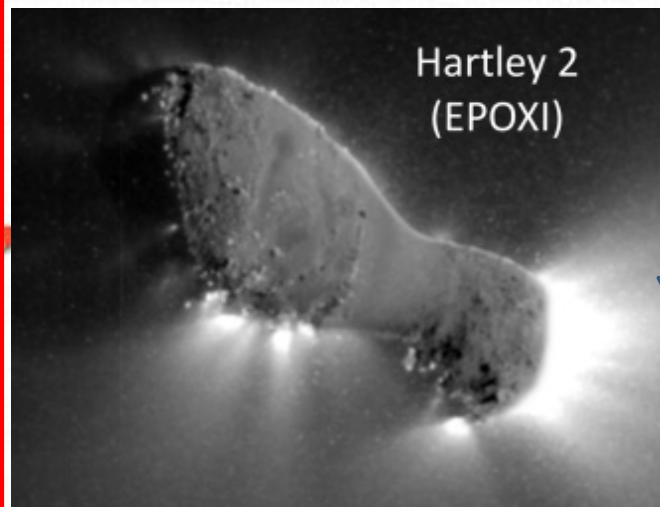
【補充】

軌道呈狹長偏心率大的橢圓形，近日點與遠日點差距很大，例如：哈雷彗星，週期約76年。由愛德蒙·哈雷於1705年預測1758~1759年間將回歸，當1758年底證實回歸時，哈雷已不在人世。哈雷是英國格林威治天文台第二任台長，也是牛頓的好友。

●非週期性彗星

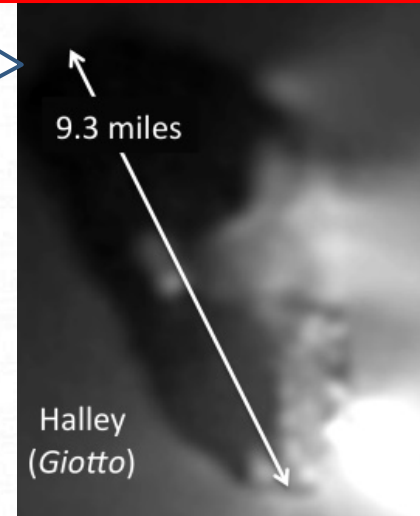
軌道呈拋物線形，只靠近太陽一次

◎有些彗星會因軌道偏移，撞上太陽甚至木星而毀滅。（請注意「彗」字寫法）



1986年由歐洲太空總署 (ESA) 喬托號 (Giotto) 所攝得的哈雷彗星彗核，長約15公里(9.3英哩)。

2010年11月由美國太空總署 (NASA) EPOXI 太空船所攝得的哈德利2號彗星彗核，長約2公里(1.25英哩)。



補充



美國亞利桑那州溫斯勒附近的隕石坑。這是在5萬年前被一個直徑約30到50公尺的鐵質隕石撞擊所形成的，直徑1.2公里、20公尺深。



流星

太空中飄浮的碎石顆粒、彗星經過所殘留的碎屑、甚至小行星...等，受到地球引力，掉入大氣層與空氣摩擦而燃燒，稱為「流星」。未燃燒完而撞擊地面者，稱為「隕石」，並造成隕石坑，甚至災害。沒有大氣的星球是不會有流星現象的，例如：月球。

小行星帶

位於**火星**和**木星**之間，亦即類地行星與類木行星兩大族群之間的空間，存在著幾十萬顆大大小小的**小行星**，此區被稱為「**小行星帶**」。這些小行星是太陽系形成後的剩餘物質和碎塊，因木星重力的影響而無法蓄積形成較大的星體。其中最大的一顆即是已被納入「矮行星」之一的「**穀神星**」。

溫室效應

金星 (Venus)：大氣濃密，CO₂佔96%，溫室效應太強

氣溫約達500°C
90大氣壓
下硫酸雨

火星 (Mars)：大氣稀薄，CO₂佔95%，溫室效應不足

0.01大氣壓
日夜溫差

適度的「溫室效應」可以讓地球在夜晚不致因地表輻射冷卻導致日夜溫差太大，金星、火星即溫室效應過與不及的最佳警惕

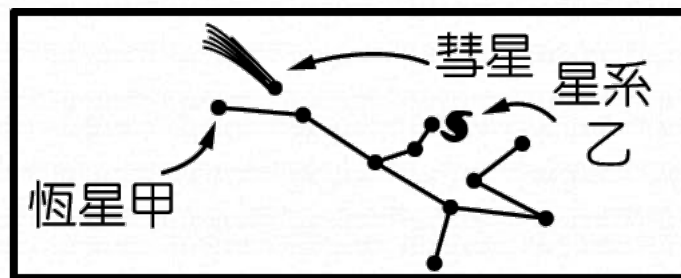
【例題一】

如果太空船航行到金星軌道附近，此時太空人用肉眼觀察到的天體與之前他在地球上看到的相比較，下列敘述何者正確？ (A) 星座的形狀看起來相同 (B) 織女星看起來變暗 (C) 月亮看起來變大 (D) 太陽看起來變小。

【例題二】

民國86年4月初海爾 - 波普彗星位於仙女星座，如圖所示，則下列距離關係何者正確？ (A) 星系乙 > 恆星甲 > 彗星 (B) 恆星甲 > 星系乙 > 彗星 (C) 星系乙 > 彗星 > 恆星甲 (D) 彗星 > 恆星甲 > 星系乙。

仙女星座



宇宙的誕生

大霹靂學說

【補充】

科學家相信今日的宇宙，是由一個溫度極高，密度極大，體積極小的奇異點，經由大爆炸後，再經一百多億年的膨脹與演化而形成的。

- 大霹靂初期，先形成結構最簡單的氫與氦。
- 在大霹靂10億年後，大致已形成目前的宇宙，宇宙中絕大多數的物質仍然是以氫與氦為主，只有極微量的其他元素。



宇宙大爆炸

➤ 早期形成的恆星，比氦重的元素極少，但恆星內部核融合反應，形成碳、氧、鐵……等元素。有些恆星死亡後，發生爆炸，將物質散布到太空中，成為碳、氧、鐵……等元素較豐富的「**星雲**」。

【補充】

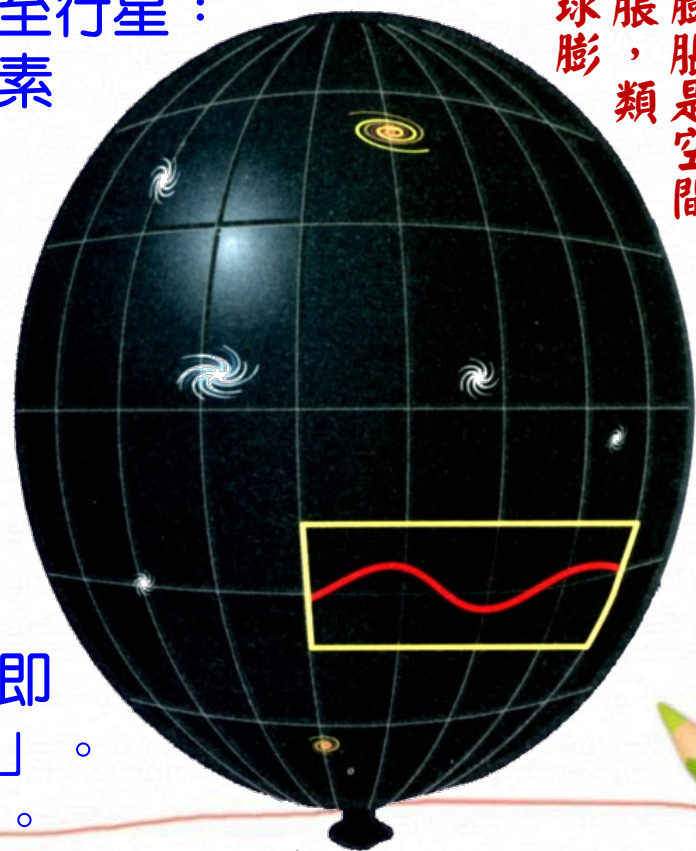
➤ 「**星雲**」在未來可能再形成恆星，甚至行星：

① 太陽就是一個碳、氧、鐵……等元素含量較多的恆星。

② 因為有這些星雲，才能形成地球這種由較多比氦重的元素組成的行星，也才有生命誕生與演化的可能。

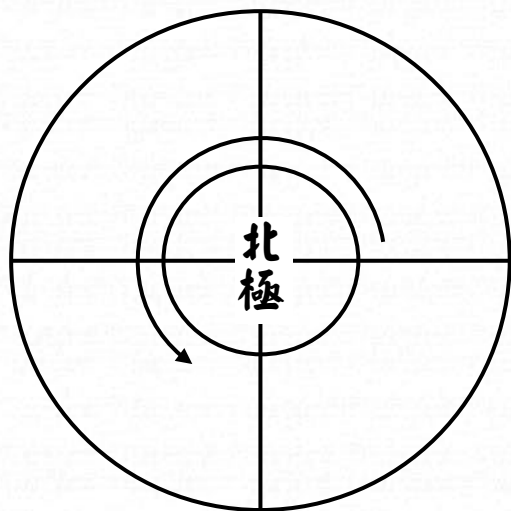
➤ 1929年美國的天文學家哈伯發現所有的星系都有「**紅位移**」現象，顯示各星系正在互相遠離，整個宇宙正在膨脹擴大中，於是提出「哈伯定律」，即20世紀偉大理論之一的「**宇宙膨脹論**」。成為「**大霹靂學說**」的重要證據之一。

※ 宇宙膨脹是空間的膨脹，類似氣球膨脹。

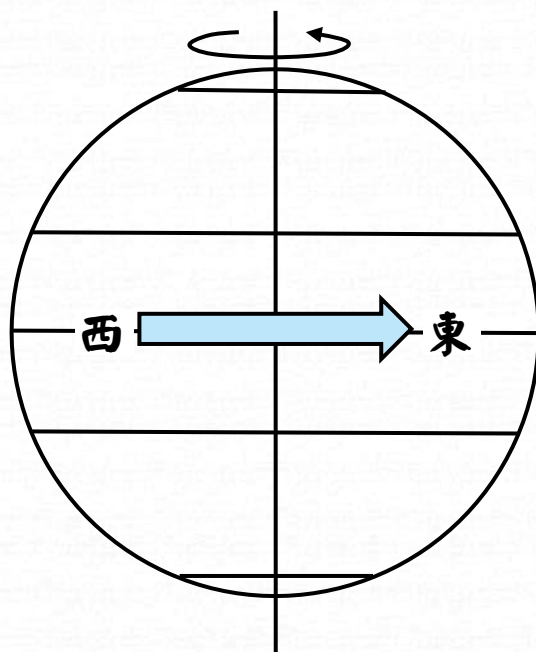


7-2 轉動的地球

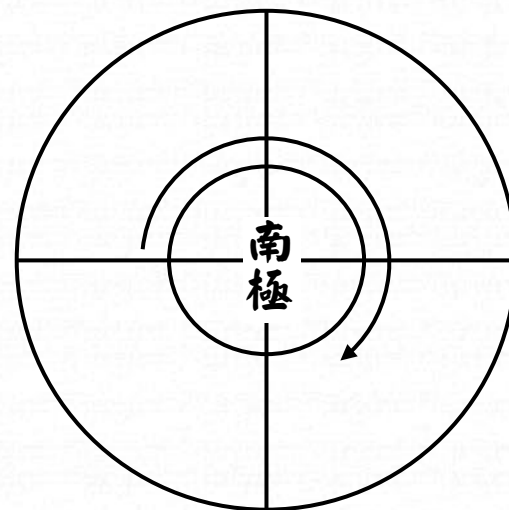
恆星的運動



從北極上空看
逆時鐘自轉



從赤道上空看
由西向東自轉



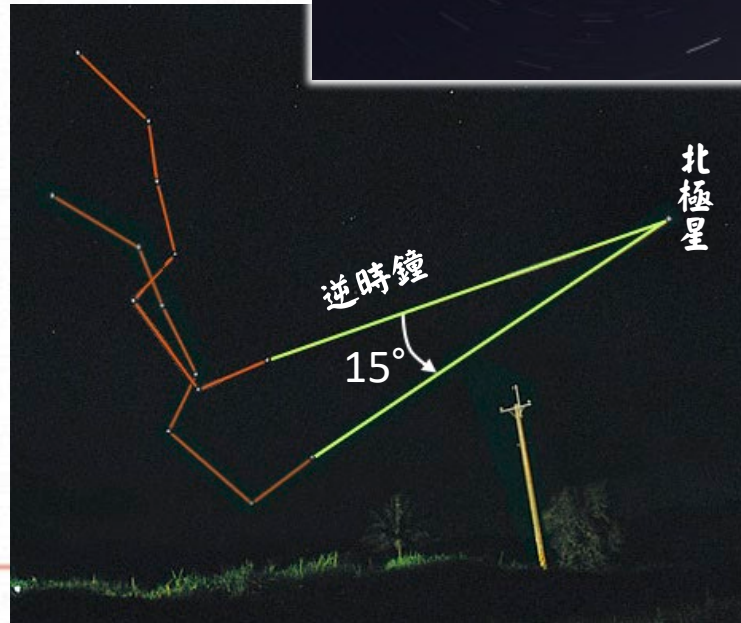
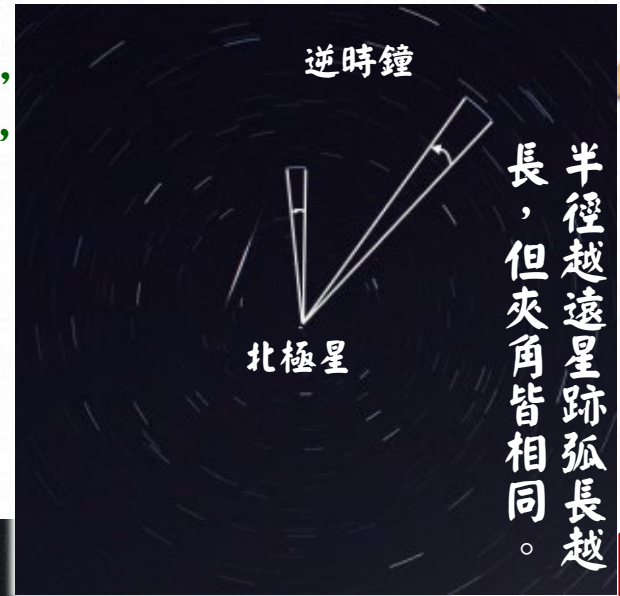
從南極上空看
順時鐘自轉

地球自轉方向

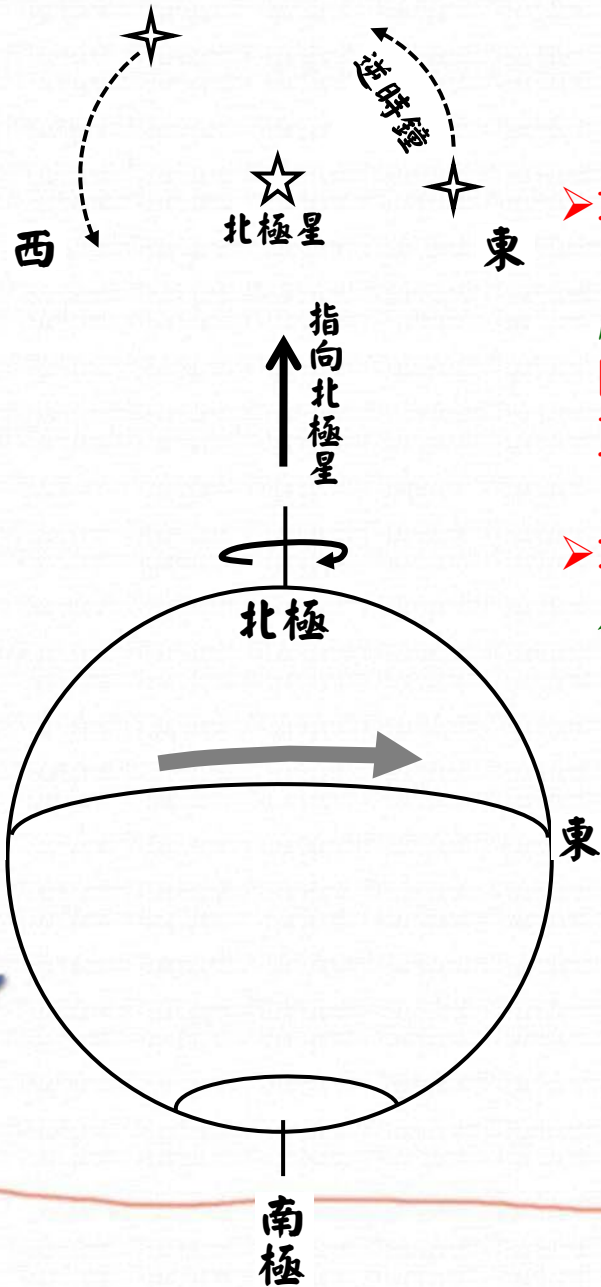
周日運動

- ▶ 地球由西向東自轉，北極軸指向北極星，所有日月星辰皆逆時鐘繞著北極星，東升西落，稱為「周日運動」。
- ▶ 北極星位於圓心，是天空唯一不動的星。

星跡(星軌)攝影



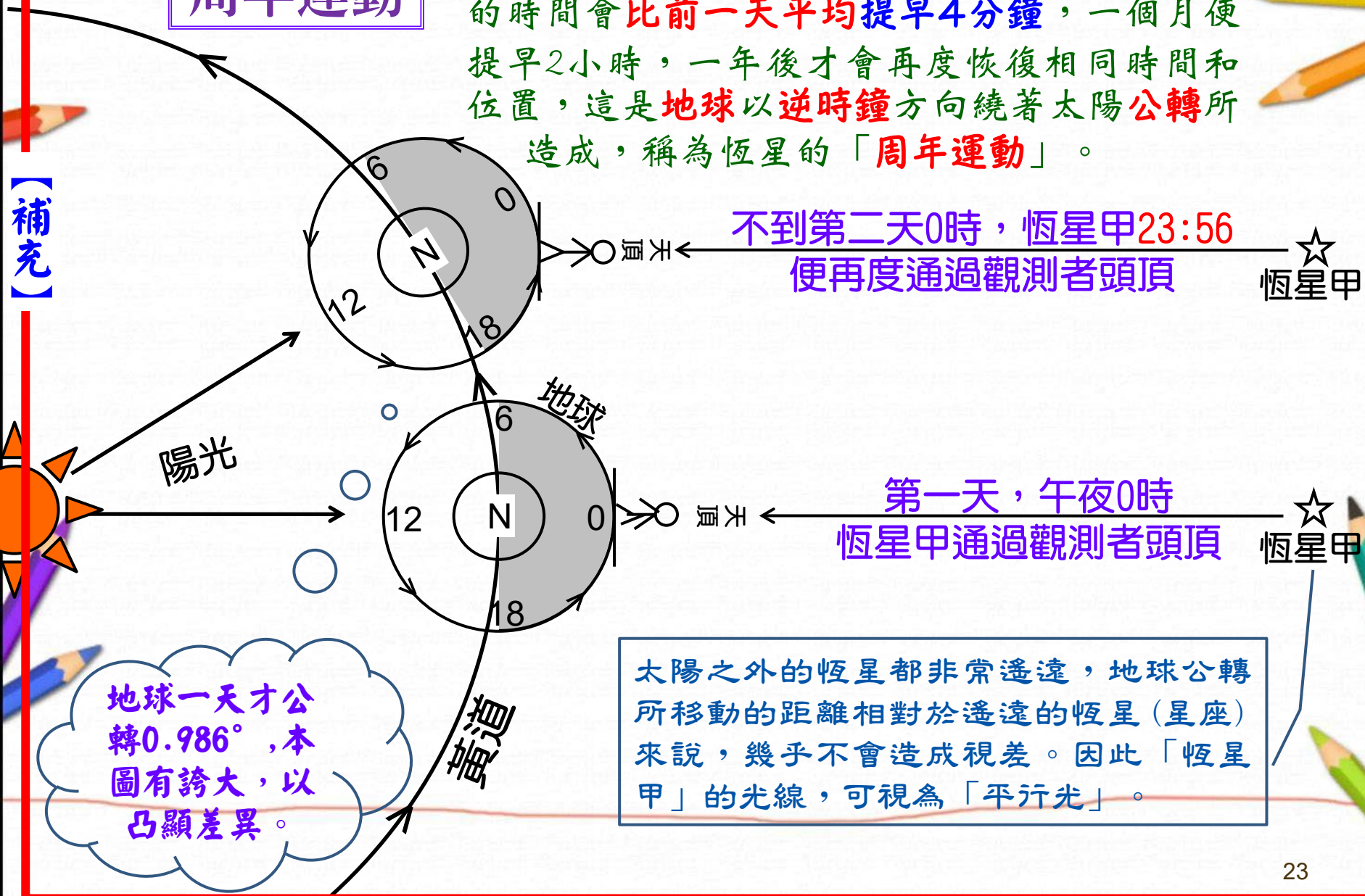
地球一小時自轉 15° ，所以日月星辰一小時也轉 15° 。



周年運動

：每顆恆星(星座)每天夜晚出現在天空同一位置的時間會比前一天平均提早4分鐘，一個月便提早2小時，一年後才會再度恢復相同時間和位置，這是地球以逆時鐘方向繞著太陽公轉所造成，稱為恆星的「周年運動」。

【補充】



不到第二天0時，恆星甲23:56便再度通過觀測者頭頂

★ 恆星甲

第一天，午夜0時恆星甲通過觀測者頭頂

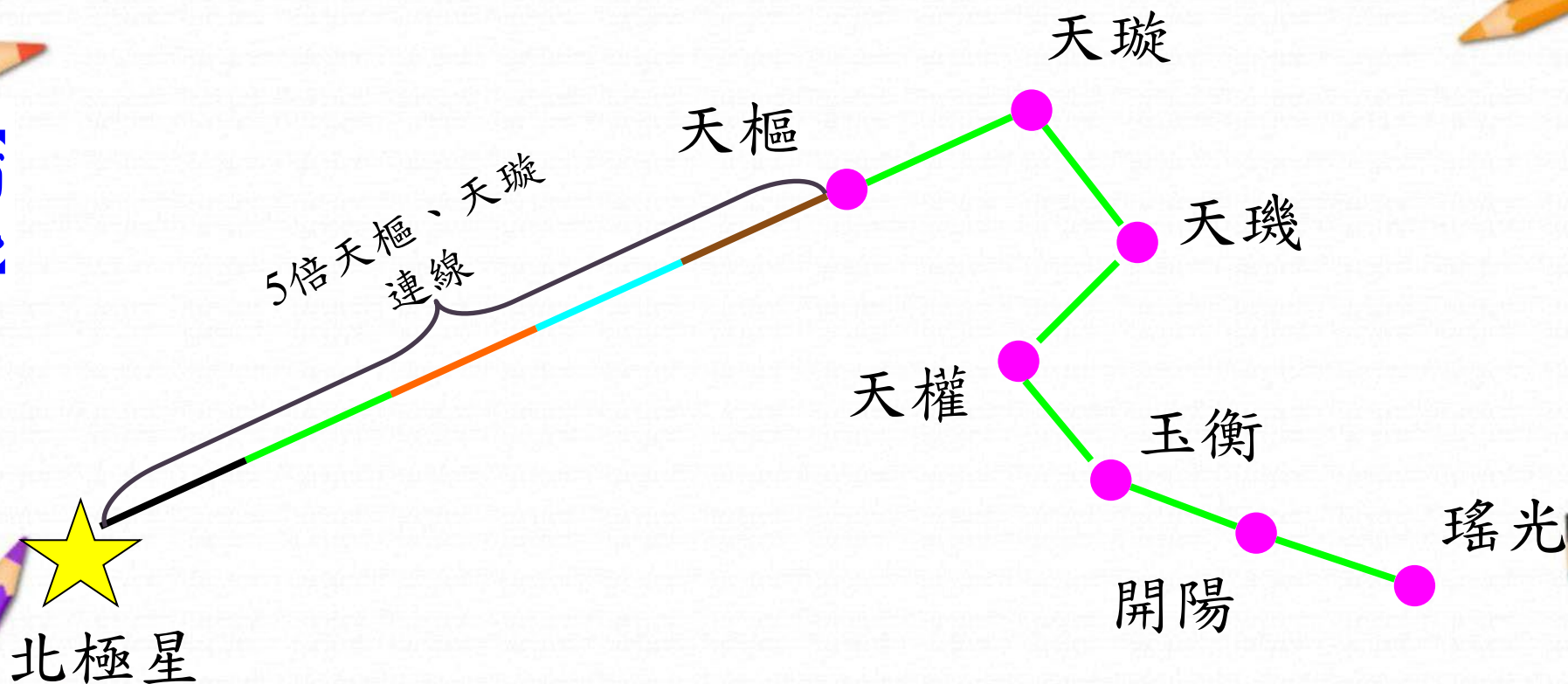
★ 恆星甲

地球一天才公轉 0.986° ，本圖有誇大，以凸顯差異。

太陽之外的恆星都非常遙遠，地球公轉所移動的距離相對於遙遠的恆星(星座)來說，幾乎不會造成視差。因此「恆星甲」的光線，可視為「平行光」。

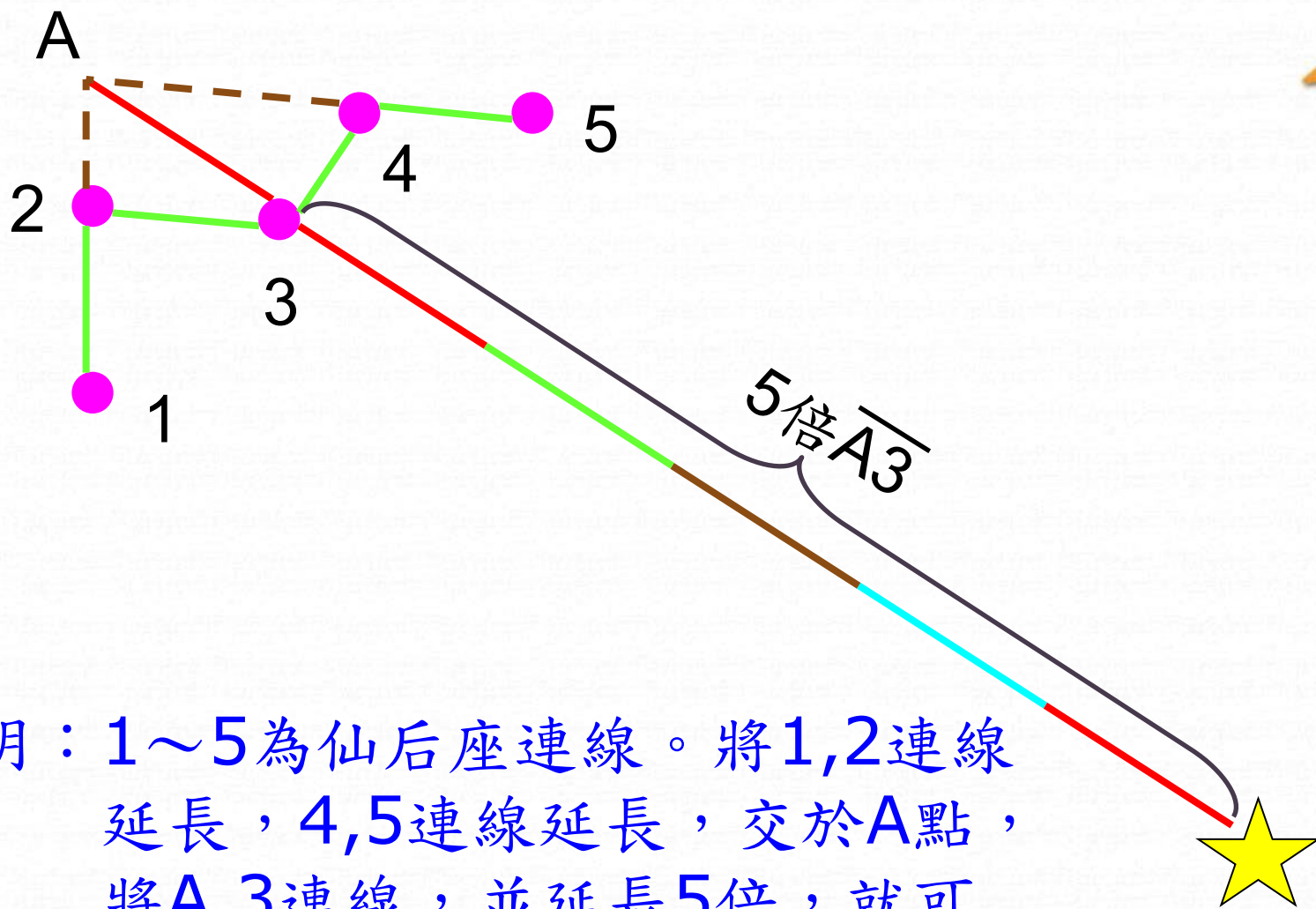
春、夏利用「北斗七星」找北極星

【補充】



說明：利用杓口的天樞、天璇兩顆星(合稱「指極星」)的連線，延長5倍，就可以找到北極星。

秋、冬利用「仙后座」找北極星



【補充】

說明：1~5為仙后座連線。將1,2連線延長，4,5連線延長，交於A點，將A,3連線，並延長5倍，就可以找到北極星。

北極星

星等

視星等→我們所看到恆星的亮度，習慣上用星等作單位，星等數愈少，表示亮度愈高。天文學家把一等星的亮度定為六等星的100倍，每星等間約相差2.5倍。例如：一等星的亮度約為三等星的 $(2.5)^{3-1}$ 倍。

例：太陽(-26.8)，滿月(-12.6)，金星最亮的時候(-4.4)

織女星(+0.03)，北極星(+2.02)，天狼星(-1.46)

(秒差距)

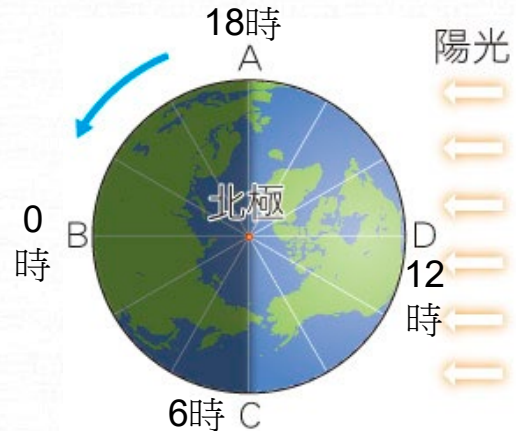
絕對星等→將所有恆星拉至32.6光年相同的距離比較亮度(換算)。32.6光年 = 10pc

晝夜交替：由於「地球自轉」所造成

💡 動腦時間

圖中，A、B、C、D為地球赤道上的四個位置，試著想想看：

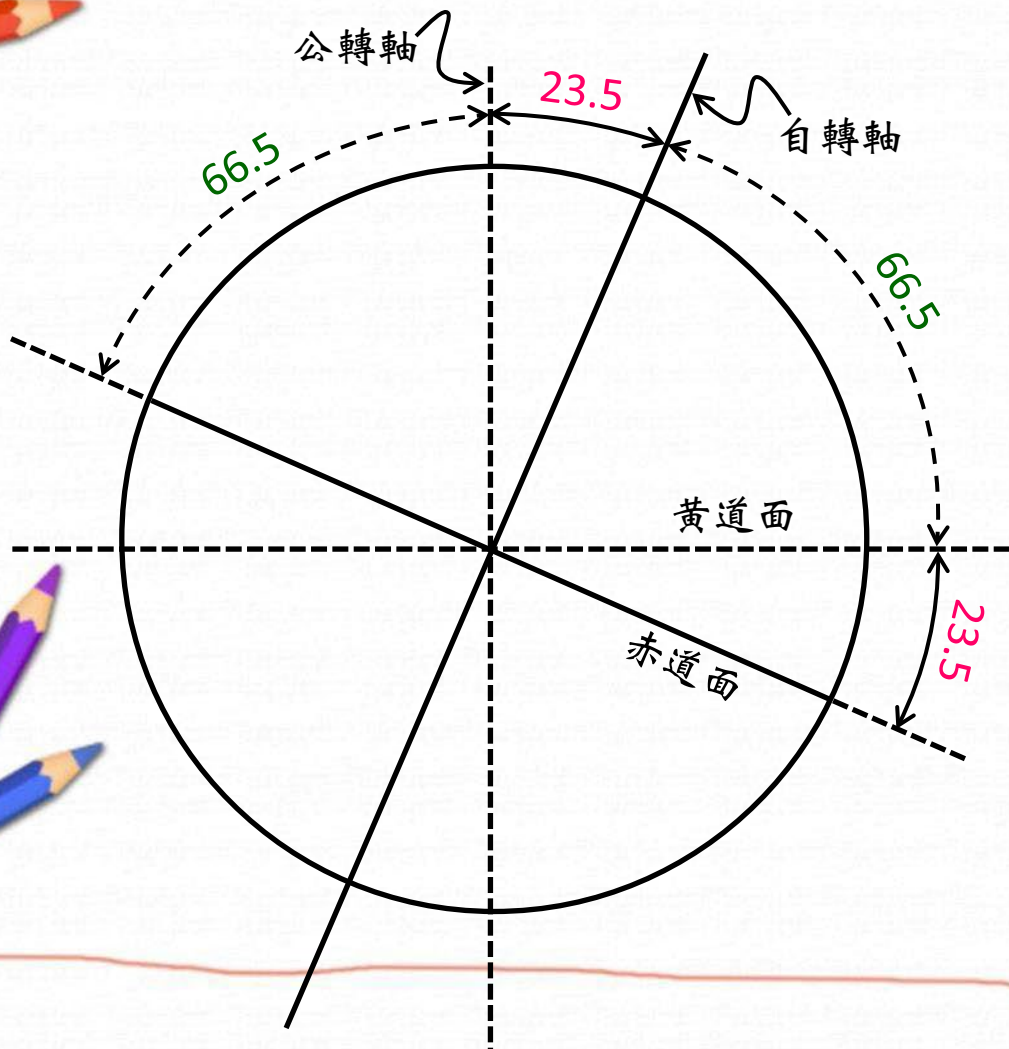
1. 站在D位置與B位置的觀察者現在的時間分別為幾點鐘？
2. 試描述站在A位置與C位置觀察者的晝夜變化情況。



由北極的上空俯瞰地球，陽光照射地球的區域為白天，未被照射的地區為夜晚。

四季變化

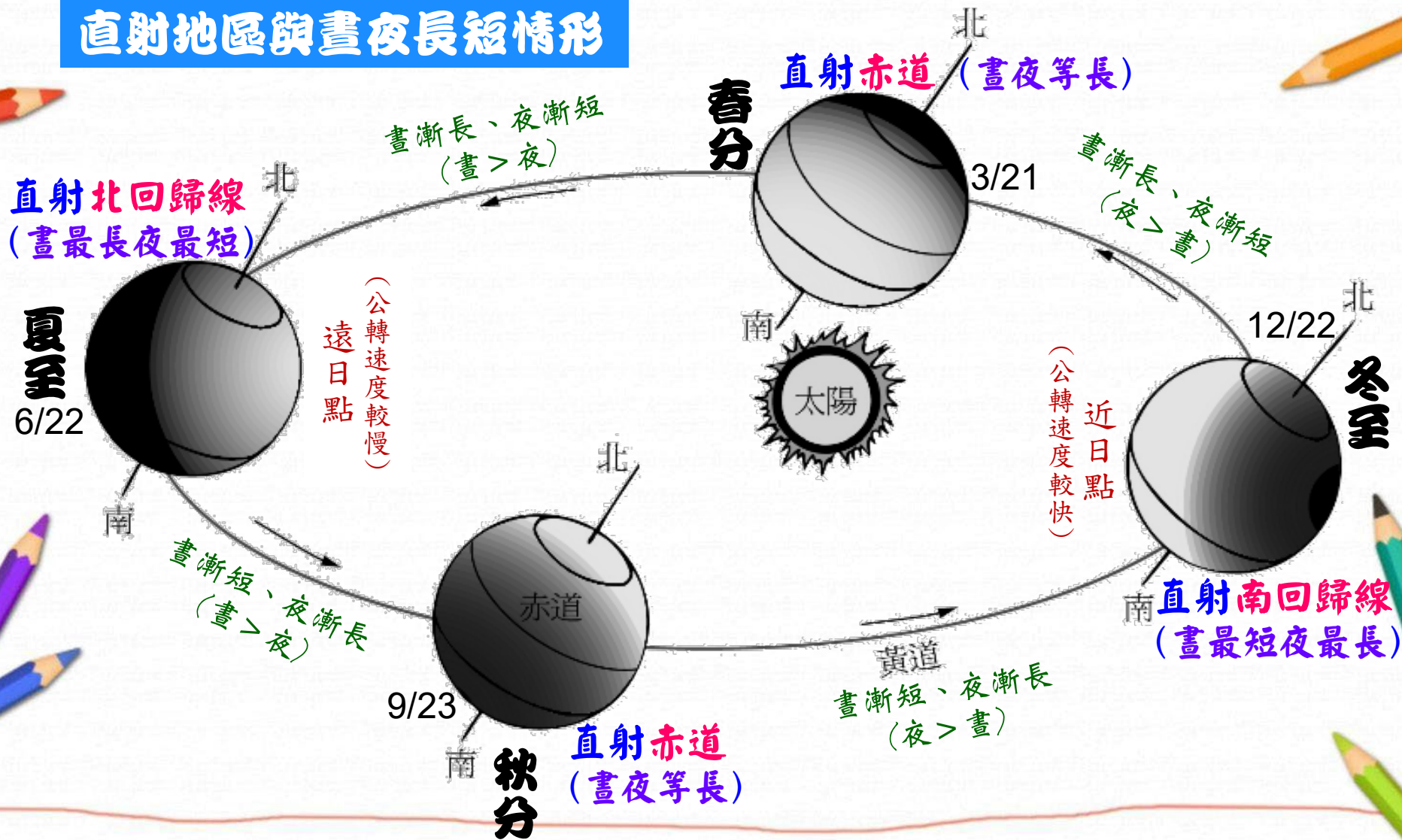
是由「地球公轉 + 自轉軸傾斜 23.5° 」兩大原因所造成



地球的傾斜角度，有四種描述方式：

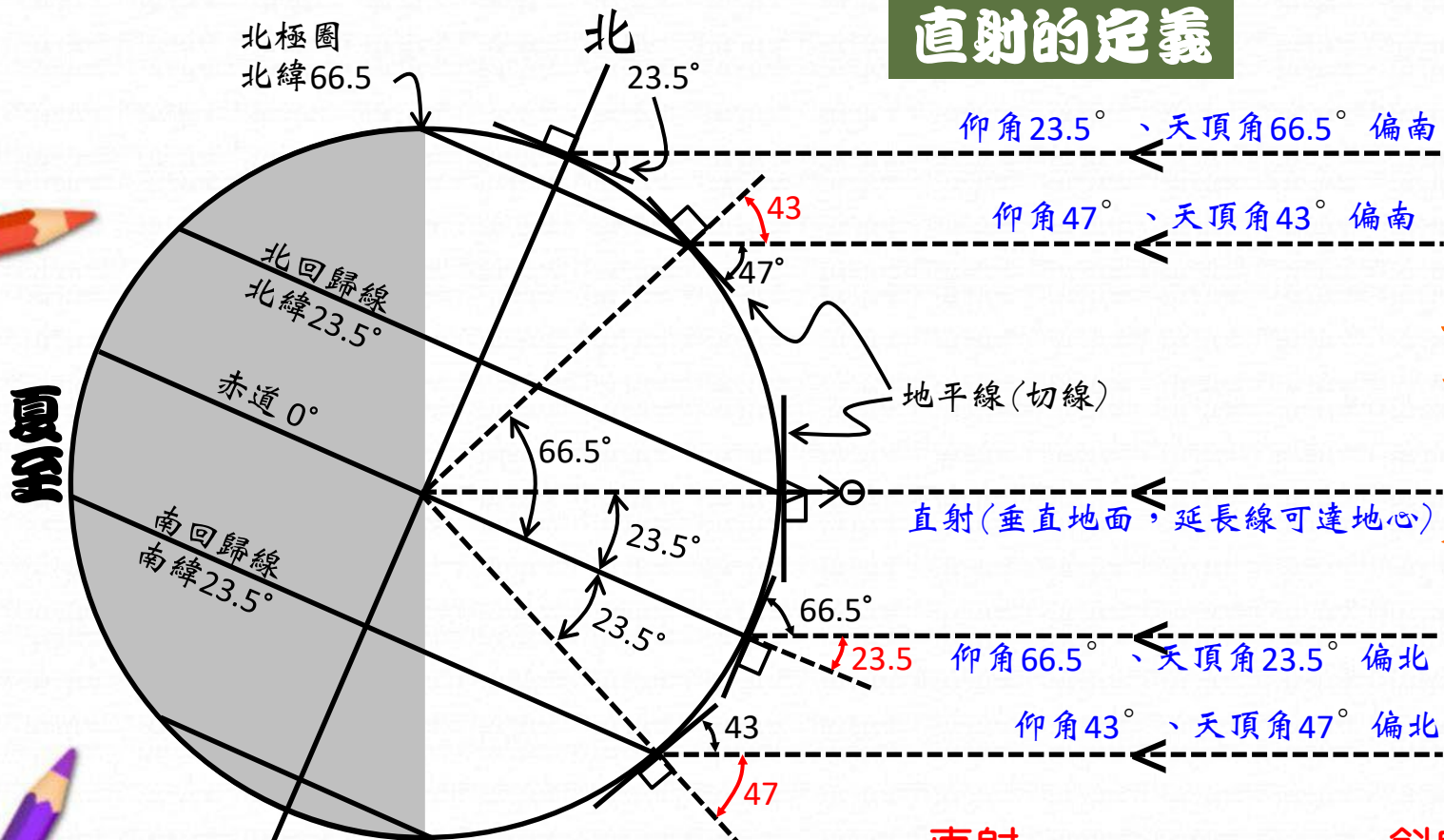
- ① 自轉軸和公轉軸(垂直線)夾 23.5°
- ② 自轉軸和黃道面夾 66.5°
- ③ 黃道面和赤道面夾 23.5°
- ④ 赤道面和公轉軸夾 66.5°

四大節氣的位置、日期、直射地區與晝夜長短情形



直射的定義

角度判斷已不考，僅供參考



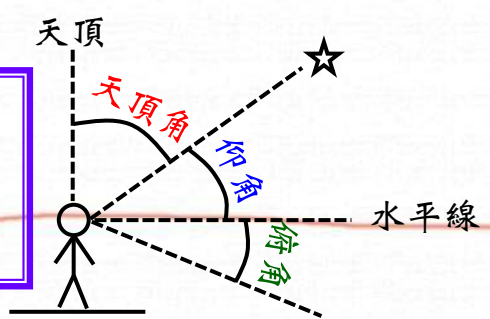
正午陽光

該地區至地心的連線與赤道
的夾角，即為該地緯度

緯度的訂定

俯角

視角名稱

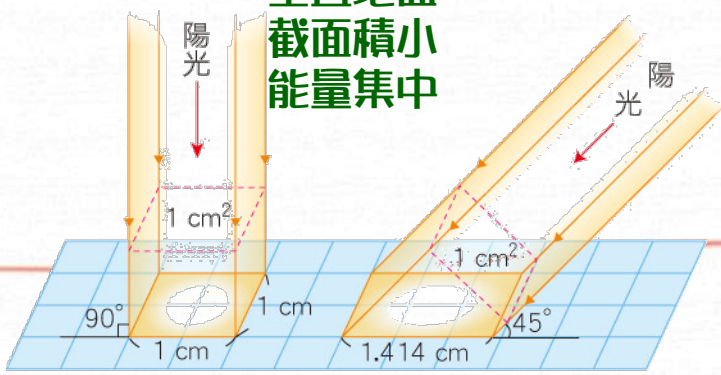


直射

垂直地面
截面積小
能量集中

斜射

截面積大
能量分散



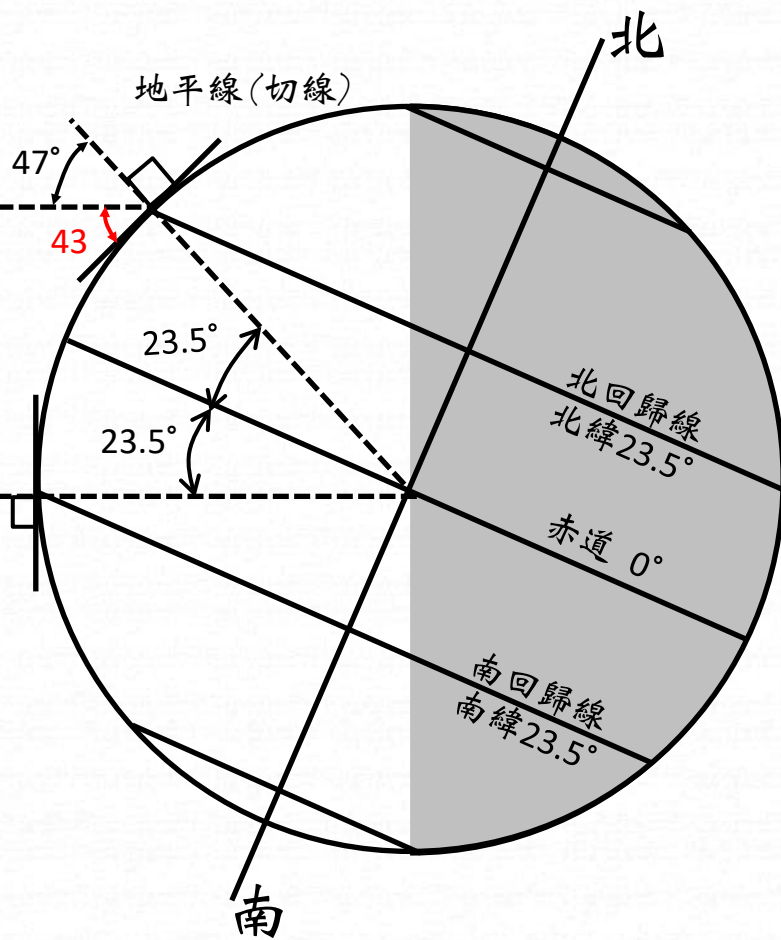
角度判斷已不考，僅供參考；
但會考正午時分，太陽是偏北、偏南或在天頂。

正午陽光

仰角 43° 、天頂角 47° 偏南

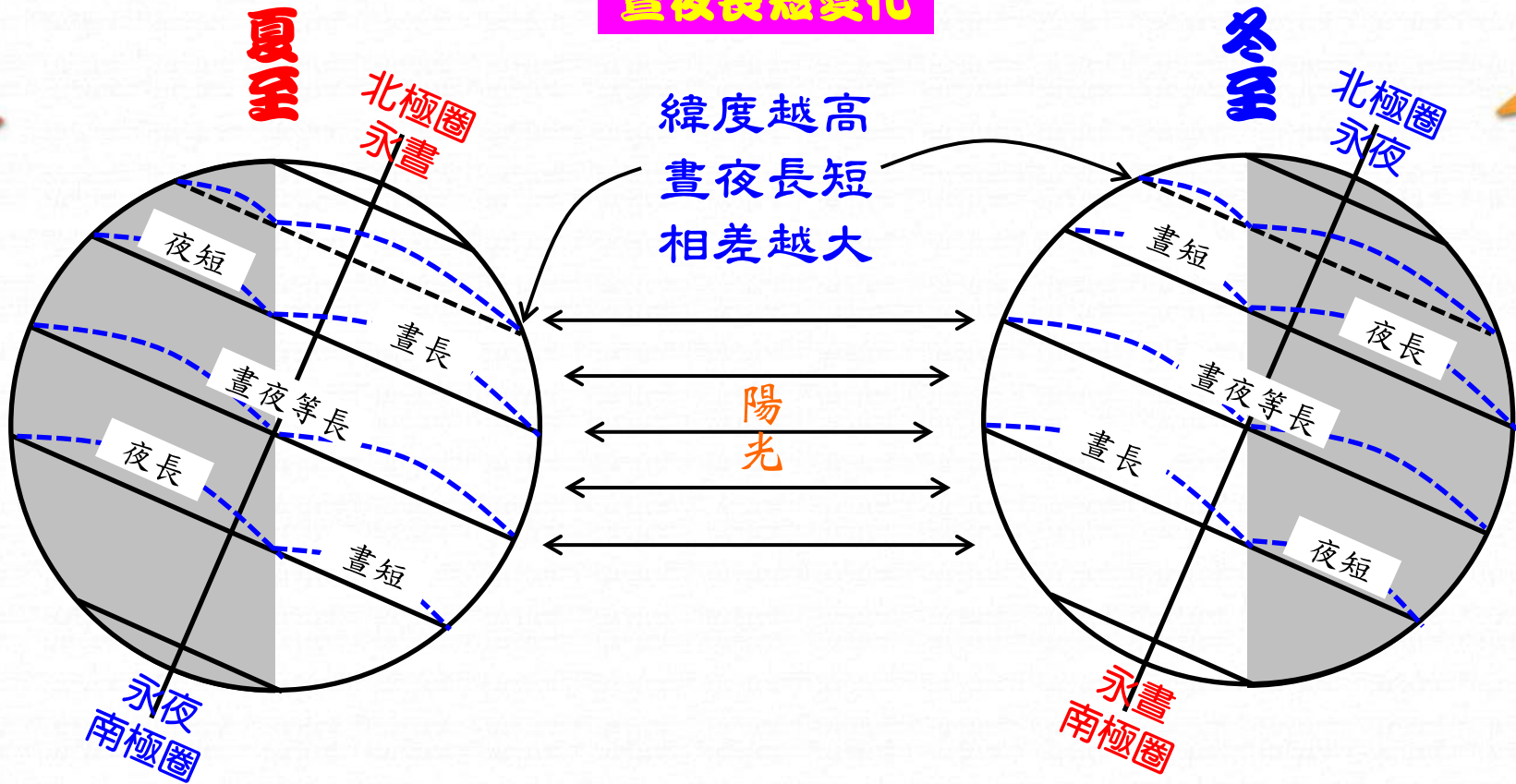
直射(垂直地面，延長線可達地心)

當天正午太陽若直射你所在地北方的緯度，看到的太陽即偏北；反之直射你南方的緯度，看到的太陽即偏南。



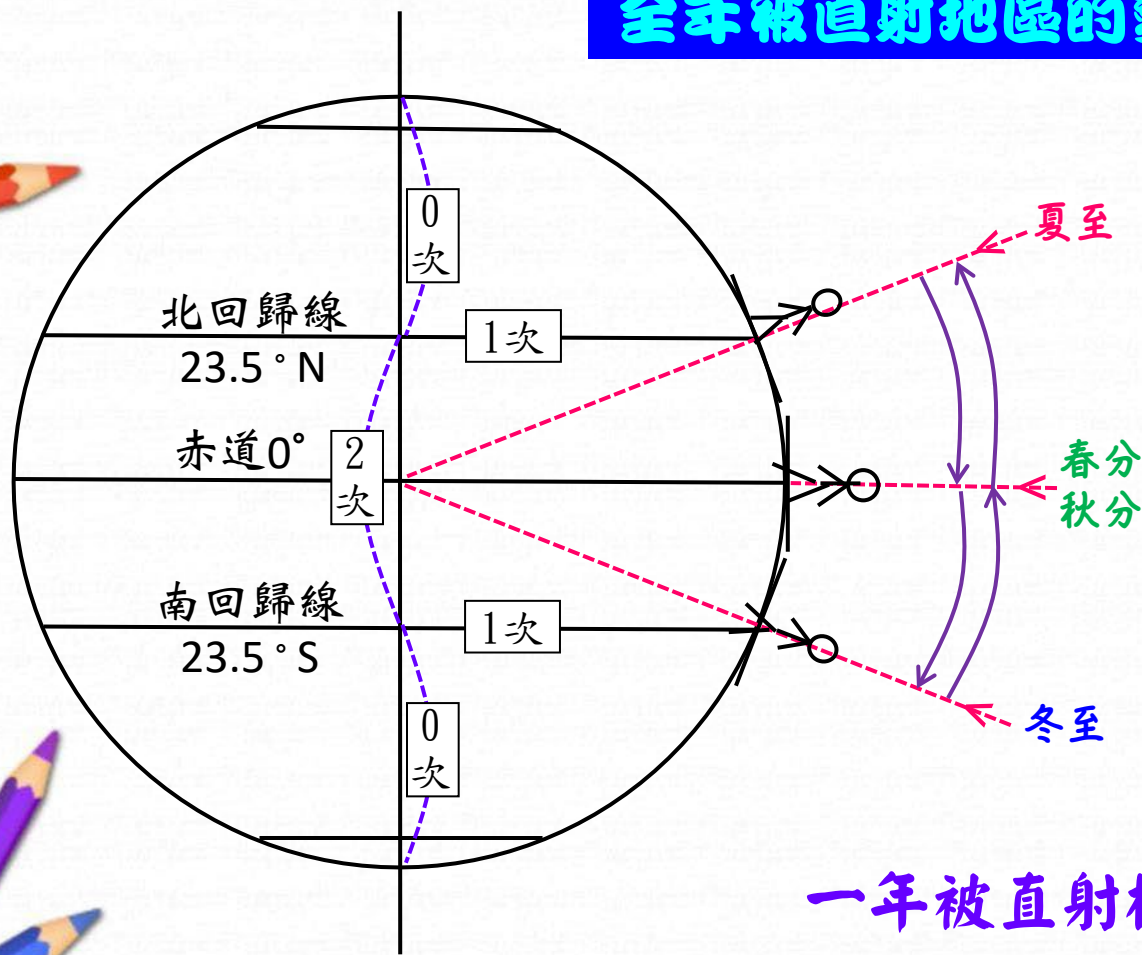
冬至

晝夜長短變化



全世界只有赤道地區全年晝夜等長
其他緯度只有春分、秋分兩天晝夜等長

全年被直射地區的變化



一年當中，太陽最北直射到北回歸線 $23.5^{\circ} N$ (夏至)，最南直射到南回歸線 $23.5^{\circ} S$ (冬至)，其他日子都在北回、南回歸線之間反覆來回變化。

例如：台北 ($25^{\circ} N$) 沒被直射機會
 墾丁 ($21.5^{\circ} N$) 可被直射2次

一年被直射機會

北回歸線以北 } 0次 (天)
 南回歸線以南 }

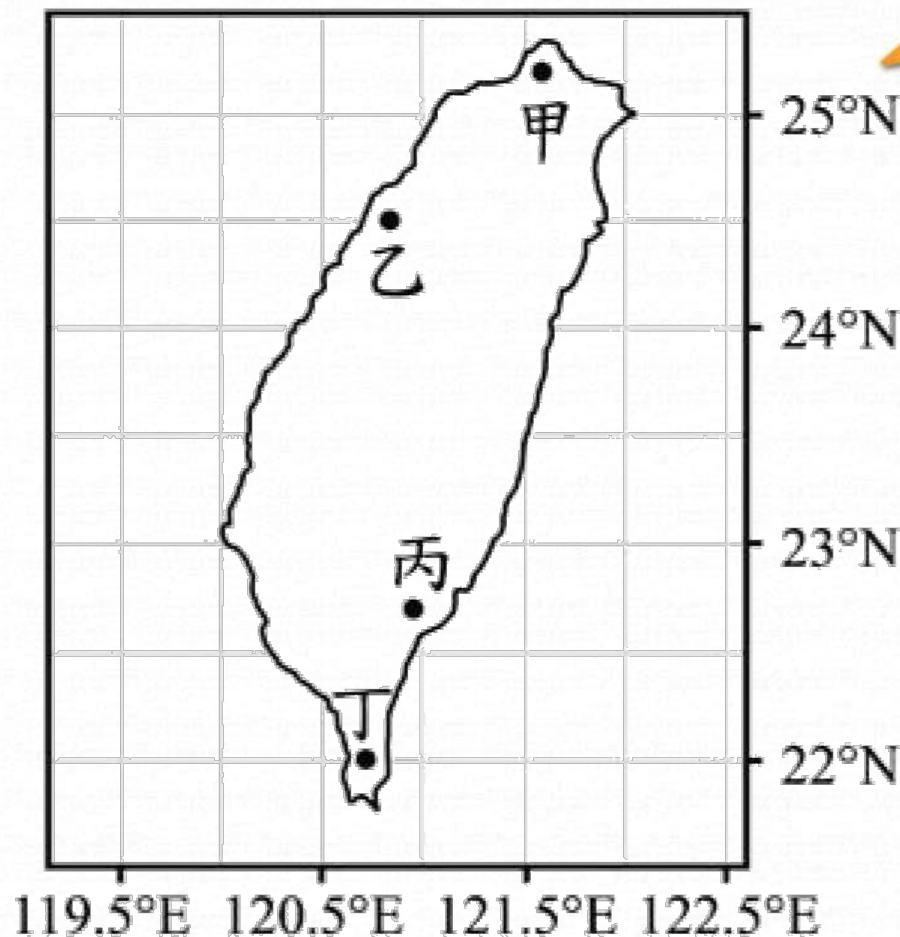
北回歸線本身 } 1次 (天)
 南回歸線 }

北回歸線之間 } 2次 (天)
 南回歸線 }

回歸線：陽光直射到此緯度後，便往反方向直射回去，「回歸線」為直射的最北最南界線。「回歸線」的緯度視自轉軸傾斜角度而定。

【99(二)基測】

圖(二十三)表示甲、乙、丙、丁四個建築物在臺灣的位置，同一年內此四個建築物在正午日照下影子偏北的天數分別為 $X_{甲}$ 、 $X_{乙}$ 、 $X_{丙}$ 、 $X_{丁}$ 。若不考慮天氣因素，則 $X_{甲}$ 、 $X_{乙}$ 、 $X_{丙}$ 、 $X_{丁}$ 的大小關係為何？



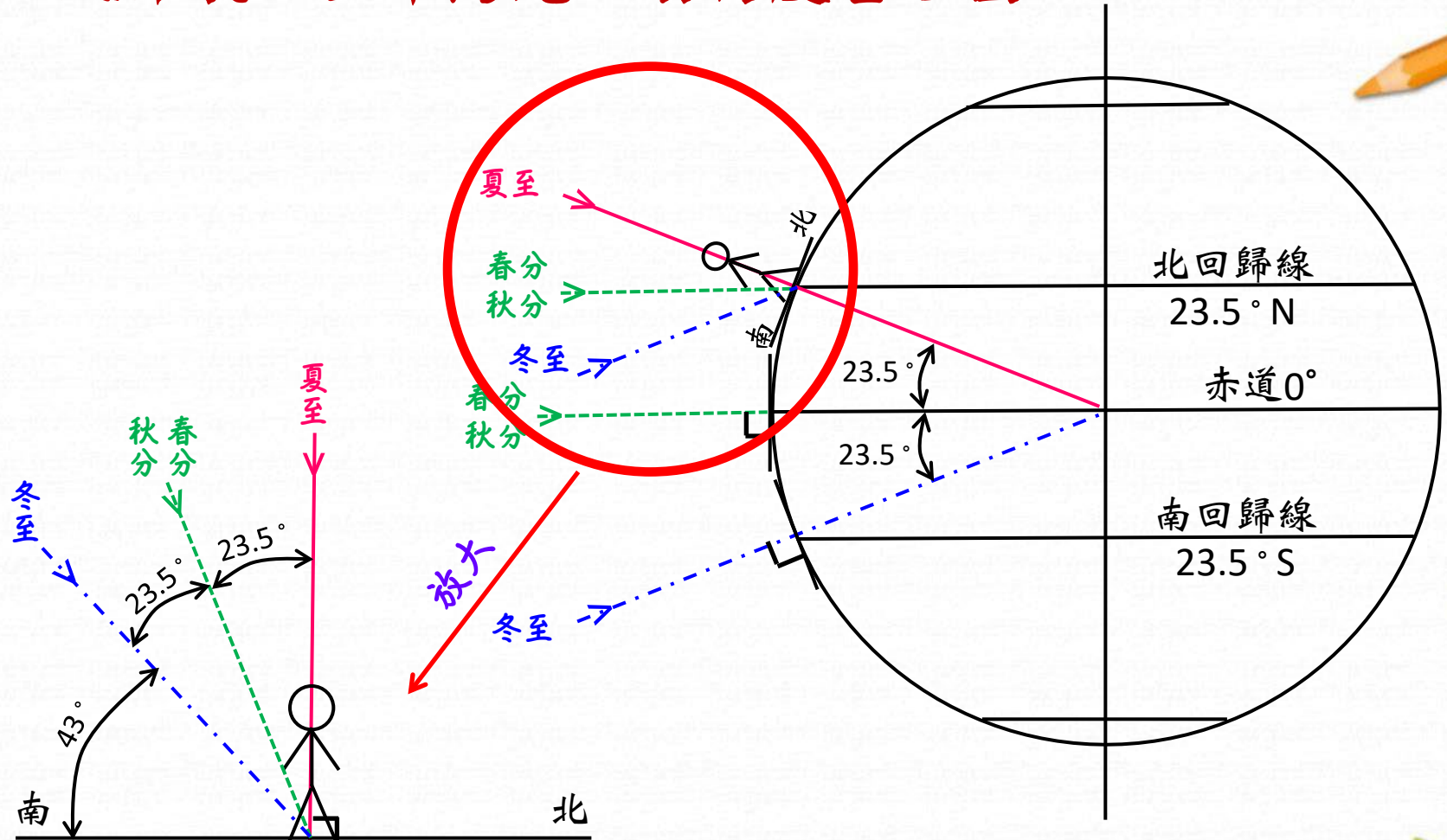
ANS : $X_{甲}=X_{乙}>X_{丙}>X_{丁}$

圖(二十三)

影子偏北的天數=太陽偏南的天數

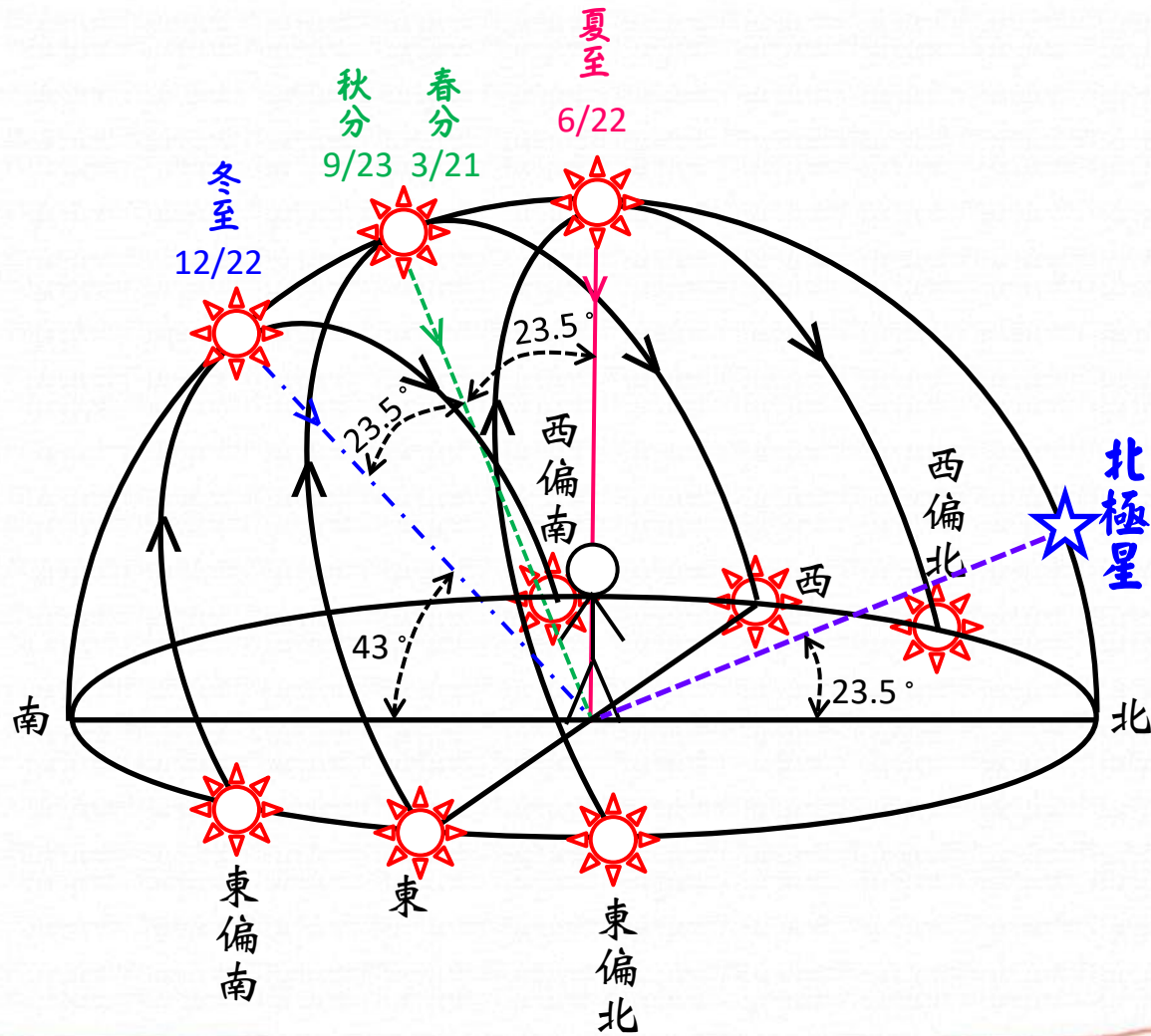
- 北回歸線以北的地區，因為太陽最北只直射北回歸線，因此全年(365天)太陽都偏南。
- 北回歸線以南的地區，緯度越南方，太陽偏南的天數越減少(即太陽偏北的天數增加)。

四大節氣，正午陽光入射角度整合圖



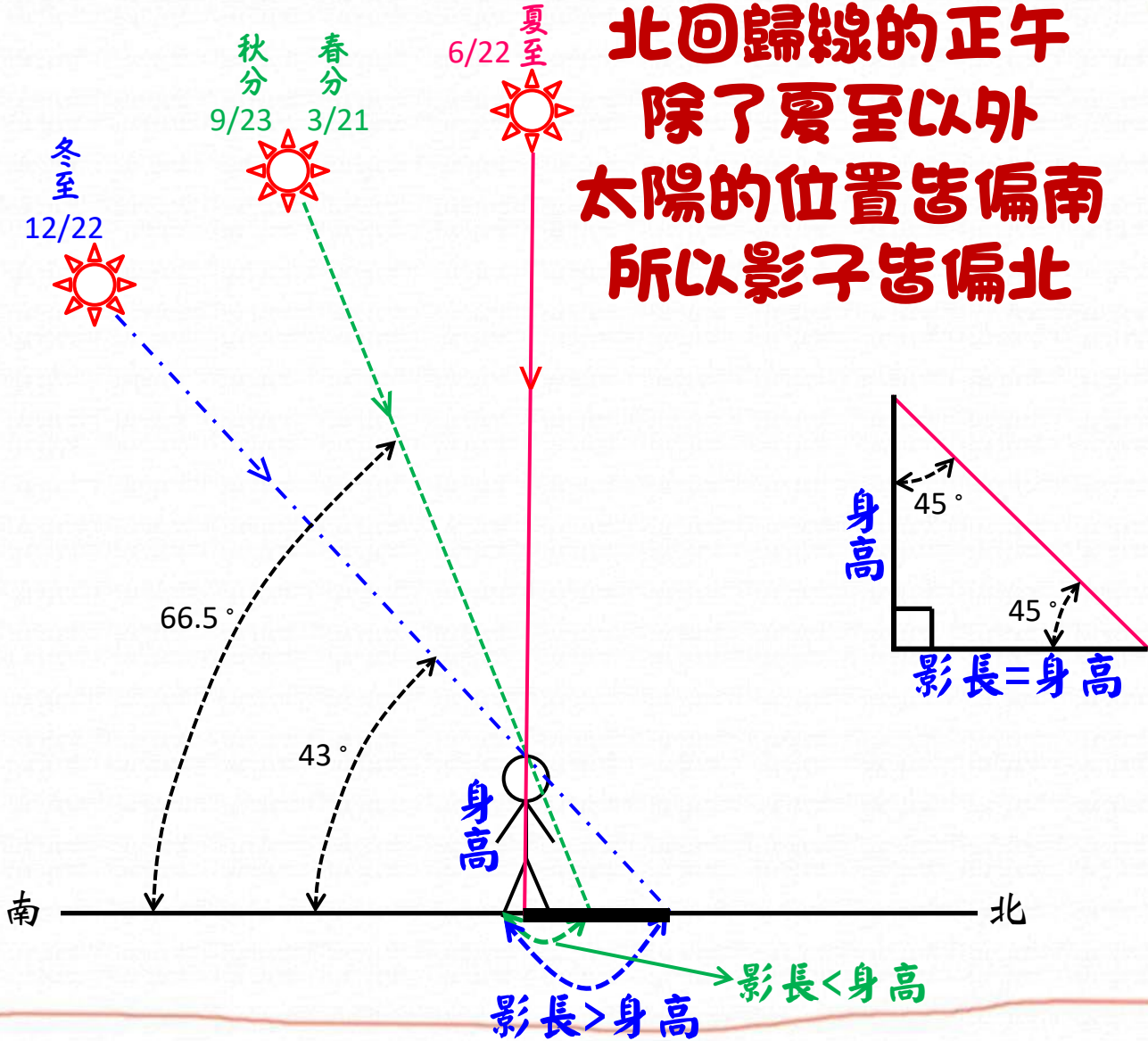
北回歸線觀測者，四大節氣正午，陽光的入射角度

北回歸線(23.5°N)



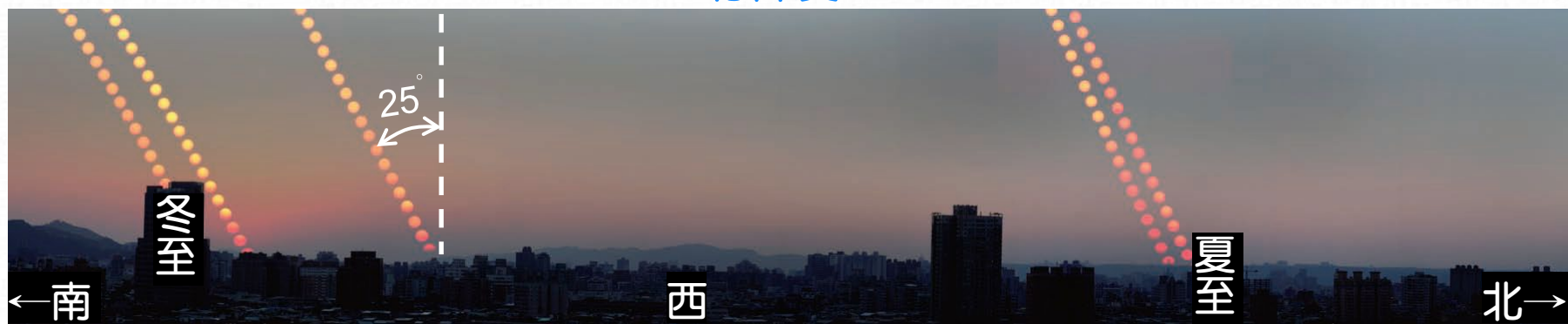
四大節氣太陽軌跡圖

北回歸線的正午
除了夏至以外
太陽的位置皆偏南
所以影子皆偏北



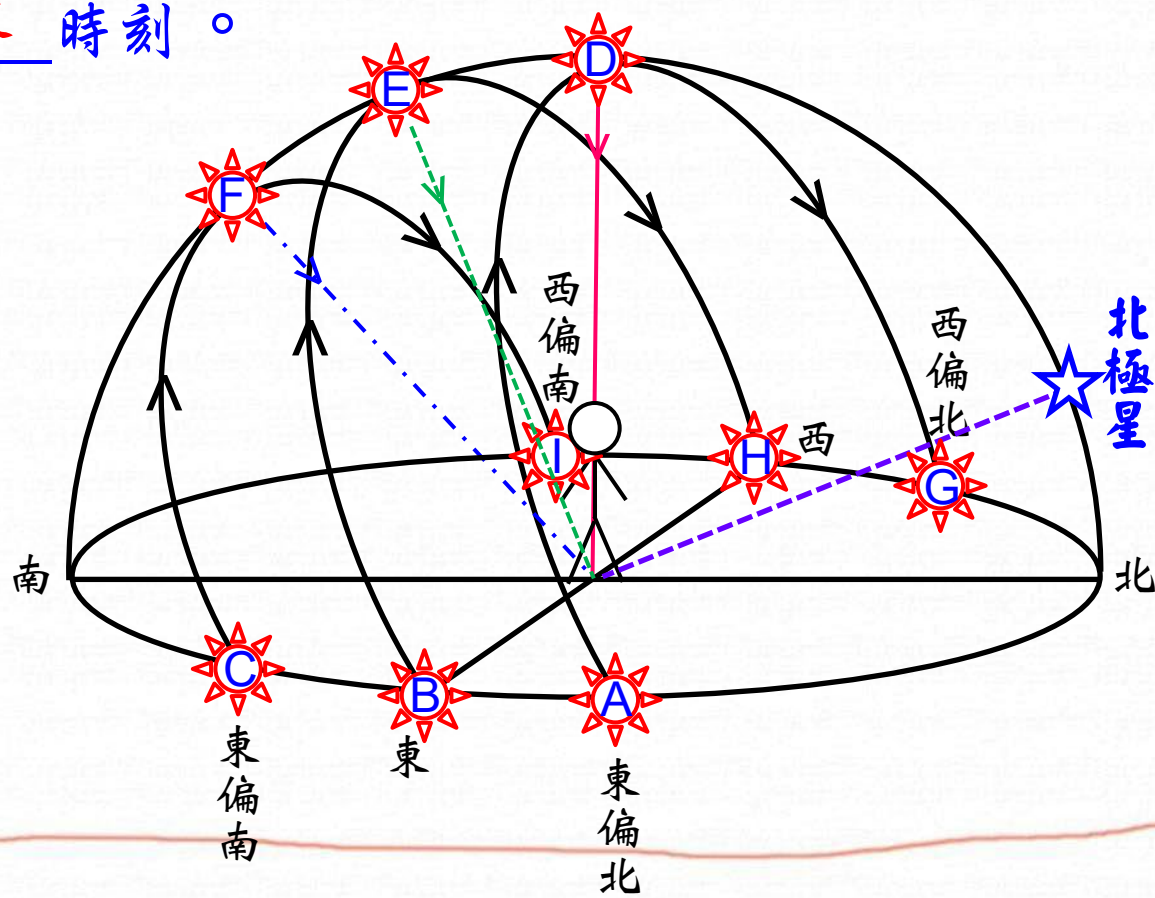
台北夏至、冬至的日落軌跡

(台北緯度 25° N)

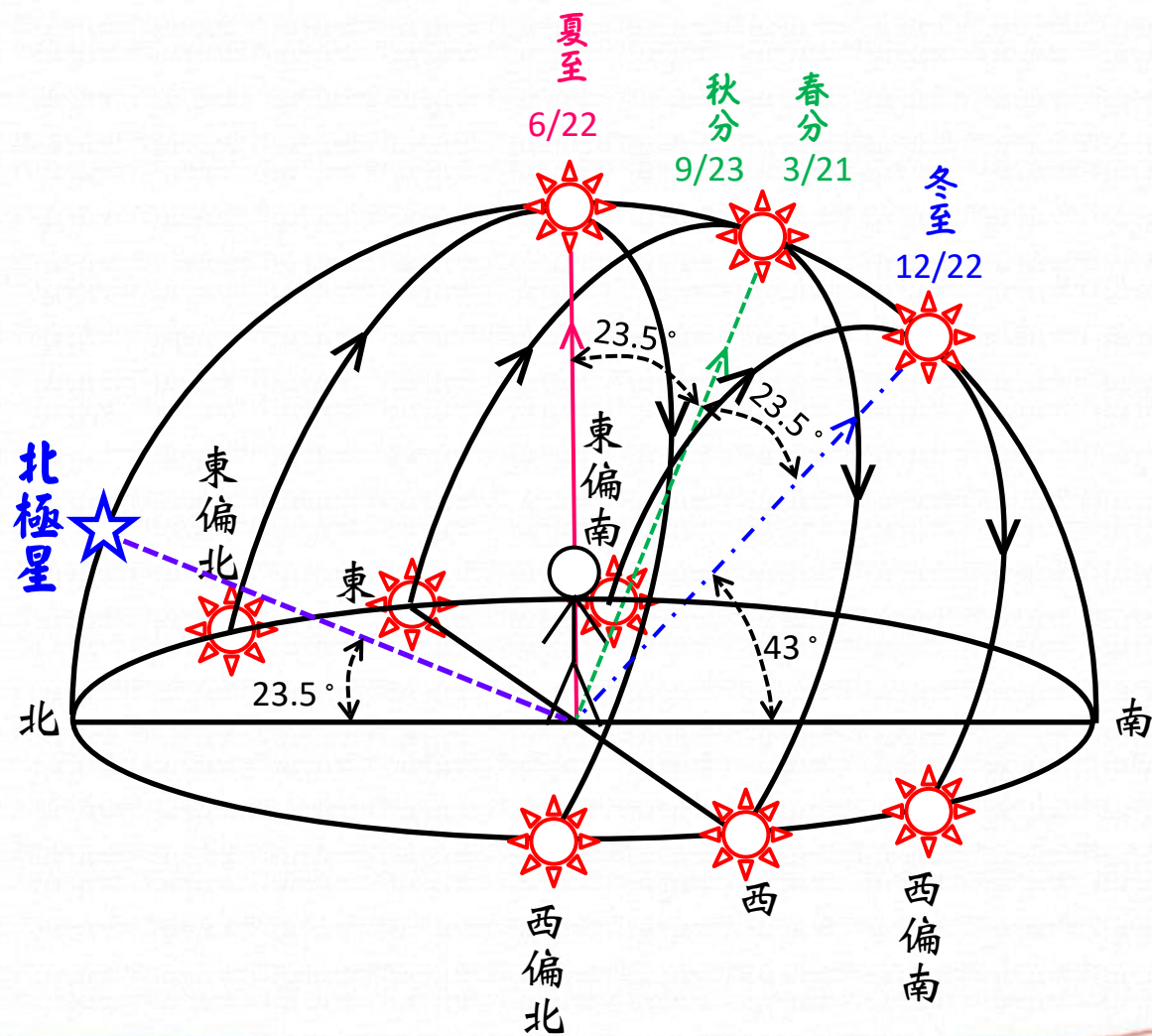


北半球看太陽→偏南
偏南的天頂角=緯度

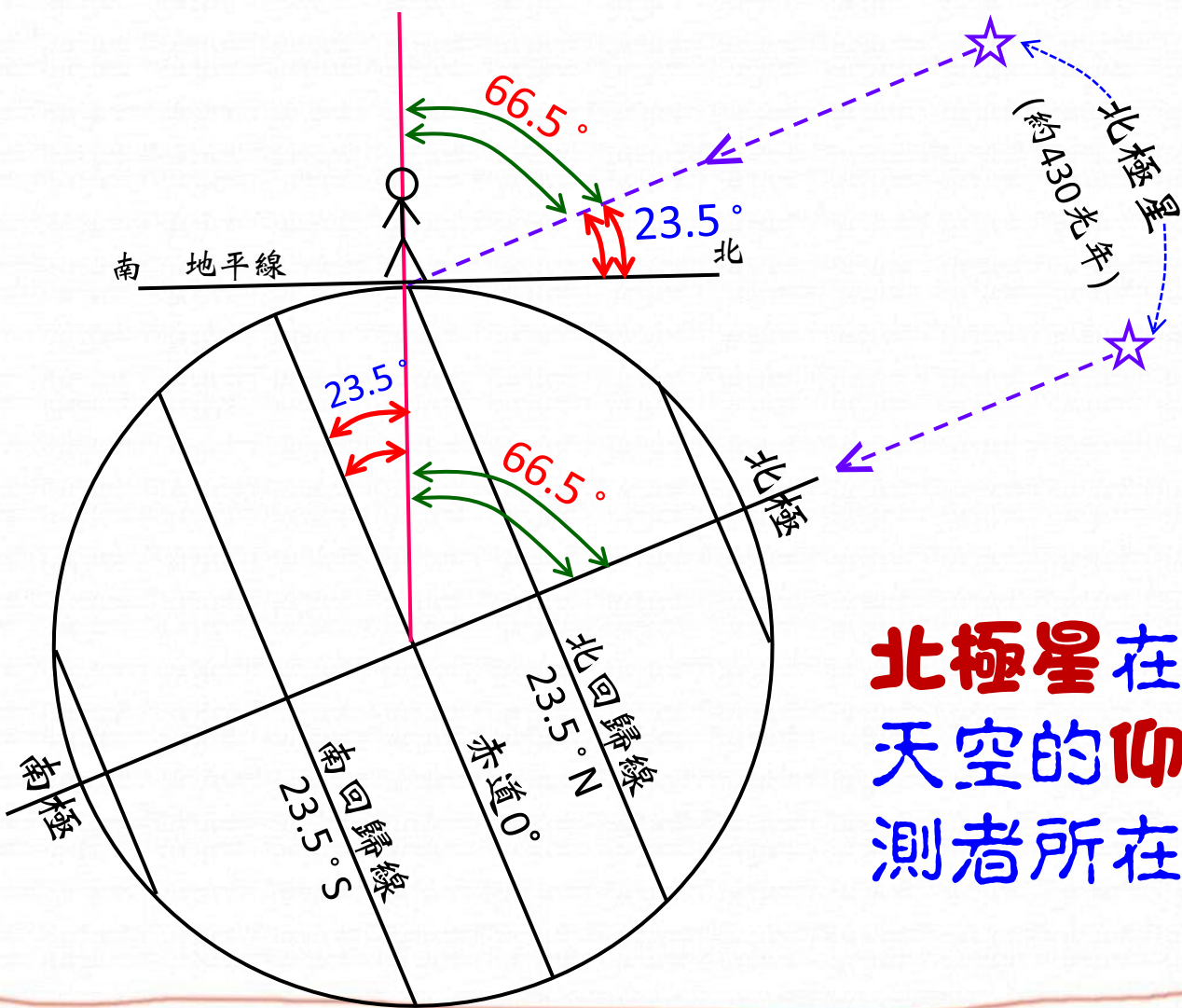
- ◆ 會考當天的正午，太陽在 DE 之間。
- ◆ 冬至日出時，觀測者的影子偏向 西偏北 的方向。
- ◆ 觀測者的影子偏向東偏南的方向，當天可能是 夏至 的 日落 時刻。



換個方向，由西向東看



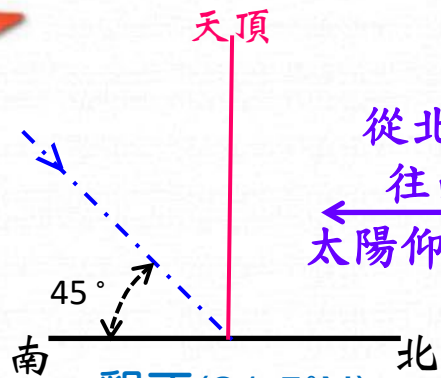
【補充】



北極星在正北方
天空的**仰角** = 觀
測者所在**緯度**

仰角 = 90° - 觀測者和直射地的"緯度差"

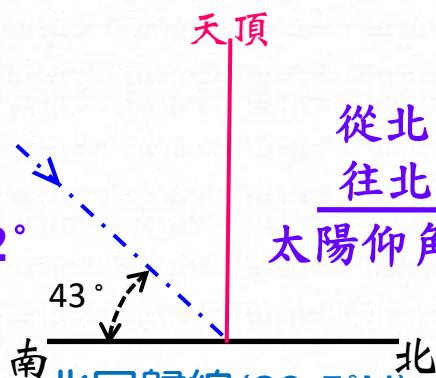
【補充】



墾丁(21.5°N)
 冬至正午太陽仰角
 $= 90^\circ - (21.5^\circ + 23.5^\circ)$
 $= 45^\circ$

春、秋分正午太陽仰角
 $= 90^\circ - 21.5^\circ$
 $= 68.5^\circ$

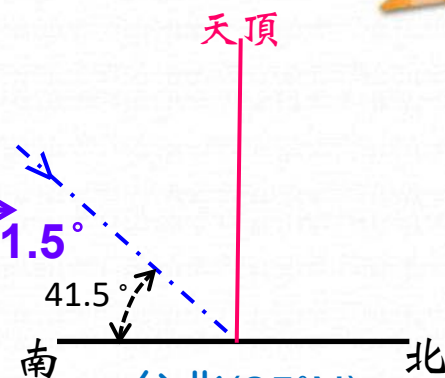
夏至正午太陽仰角
 $= 90^\circ - (23.5^\circ - 21.5^\circ)$
 $= 88^\circ$ (偏北)



北回歸線(23.5°N)
 冬至正午太陽仰角
 $= 90^\circ - (23.5^\circ + 23.5^\circ)$
 $= 43^\circ$

春、秋分正午太陽仰角
 $= 90^\circ - 23.5^\circ$
 $= 66.5^\circ$

夏至正午太陽仰角
 $= 90^\circ - 0^\circ$
 $= 90^\circ$



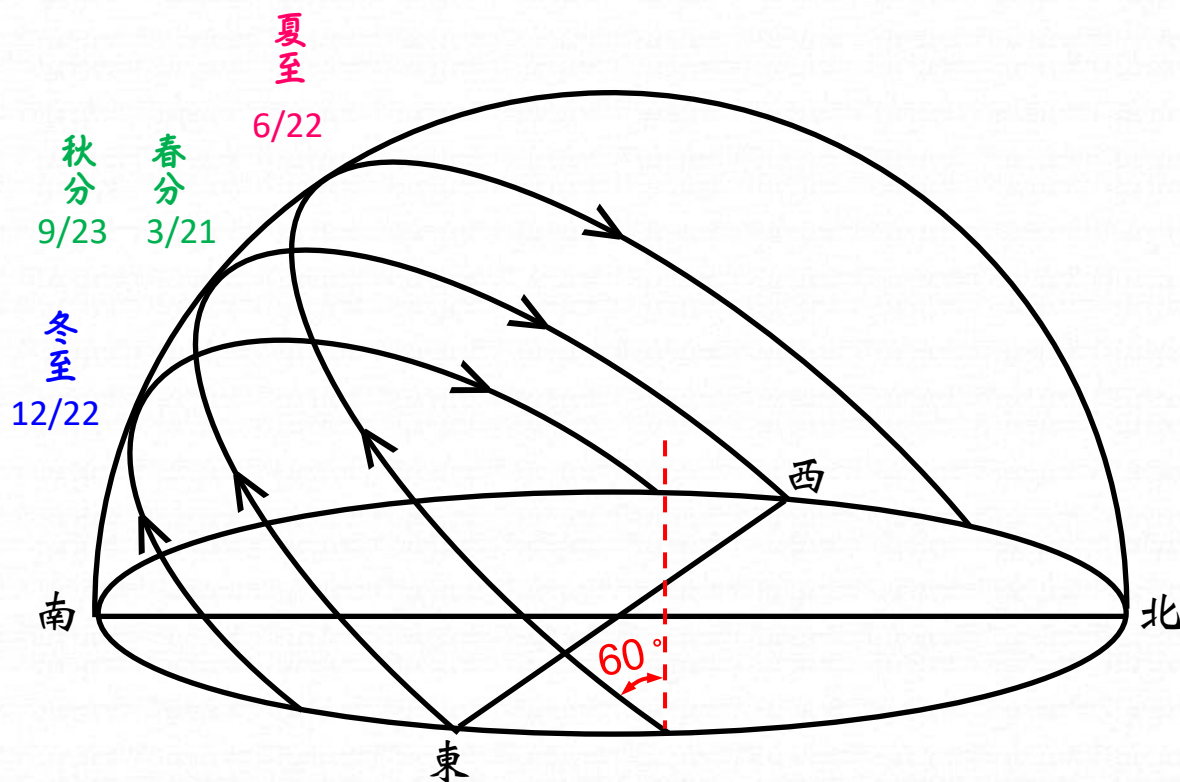
台北(25°N)
 冬至正午太陽仰角
 $= 90^\circ - (25^\circ + 23.5^\circ)$
 $= 41.5^\circ$

春、秋分正午太陽仰角
 $= 90^\circ - 25^\circ$
 $= 65^\circ$

夏至正午太陽仰角
 $= 90^\circ - (25^\circ - 23.5^\circ)$
 $= 88.5^\circ$ (偏南)

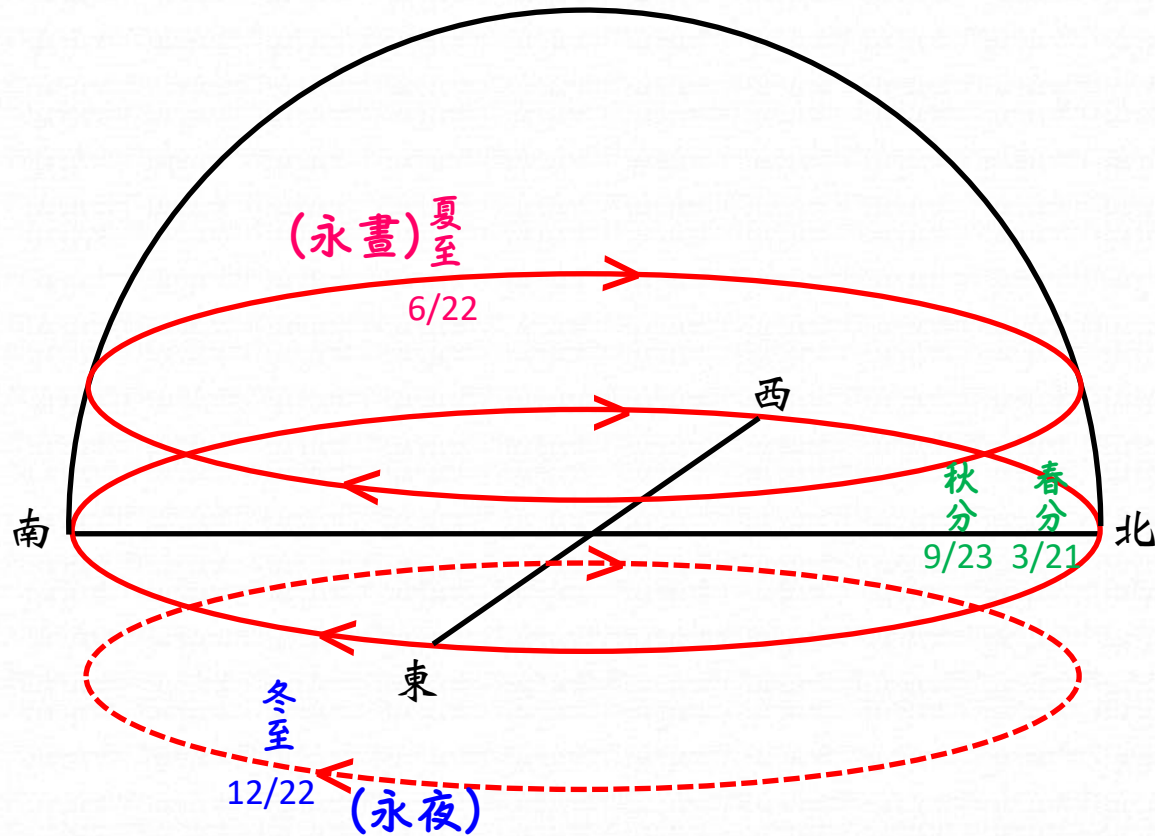
北緯60°地區四大節氣的太陽軌跡

【補充】



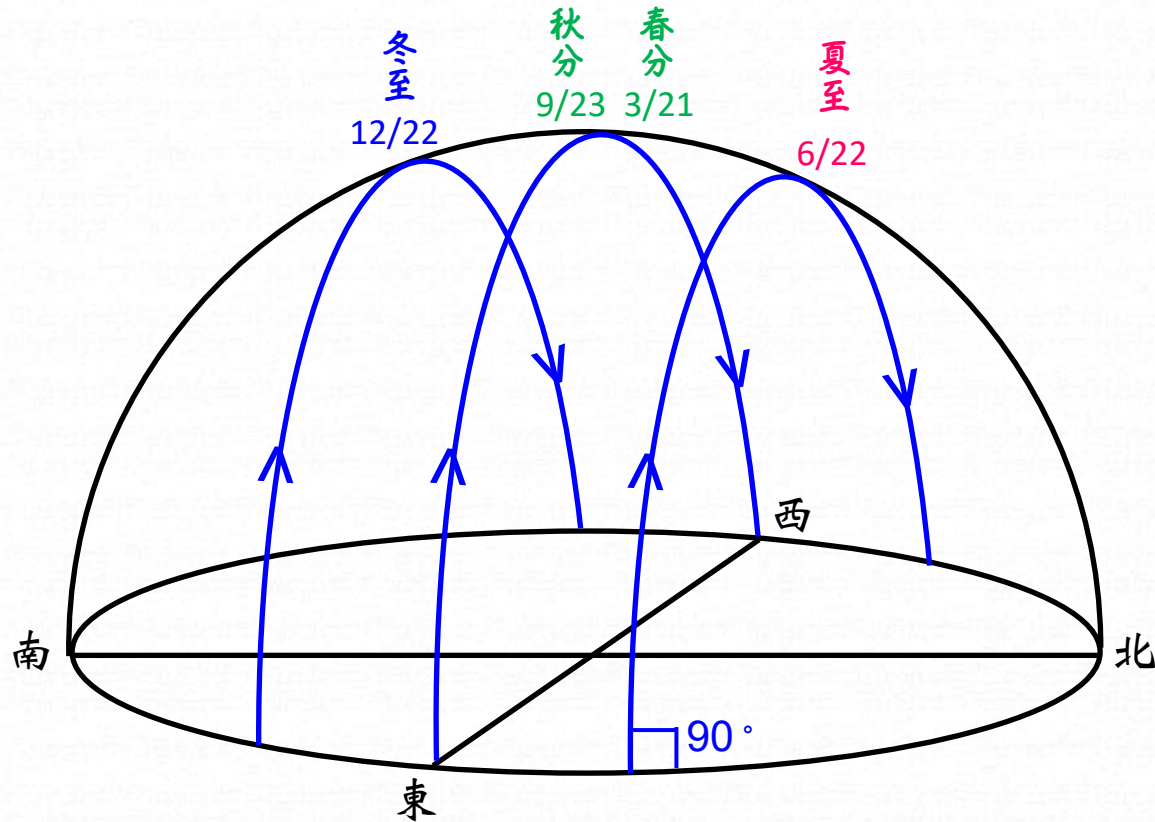
北極點四大節氣的太陽軌跡

【補充】



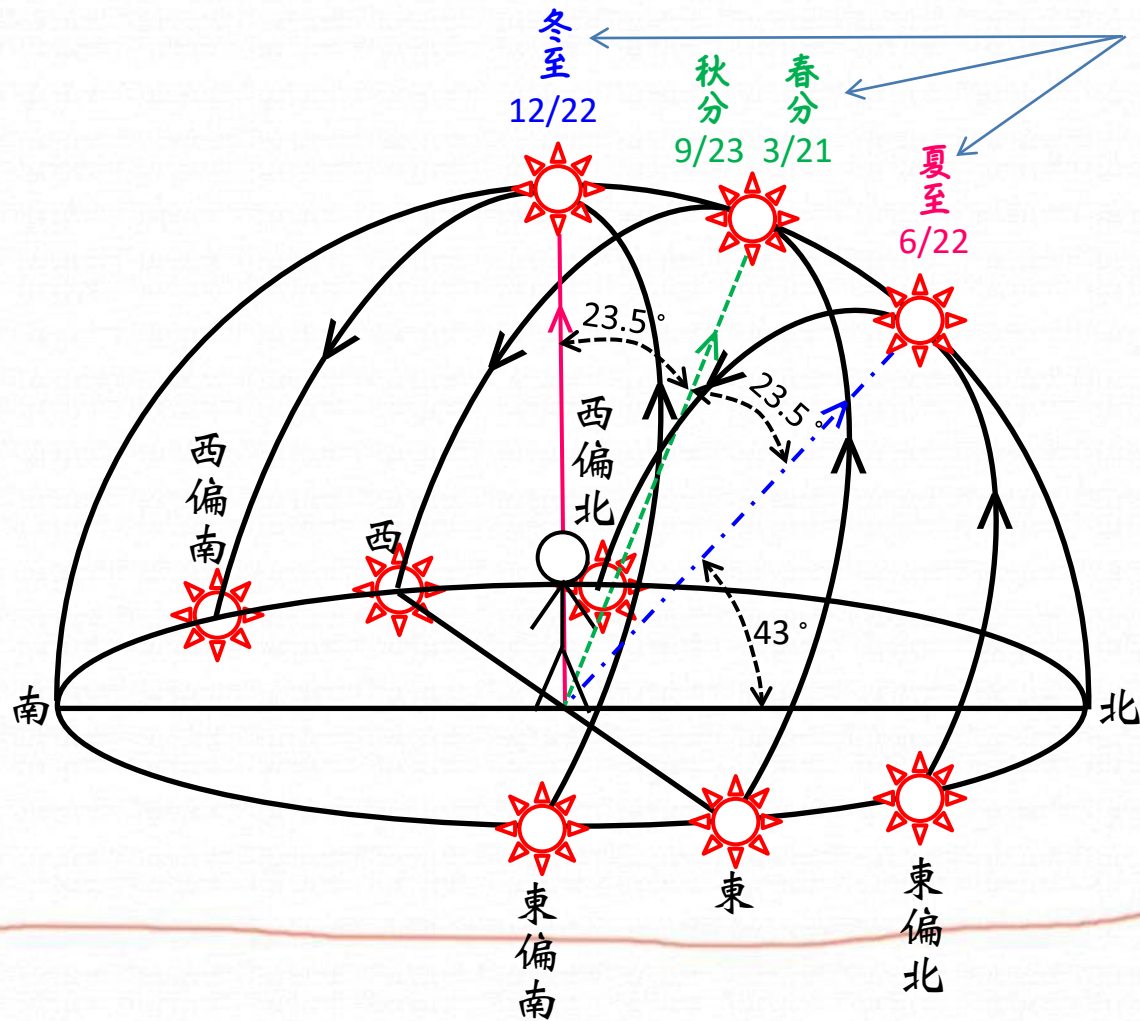
赤道地區四大節氣的太陽軌跡

【補充】



南回歸線(23.5°S)的太陽軌跡(偏北)

四大節氣依北半球為準



【補充】

7-3 日地月相對運動

月球的起源

【補充】

撞擊說：地球誕生後不久，遭受另一顆約有火星大小的行星（堤亞星）撞擊，碎片受地球引力牽引，散布圍繞在地球四周，最後再吸積形成月球。

※最早還有「捕獲說」、「孿生說」、「分裂說」等理論，但都一一被推翻。

■ 月球一直以同一面面對地球

是因為「月球公轉週期」和「月球自轉週期」相同所造成的，學術上稱「潮汐鎖定」。

(正背面照片)

【補充】

【補充】

■ 月球表面構造

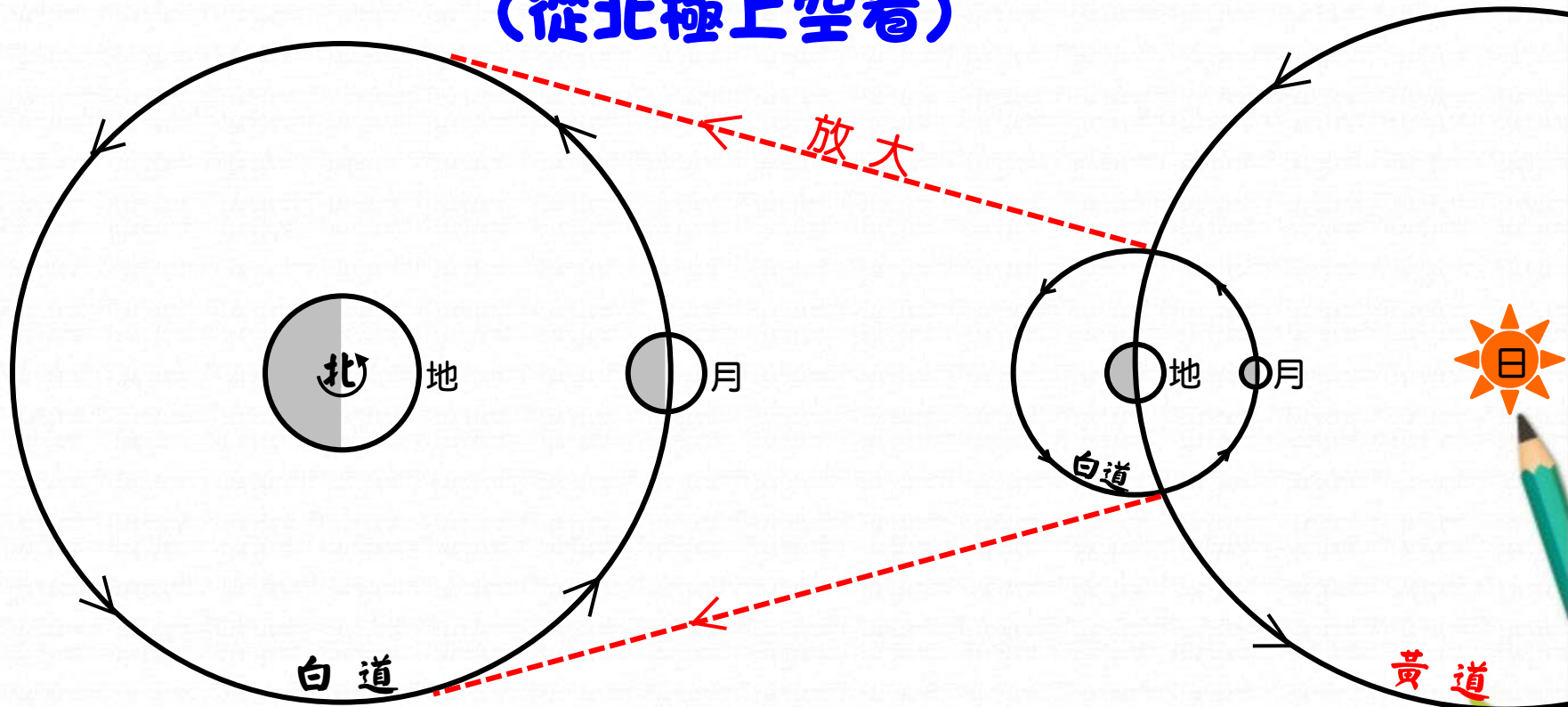
深色區域(平原)→玄武岩
(又稱「月海」)

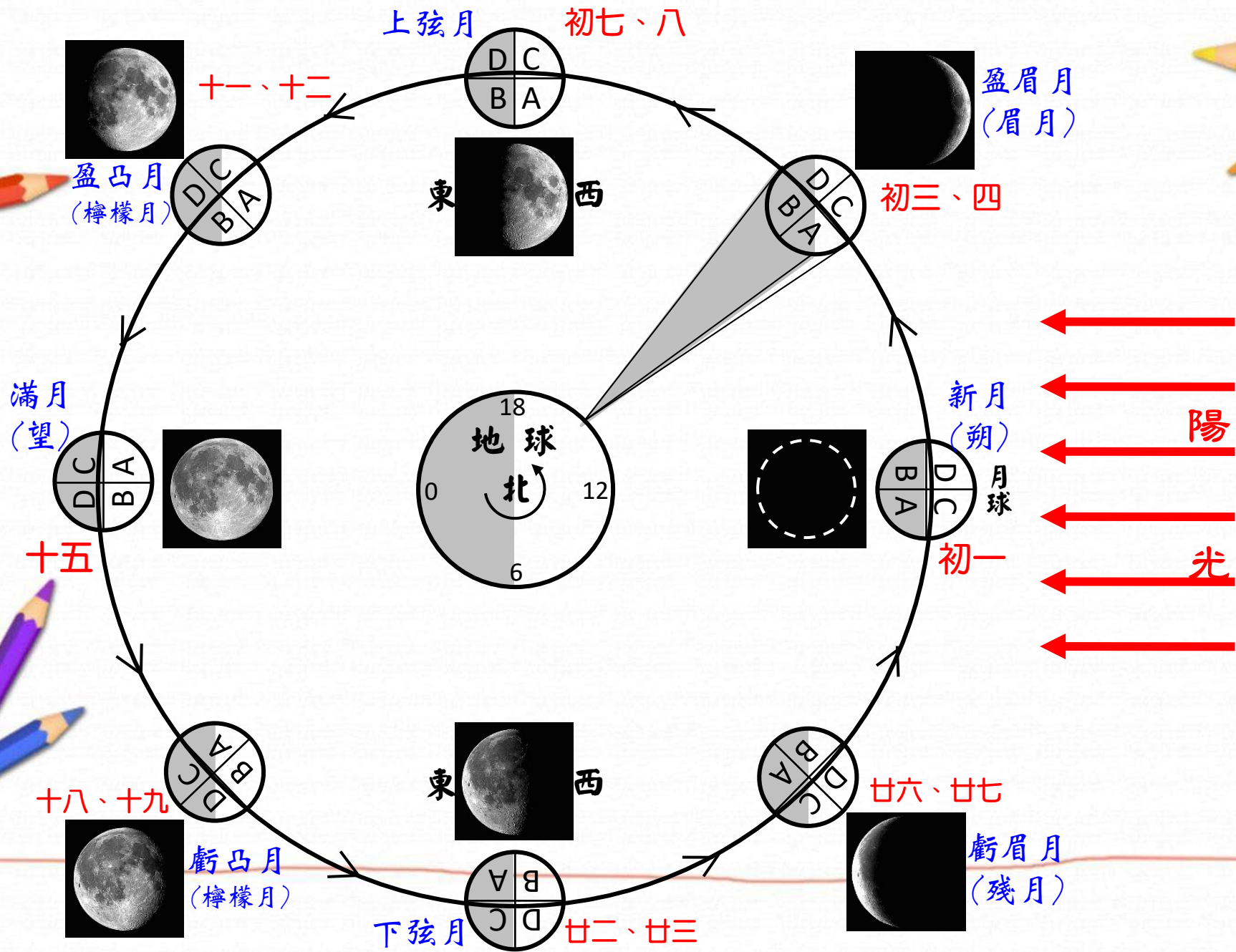
淺色區域(高地)→鈣長石

※嫦娥奔月、玉兔搗藥、吳剛伐桂…等有關月亮的故事，其實都是根據月海的輪廓聯想而得。

月相的判斷

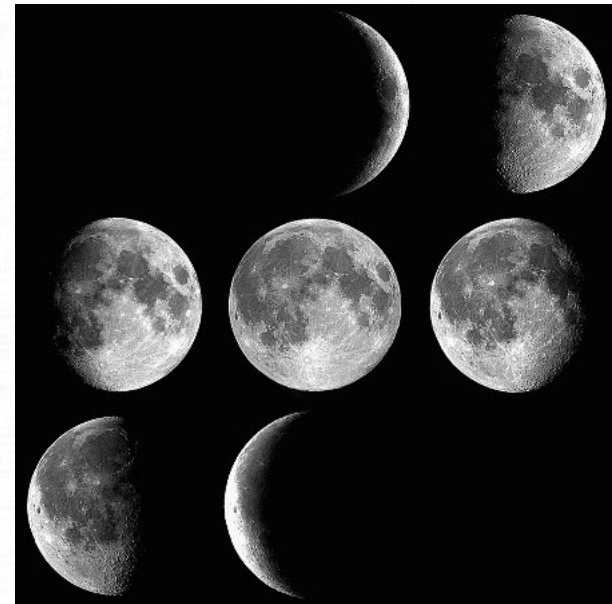
☉、地、月相對位置 (從北極上空看)



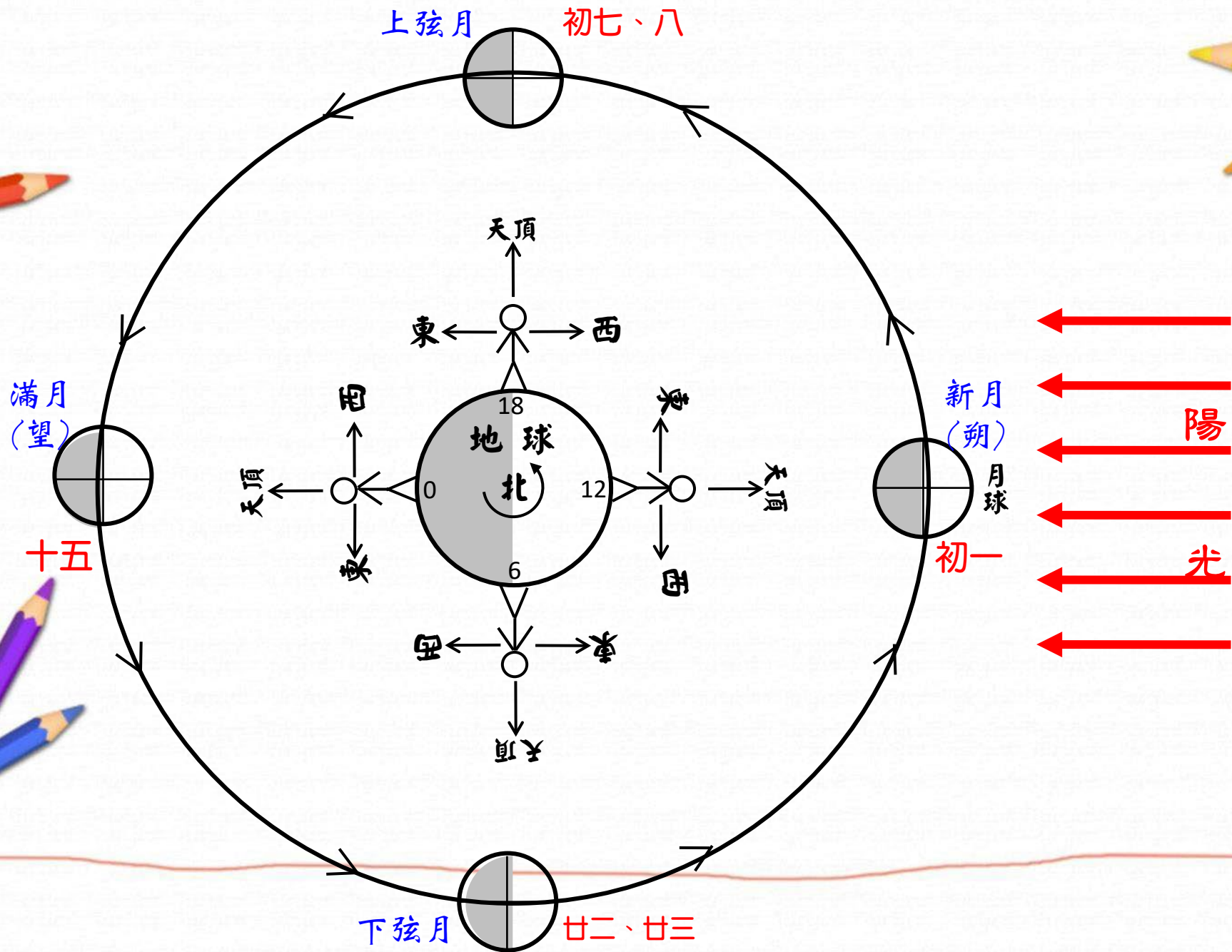


■ 「月相的盈虧變化」是月球和地球的相對位置改變造成的。
(也可以說是「月球公轉」造成的)

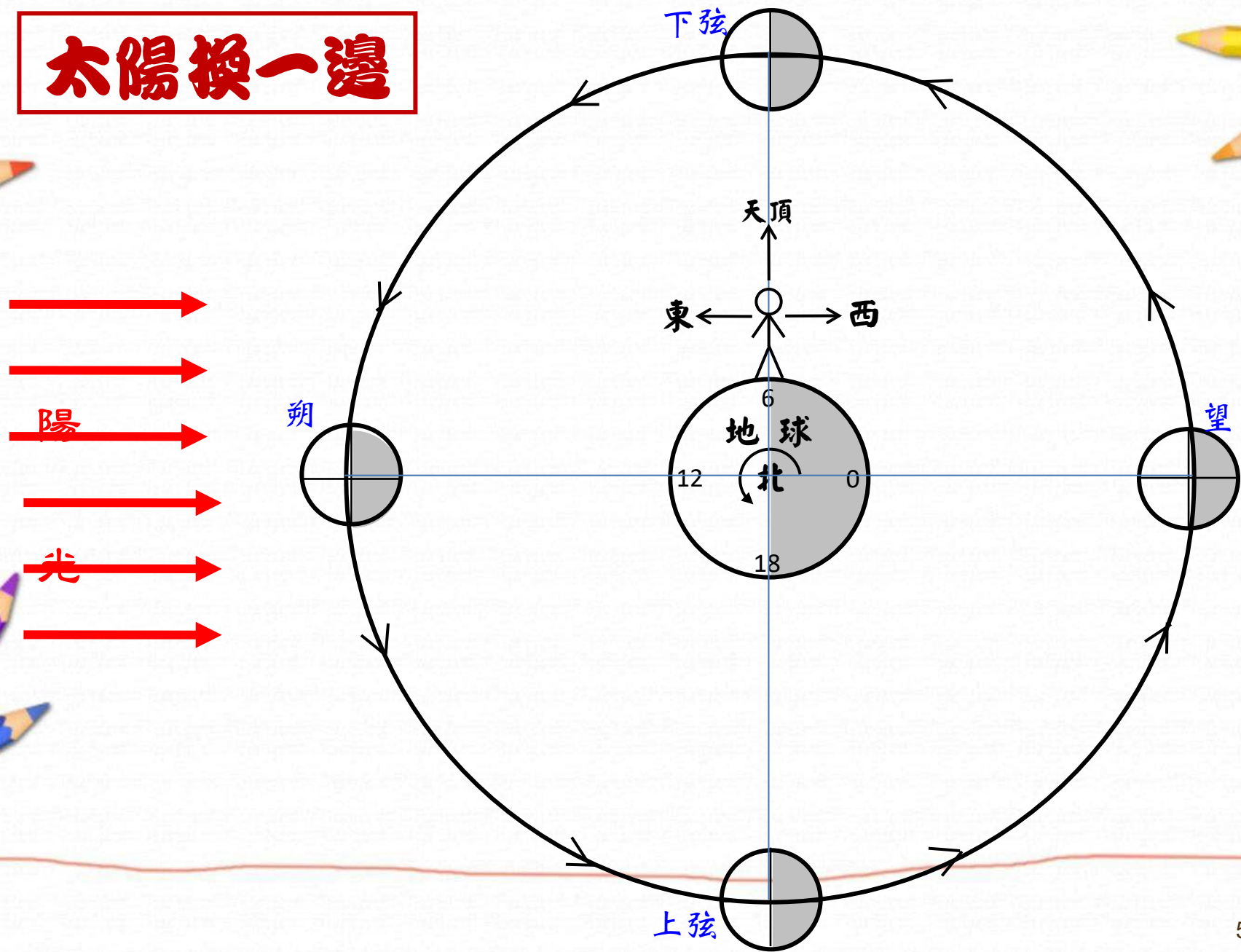
■ 北半球地區，月亮運行的軌跡比較偏南方天空，所以看月亮需面向南方，故右側為西，左側為東。



農曆一個月的月相變化
(由左至右由上而下)



太陽換一邊



訣竅

初一至十五：月亮亮邊朝**西**，適合**黃昏**前後
(朔→望 間) 觀測。

十五至次月初一：月亮亮邊朝**東**，適合**清晨**
(望→次月朔 間) 前後觀測。



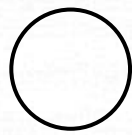
以上是農曆一個月看見的五種月亮形狀，請從月初到月末排列出順序？

解答：

東



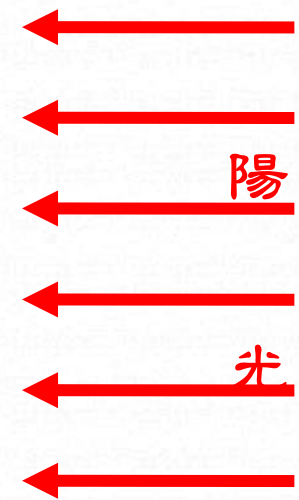
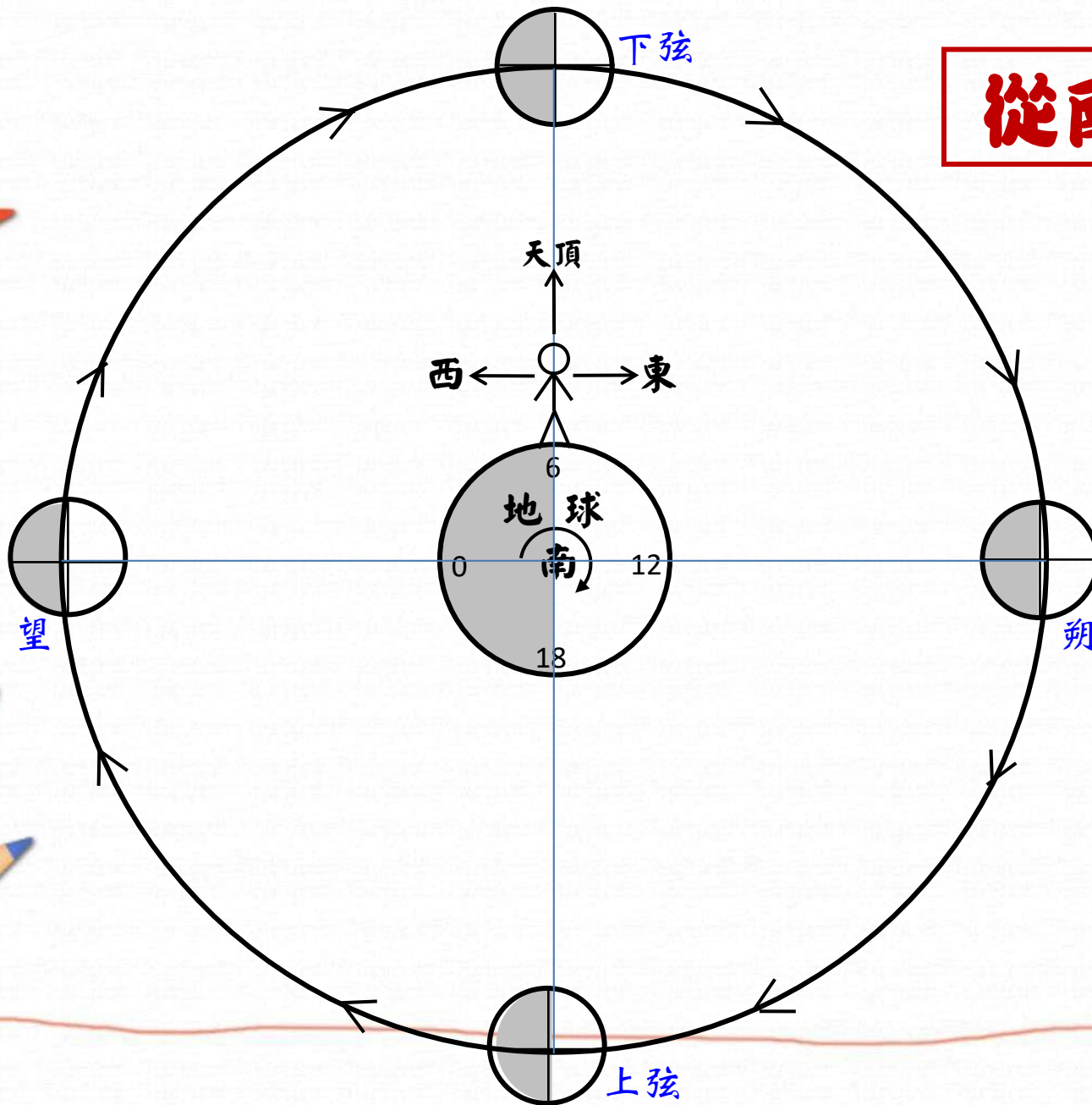
月初



月末

西

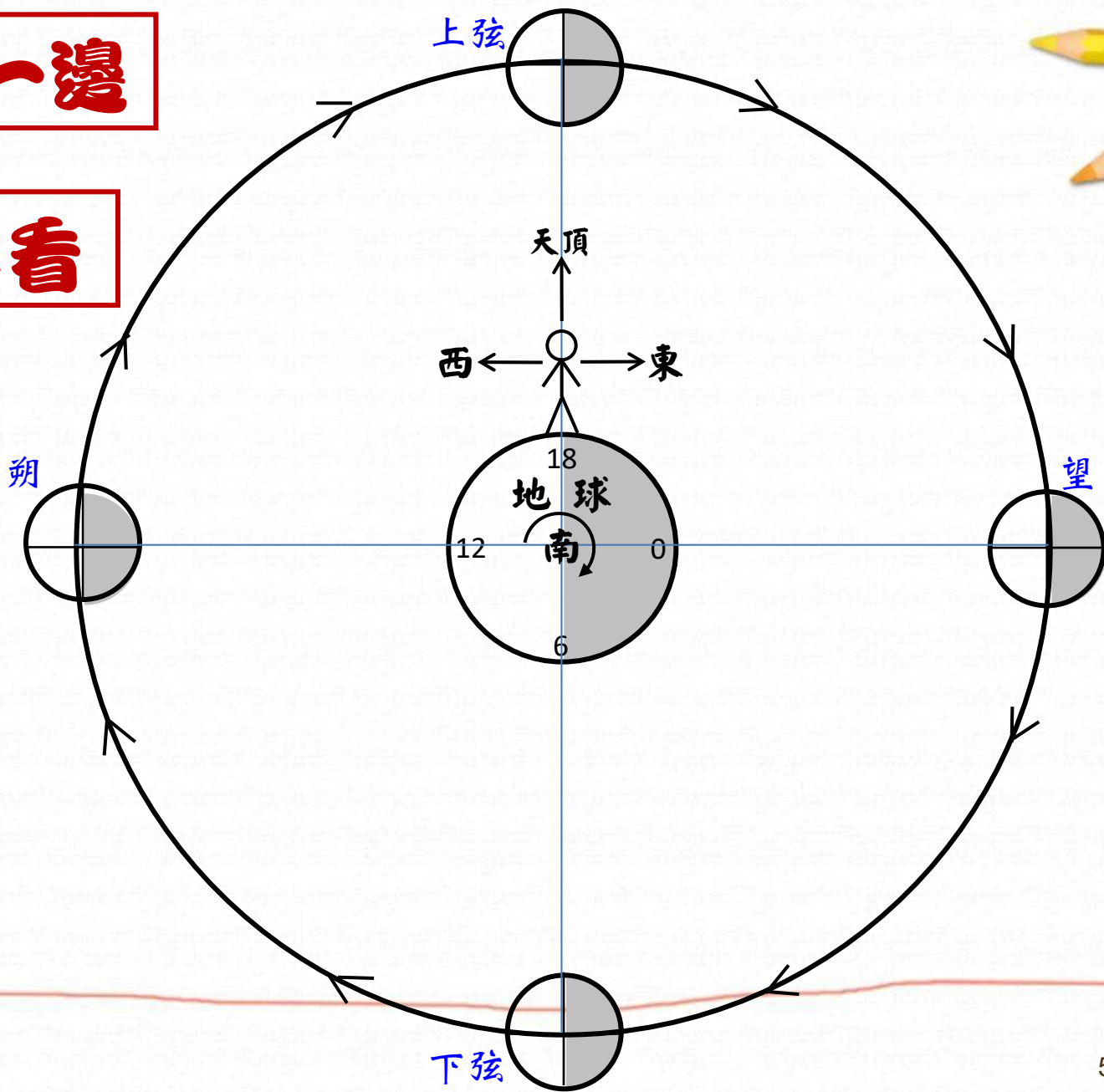
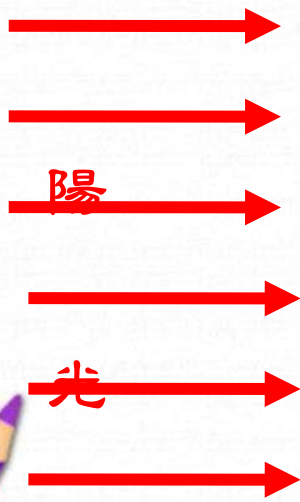
從南極看



太陽換一邊

+

從南極看



判斷月相三要素

① 何月 (何日) ?

【哪個月亮 (農曆哪一天) ?】

② 何時 (何人) ?

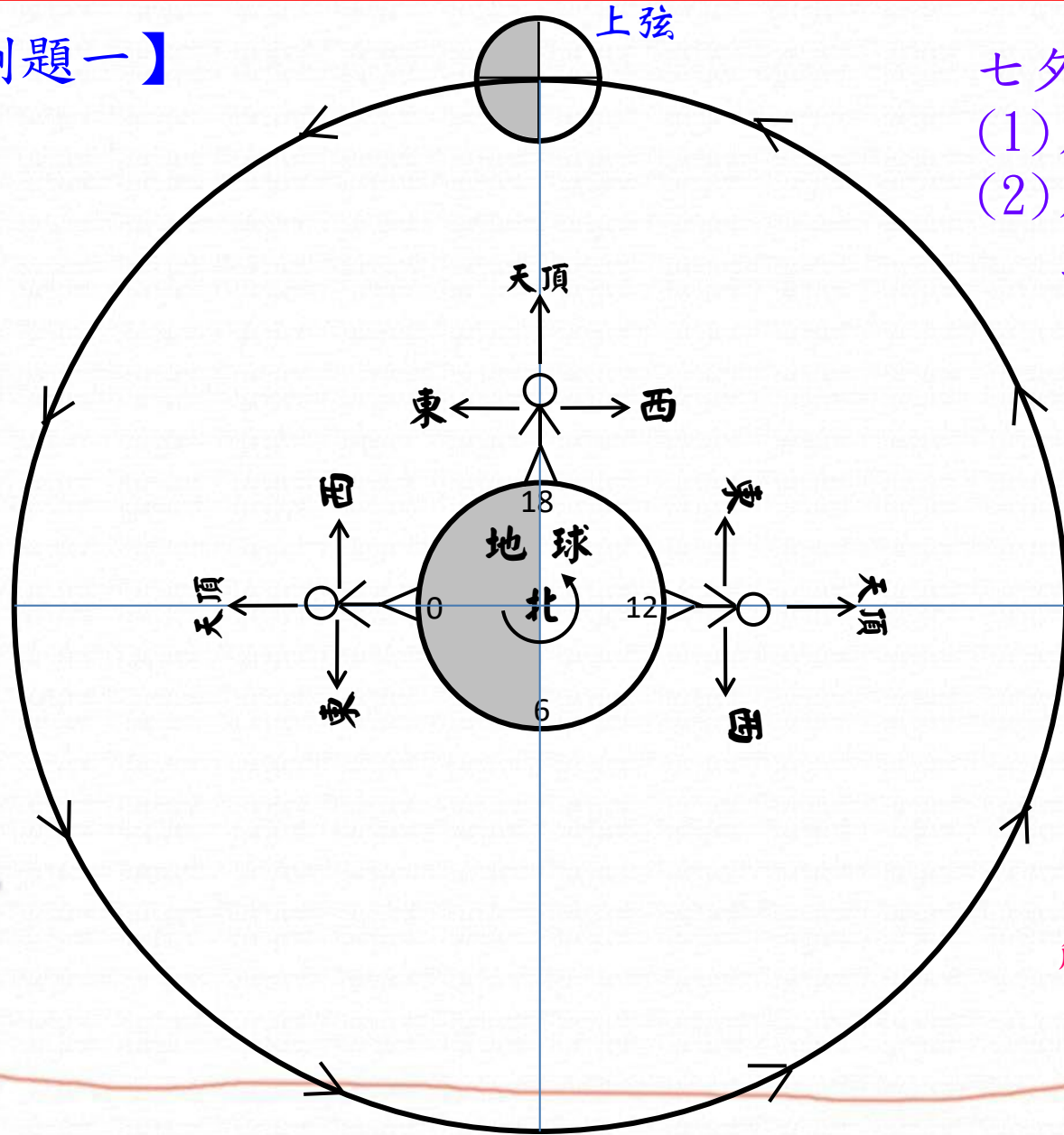
【哪個時間 (哪個觀測者) ?】

③ 何方位 ?

【哪個方位 ?】

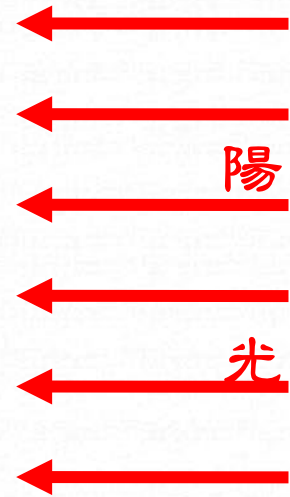
考題敘述中必定包含其中任兩項要素
作為線索，第三要素則為需求出的解


【例題一】



七夕情人節當天：

- (1) 月亮形狀為何？
- (2) 月亮約何時出現在頭頂？(天空一半偏南)

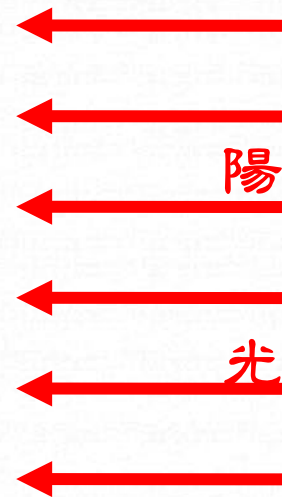
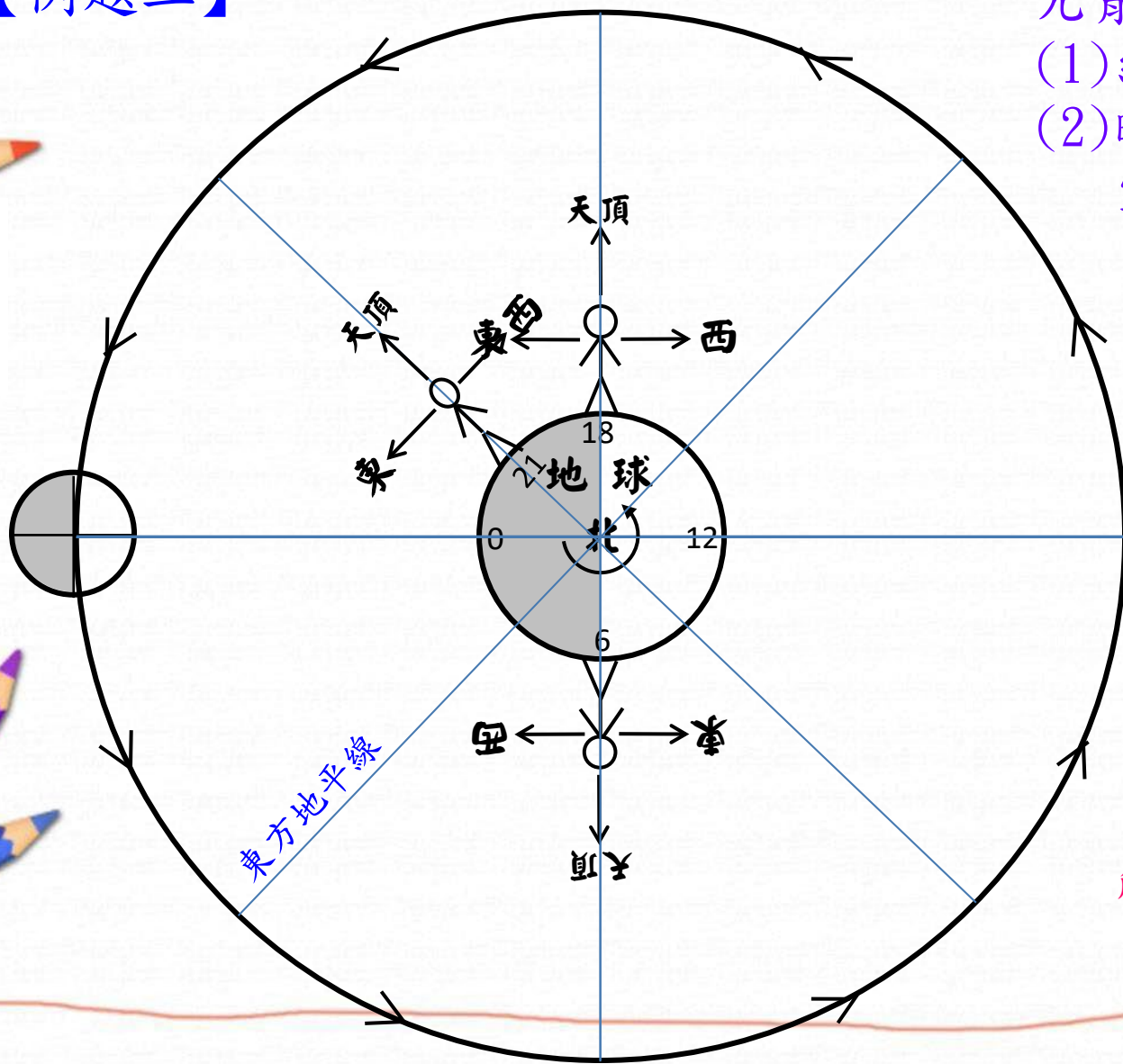


解答：(1) 
 (2) 18時

【例題二】

元宵節月亮：

- (1) 約何時升起？
- (2) 晚上9點月亮在天空何方？



解答：(1) 18時
(2) 東方仰角 45°
天空

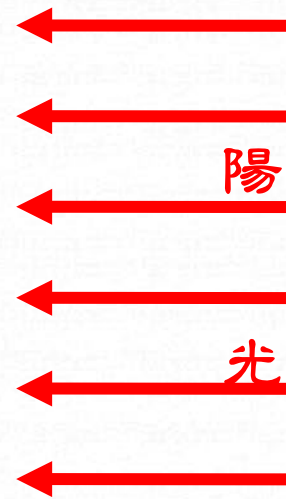
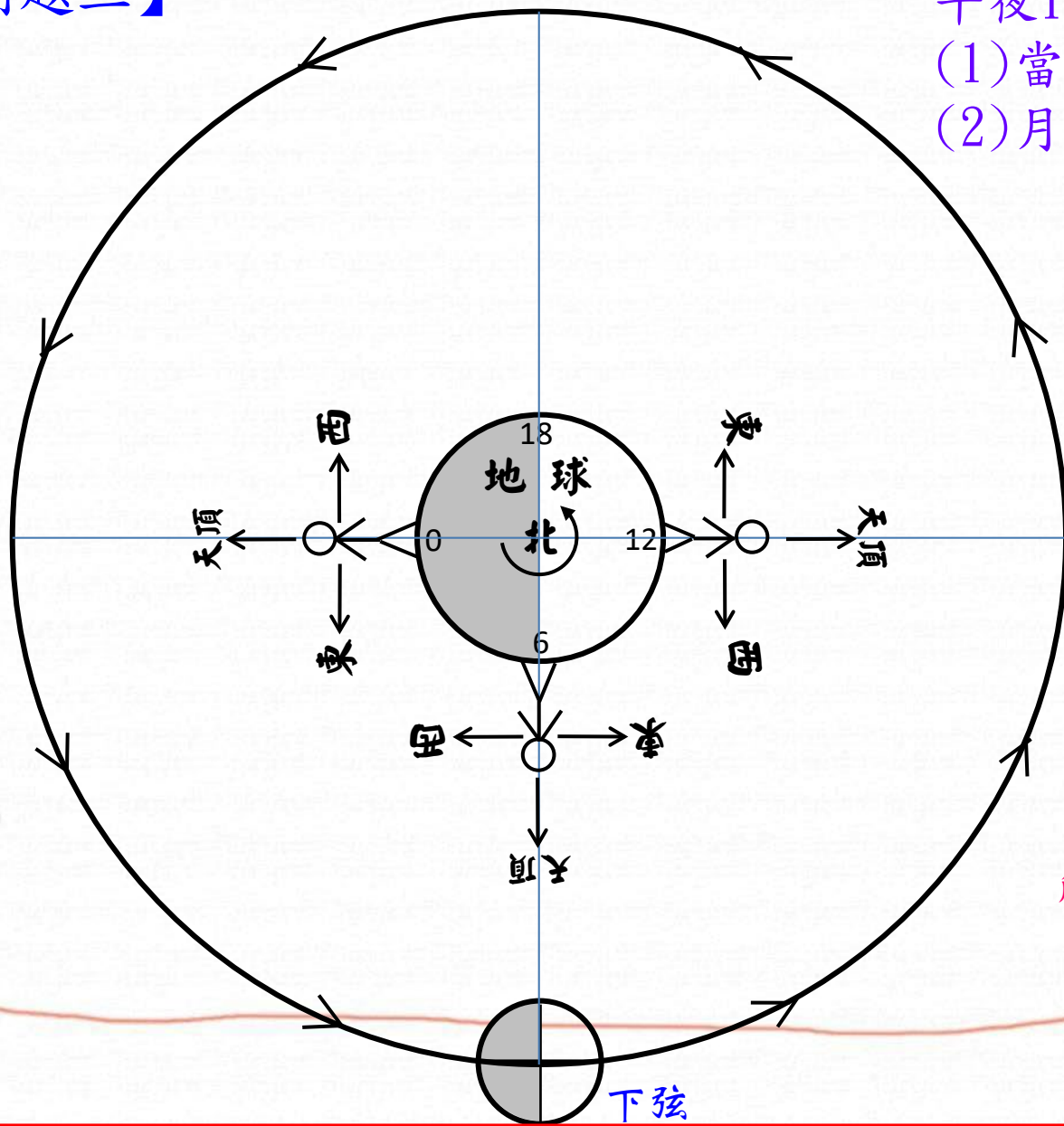
【例題三】

午夜12時看見月亮升起：

(1) 當天約農曆何日？

(2) 月亮約何時西沉？

【補充】



解答：(1) 22、23日(下弦)

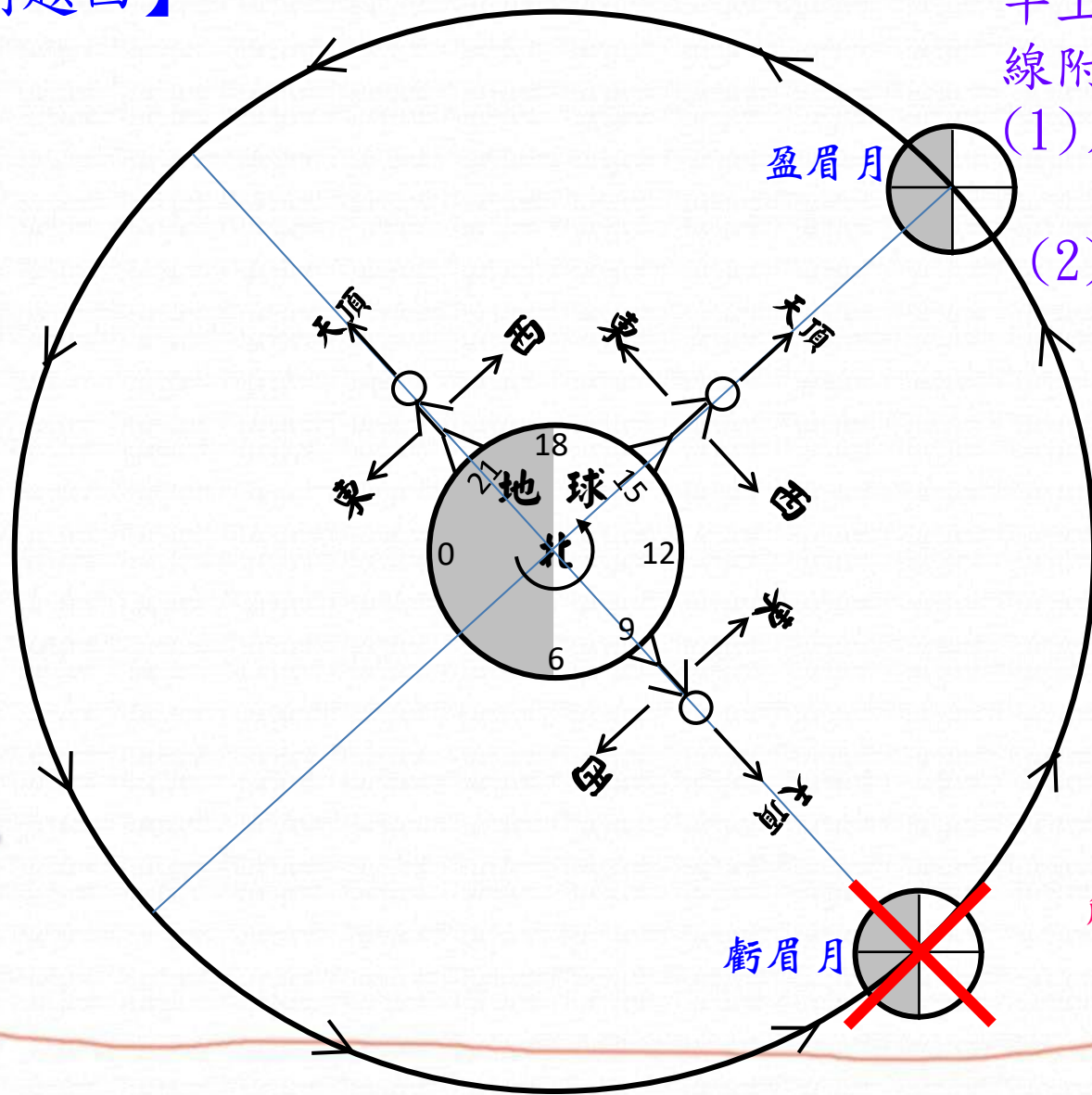
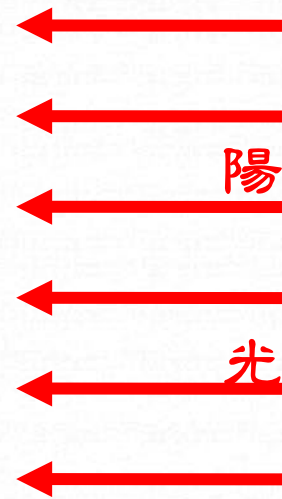
(2) 中午12時


【例題四】

早上9時看見眉月在地平線附近：

(1) 月亮是要東升還是西沉？

(2) 當天約農曆何日？



解答：(1) 東升， 
 (2) 初三、四
 (盈眉月)

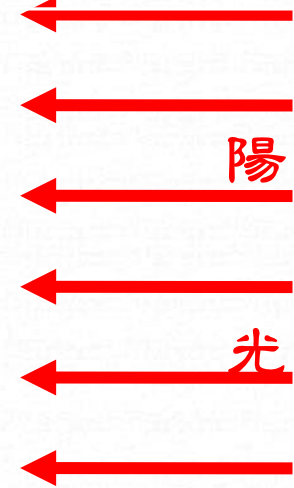
【補充】

【例題五】



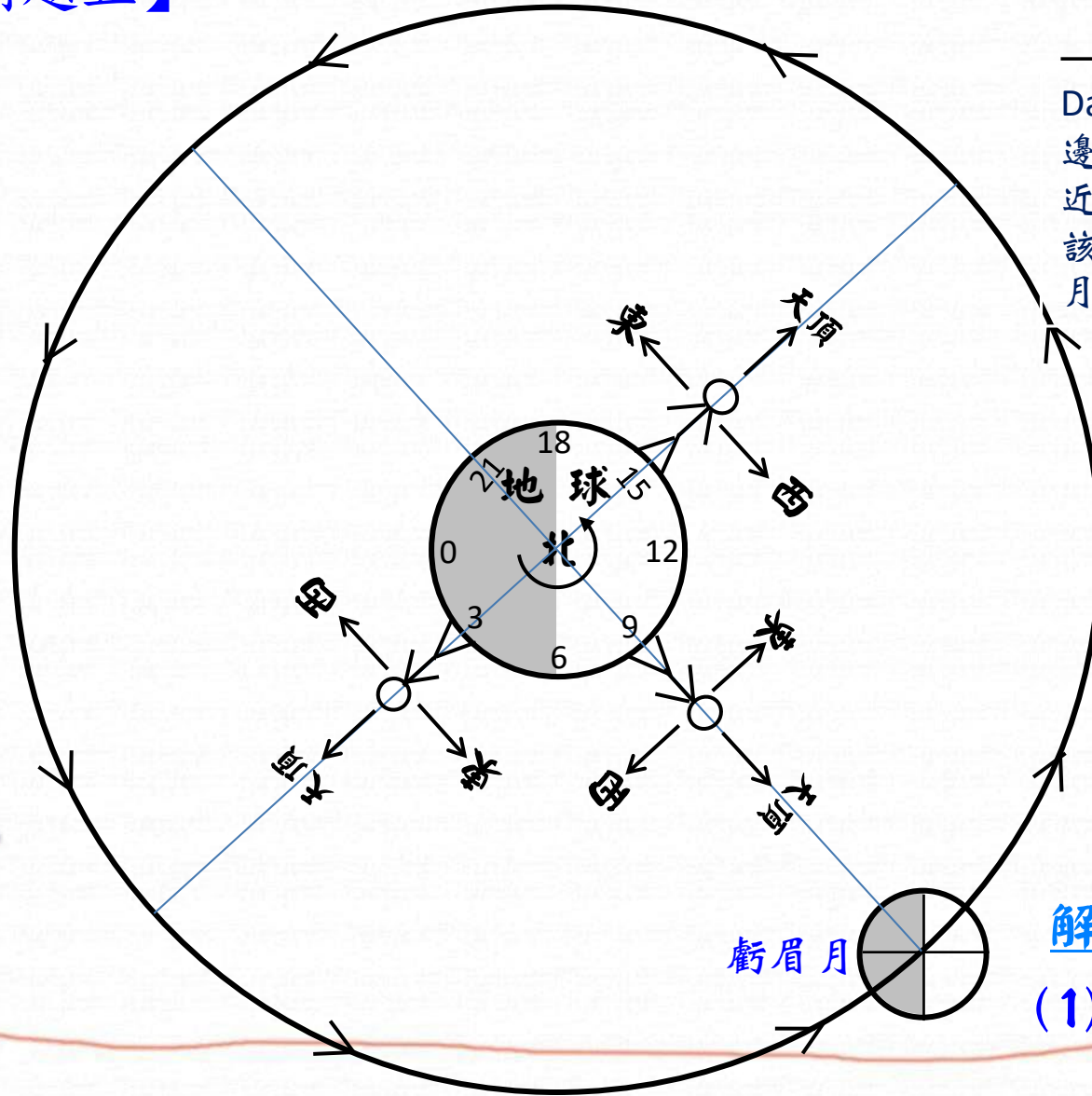
地平線

David到東部旅遊，在花蓮的海邊遠眺海上，看到離地平線很近的眉月(如上圖)，依此判斷該月亮為農曆月初或月末的眉月？約何時觀測？



陽

光



虧眉月

解答：

(1) 月末 (2) 約凌晨3~5點

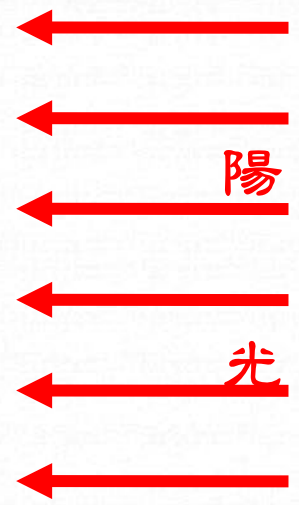
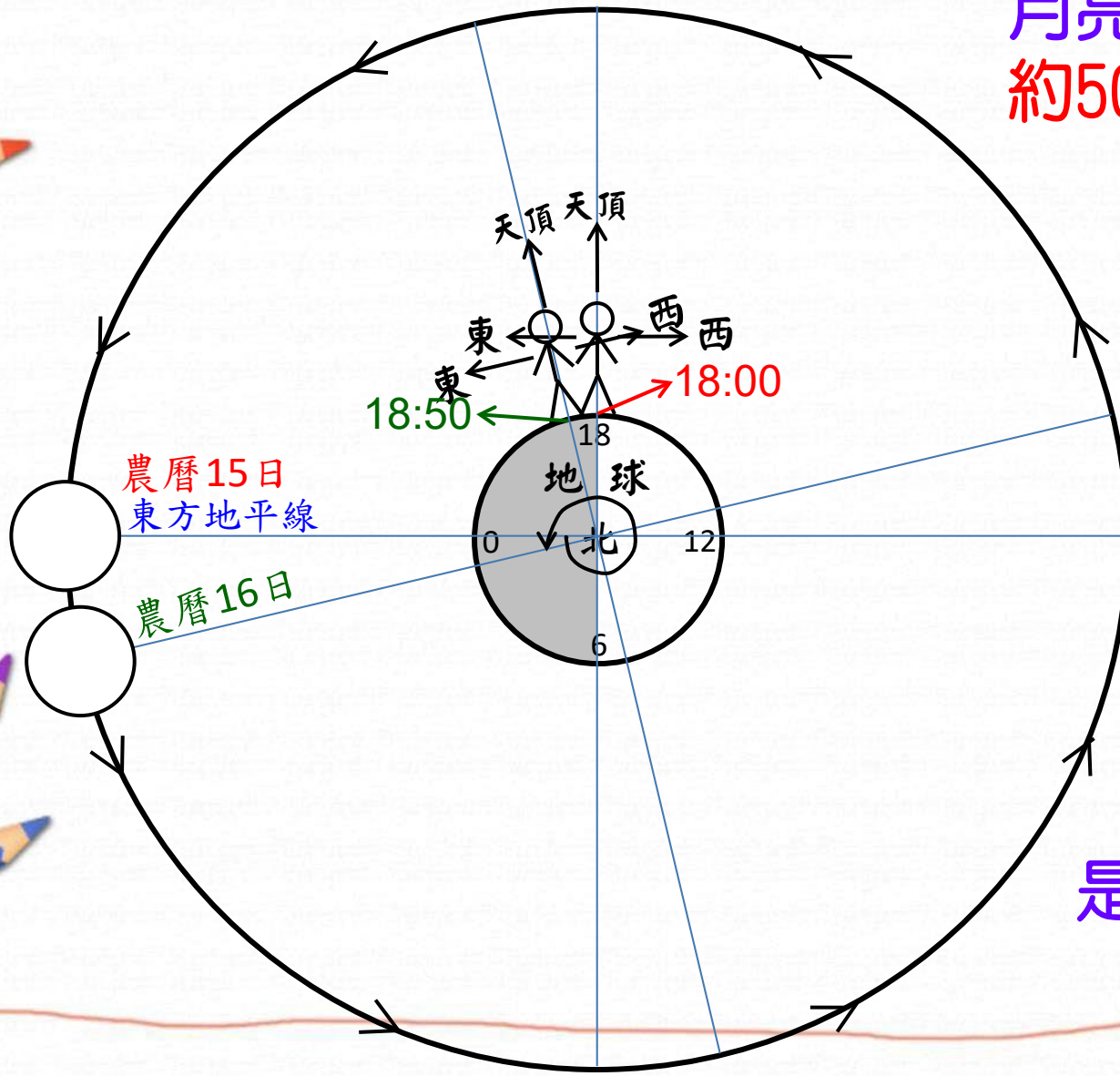
【補充】



■ 「月亮每天延遲約50分鐘升起」
(or 出現在天空同一位置每天
比前一天晚約50分鐘) 是「月球
公轉」造成的。

■ 我們實際過的農曆月稱為「朔望月」
，即29.53天，比月球公轉地球一圈的
週期27.3天多了2.23天(即農曆一個月
>月球公轉週期)，這是「地球公轉」
造成的(農曆大月30天，小月29天)。

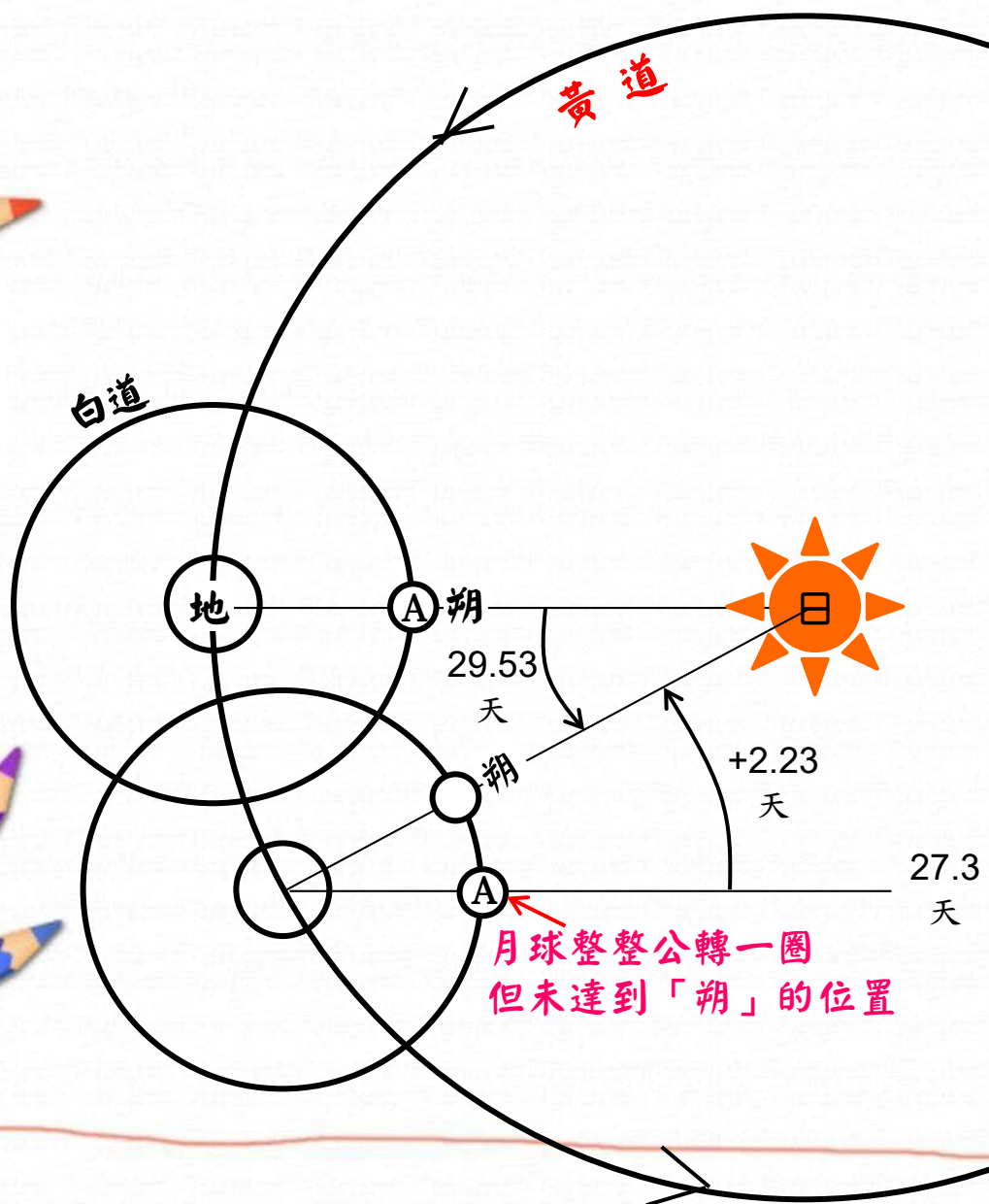
月亮每天延遲
約50分鐘升起



是「月球公轉」
造成的

【補充】

【補充】



「朔望月」
朔到次月朔 or
望到次月望 之間
稱為一個「朔望
月」，即**29.53天**
。
這是月球公轉的
同時「地球本身
也有公轉」造成
的現象。

日食、月食

本影

遮蔽物完全擋住光源的影區，因無光線進入，影子全黑，站在本影區裡完全看不到光源。

半影

遮蔽物只擋住部分光源的影區，因仍有光線進入，影子半黑，站在半影區裡仍可看到部分光源。



點光源只會產生本影



非點光源會同時產生本影和半影

一根蠟燭 (點光源)



完全
看不到光源

本影

两根蠟燭 (非點光源)

甲
乙



看得到甲
看不到乙

半影

完全
看不到甲乙

本影

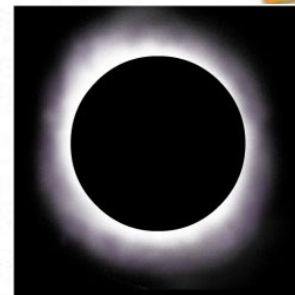
看得到乙
看不到甲

半影

日食

(必發生在朔的白天)

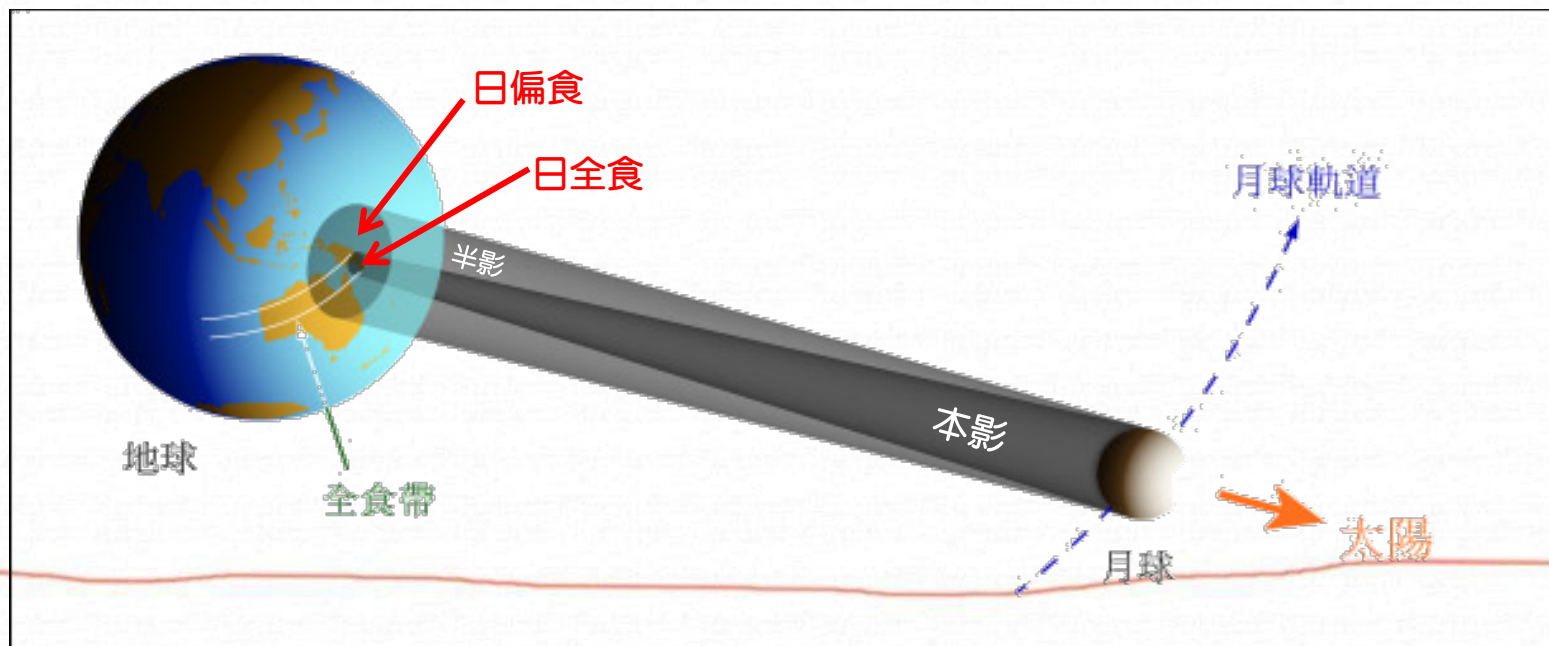
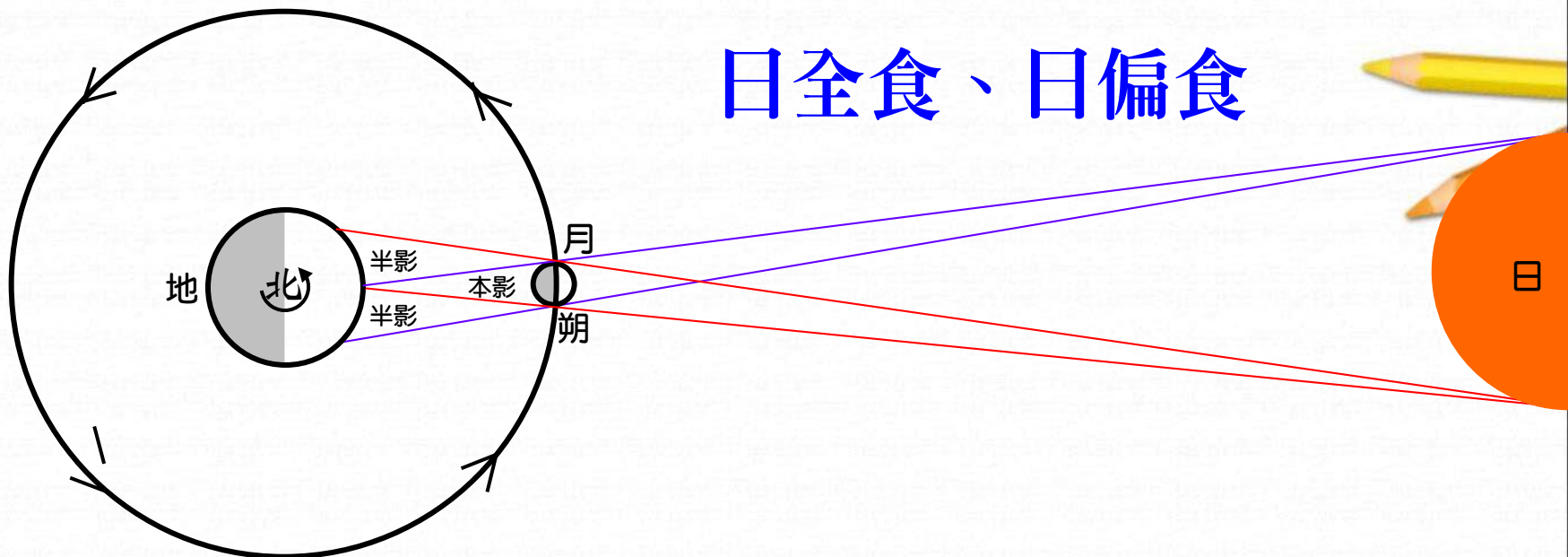
- ① **日全食**：月球視直徑 \geq 太陽視直徑，**月球本影**掃過的地區可看見（範圍很小）。
- ② **日偏食**：凡是**月球半影**掃過的地區皆可見（不分近、遠地點）。越靠近本影區，缺角面積越大。
- ③ **日環食**：月球在**遠地點**時，月球視直徑 $<$ 太陽視直徑，交叉後的**月球偽本影**掃過的地區可見。



※視直徑：在地球上的觀測者看太陽或月亮時的目視直徑

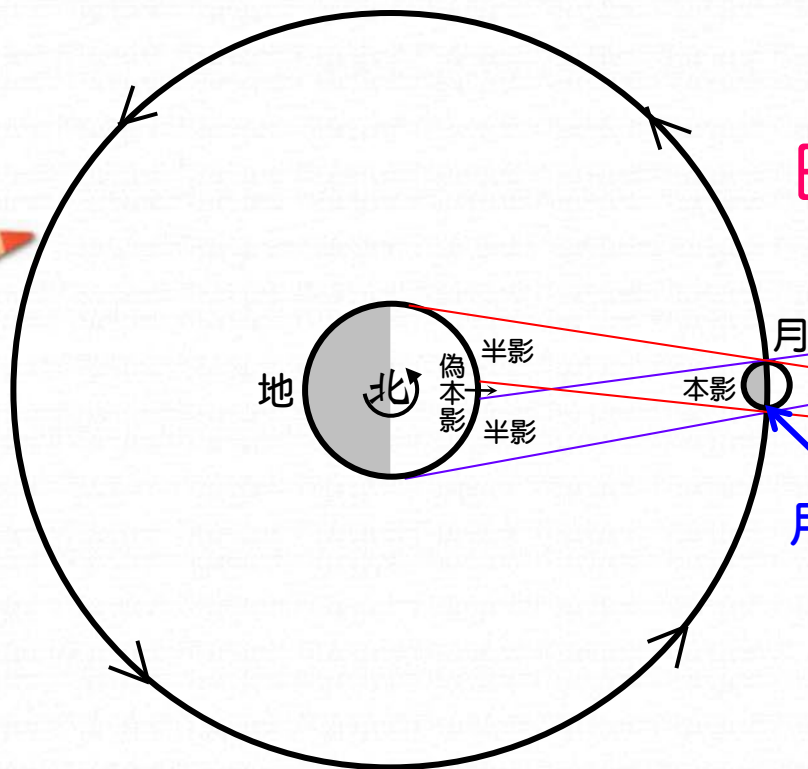


日全食、日偏食

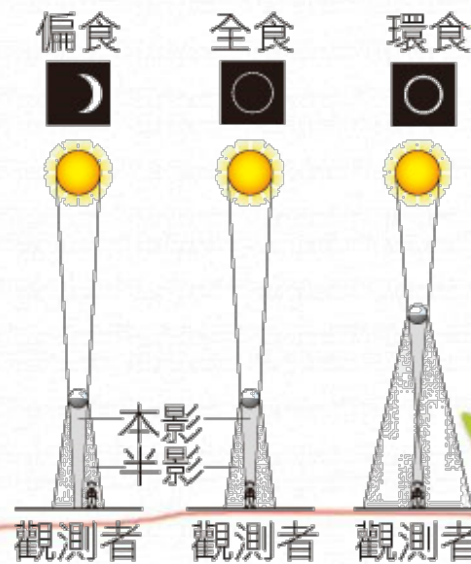
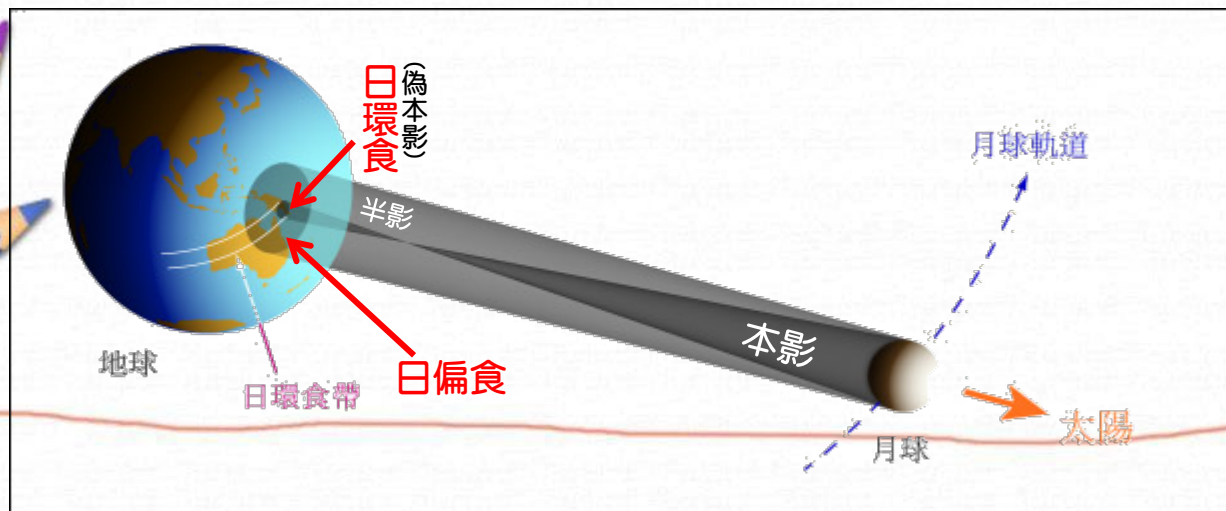


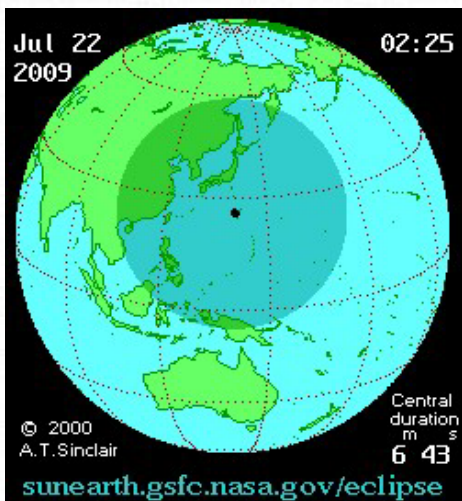
日環食、日偏食

日全食、日環食可能同時發生
但不同地點看得見



月球在「遠地點」





日食年年都會發生，而日全食也是每1~2年就會發生，但是因為月球本影帶（稱為日全食帶）很小，寬度有時只有數十公里，最多也不過二百多公里，使得對一個特定的地點來說，平均3百多年才有機會看到一次日全食。

台灣上一次看到日全食是在1941年9月21日；日環食是在2020年6月21日。

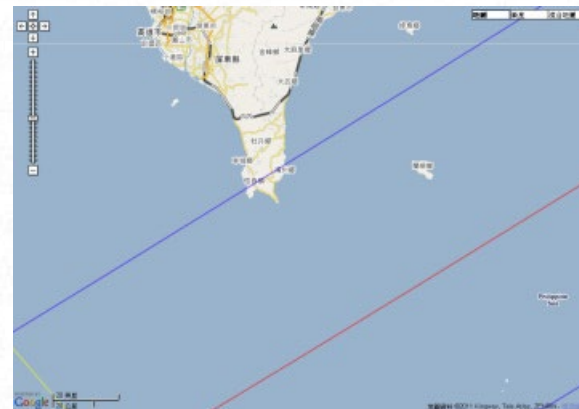
本世紀台灣地區除可見數次日偏食 日環食有兩次，日全食只有一次



日環食
2012年5月21日 06:11



日環食
2020年6月21日 14:46



日全食
2070年4月11日 10:36

觀測日食的方法

觀測日食時絕對不可以用眼睛直視。

●安全的方法：

▶針孔投影

用兩塊板子，其中一塊鑿一個小洞，讓陽光穿過這個小洞投影到另一塊板子上，若要讓太陽的影像大一點，兩板最好距離一公尺以上。

▶望遠鏡投影

類似針孔投影，只是將針孔換成望遠鏡。

▶太陽濾鏡

有望遠鏡或相機專用的太陽濾鏡，以及人們配戴的眼鏡型太陽濾鏡。

▶底片

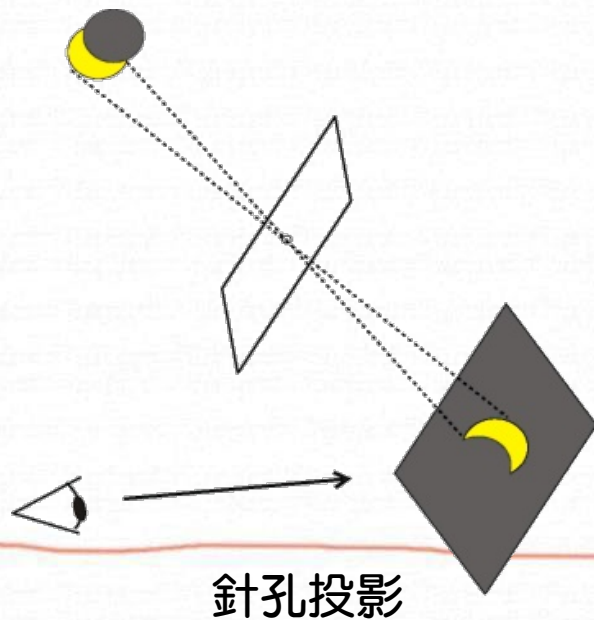
已曝光且未拍攝任何影像的底片，使用時應疊加二到三張底片為宜。

▶光碟片

光碟片上鍍的鋁層不宜太薄。

●不安全的器材：

塗墨汁或燻黑的玻璃片、已有影像的底片、太陽眼鏡。



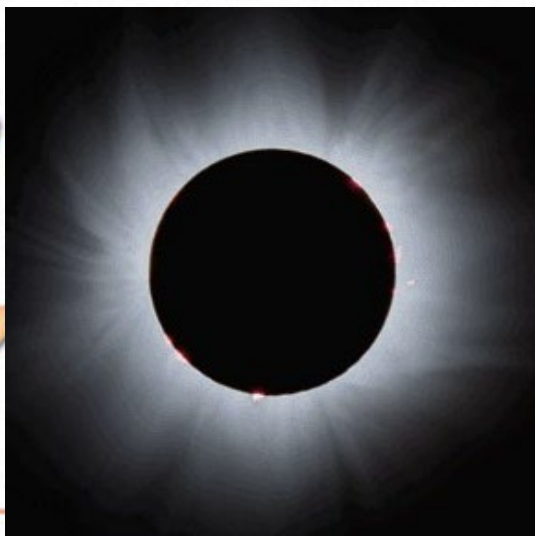
太陽表面重要結構

日冕：日全食時，當月球將太陽球體完全遮掩後，可見到圍繞太陽四周有一片淡白色的暈，就是**日冕**。範圍約有太陽半徑的1.3倍，溫度非常高，約100~200萬K。日冕是非常稀薄的氣體物質，只有在日全食或使用日冕儀時才能觀測。

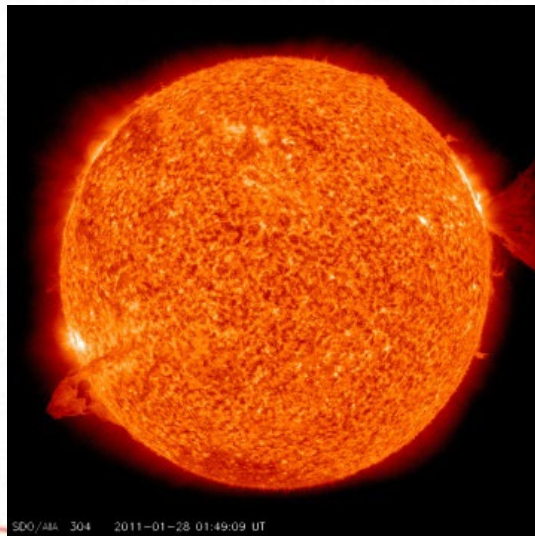
日珥：為巨大的扭曲磁場拖曳著游離的氣體所造成的噴發。

日閃：又稱太陽閃焰，是太陽表面劇烈的噴發，輻射出高能量的太陽風(X-光、紫外線、高速質子電子)，會造成極光和干擾通訊。

太陽黑子：太陽因磁場變化而影響到內部將核融合熱能對流上來的流暢度時，表面溫度從6000K降至4000K左右，亮度變暗，形成黑色斑點(成對出現)。當熱量蓄積至一定程度時造成噴發，即為**日閃**或**日珥**。

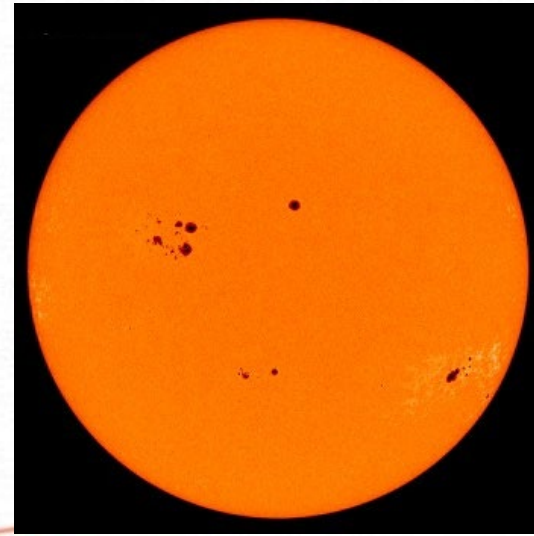


日冕



左下：日珥

右上：日閃(太陽閃焰)



太陽黑子

月食

〔必發生在望的夜晚，在地球
夜間絕大多數的地區都可看見〕



月全食

① 月全食：月亮完全進入地球本影，
月亮變成暗紅色。

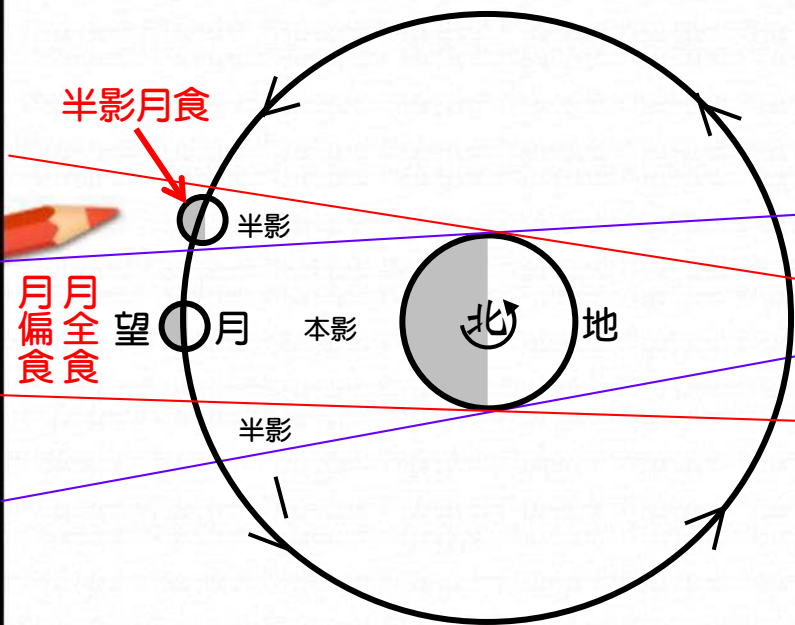
② 月偏食：月亮部份進入地球本影，進入的部份變黑，月亮缺角（類似盈虧變化）。

【補充】③ 半影月食：月亮進入地球半影，看起來仍為滿月，只是稍變暗黃，肉眼無法察覺，需靠望遠鏡分辨。

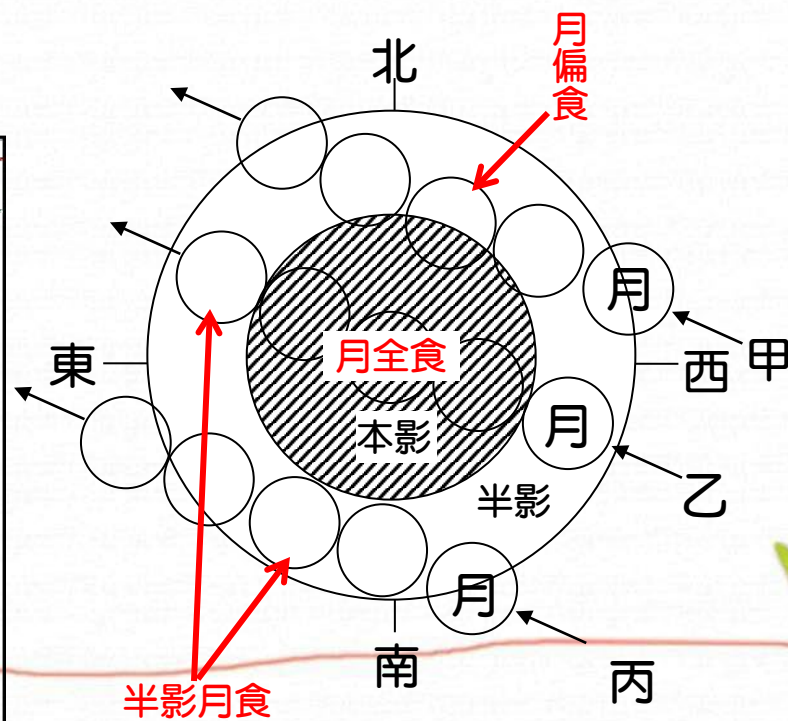
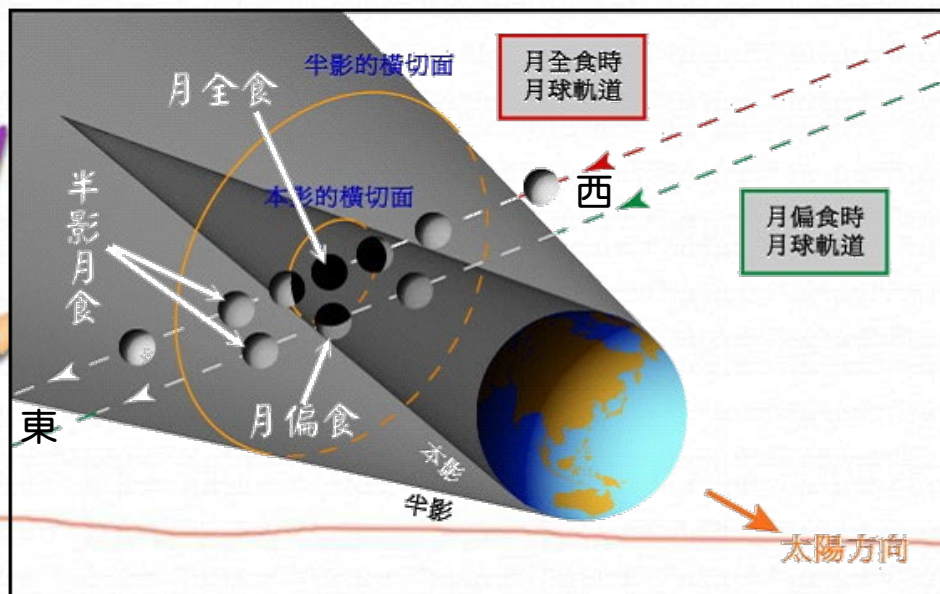
※注意：(1)沒有「月環食」。(2)日食、月食不可能同一天發生。
(3)月偏食是地球本影造成，日偏食則是月球半影造成。



月全食、月偏食 半影月食

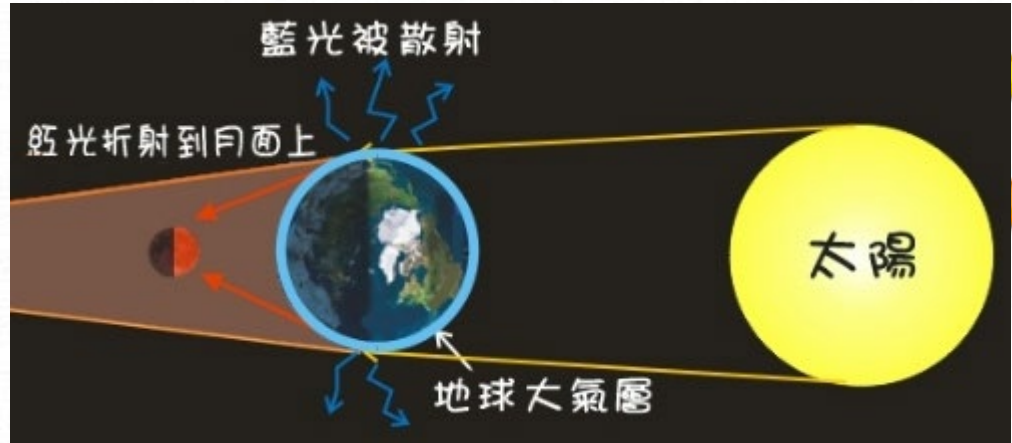


月偏食
月全食

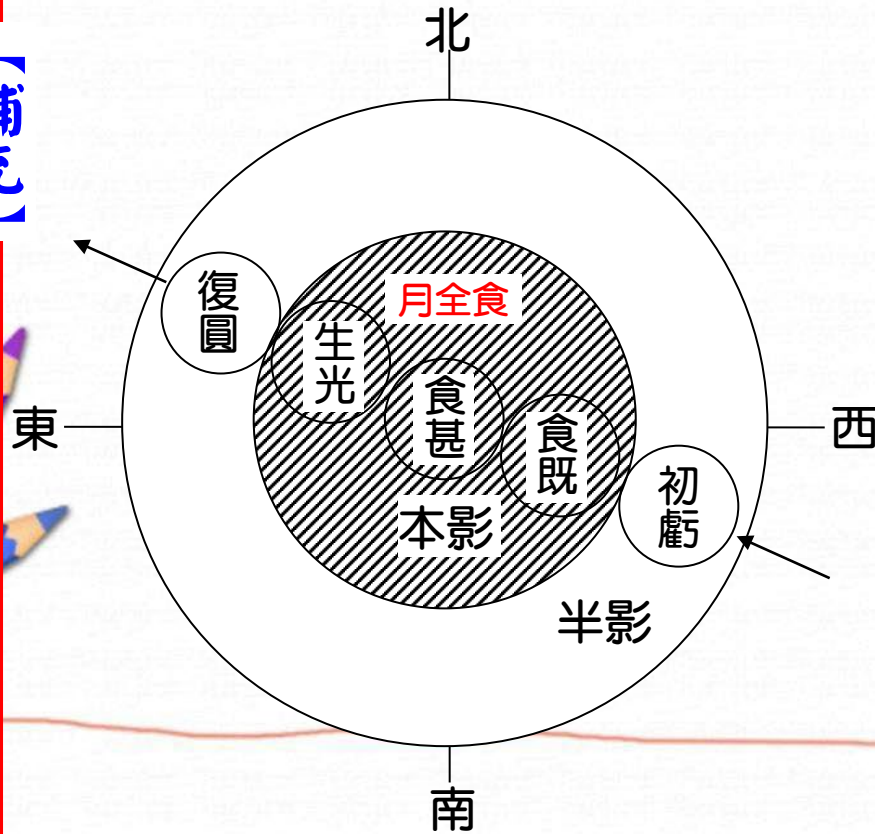


月全食為何呈暗紅色

少部分的陽光，經過地球大氣的散射和折射，將偏藍的光散射掉，並且將偏紅的光折射到月球上。所以在月全食(食甚)時，月球會呈現出暗紅色(或稱古銅色、紅棕色)。



【補充】



台灣未來兩次「月全食」發生在
2025/9/8 02:13
2026/3/3 19:35

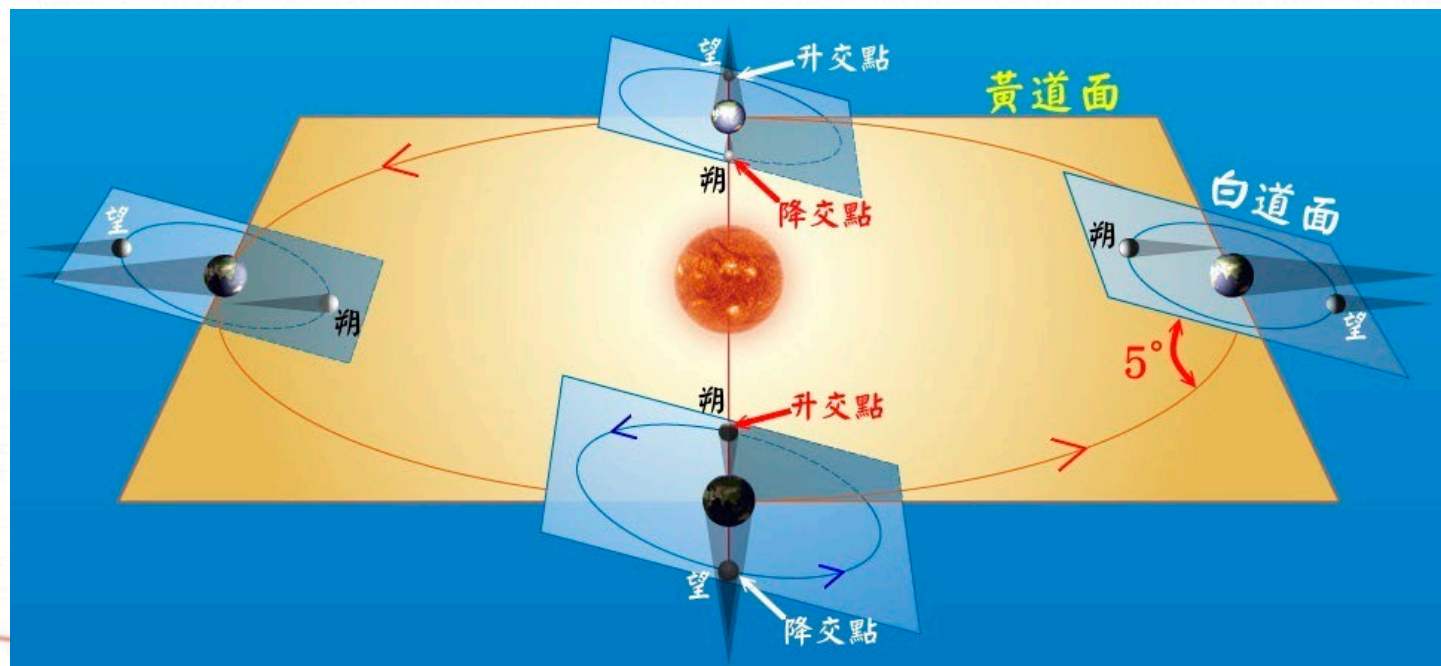
日全食、月全食
全程五大步驟
初虧、食既、食甚、生光、復圓



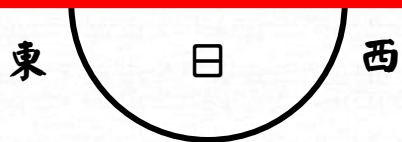
日全食的生光
(鑽石環)

為何不會每逢朔、望就發生日、月食？

日食必發在朔，月食必發在望，但因為白道面和黃道面有5度的夾角，只有月球到達白道面和黃道面兩個交點(升交點、降交點)上的朔、望(日、地、月一直線)才有機會發生日、月食，並不會每個月都發生。一年有兩個發生日月食的時期，相隔半年，每個時期的日、月食間相隔半個月。



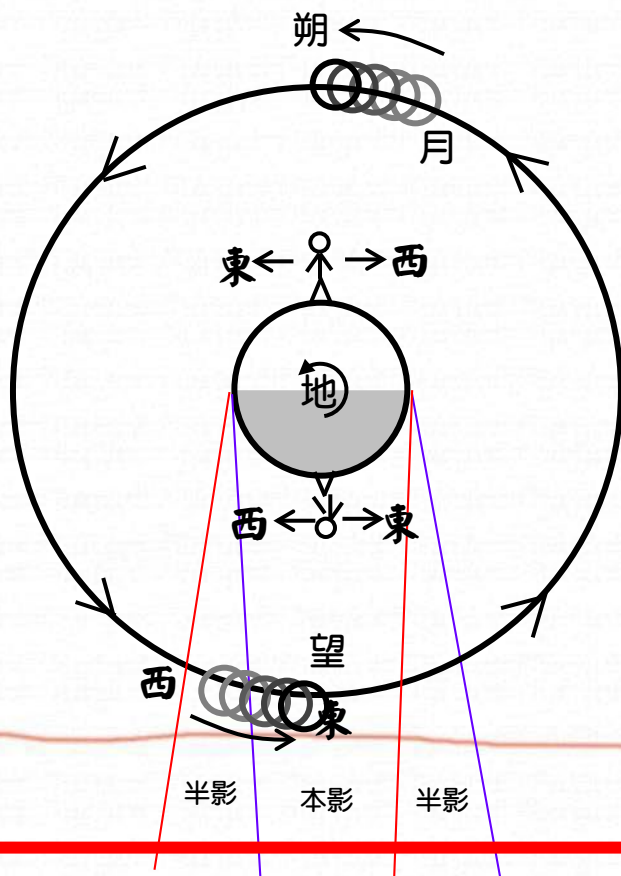
白道面會像碟子般晃動，所以日月食發生的月份不會固定不變



日食時
太陽的西**邊先缺**
 復圓時則**西**邊先復圓

月食時
 月亮的東邊先缺
 復圓時則**東**邊先復圓

【補充】

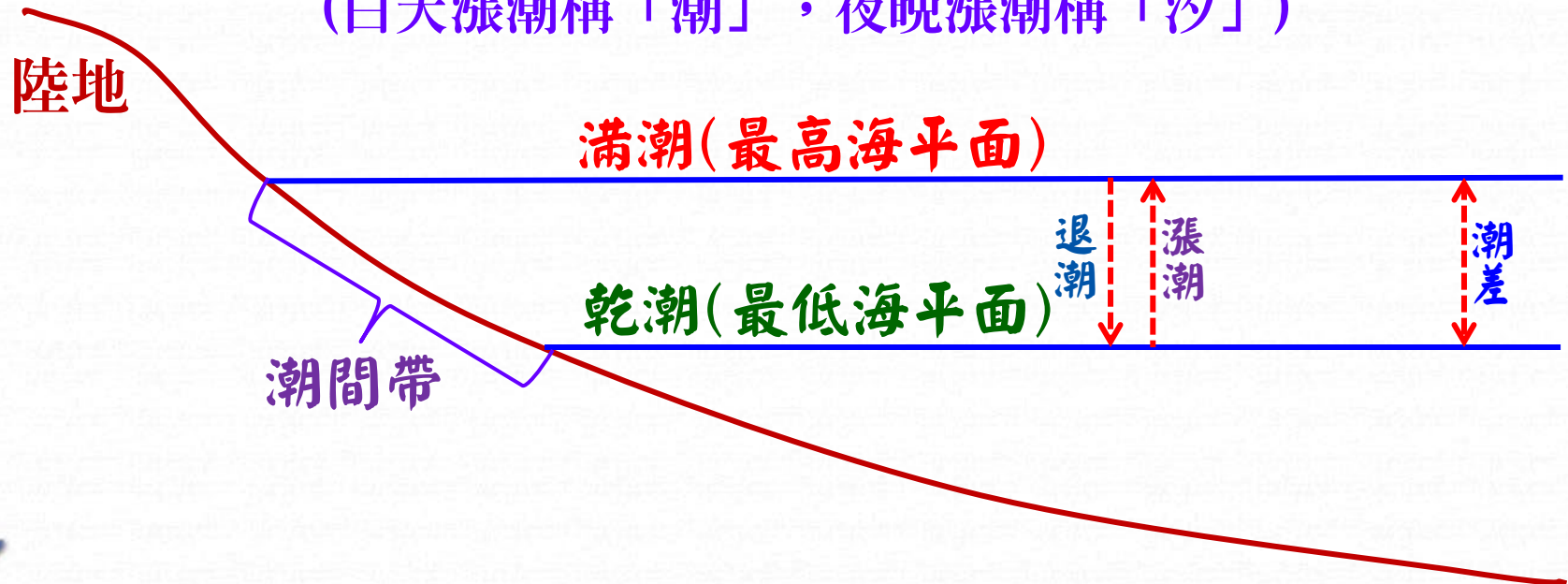


延伸問題

由於潮汐阻力，地球自轉變慢
 月球逐漸遠離地球
 若地月距離加倍→將不再有”日全食”
 若月球變得比地球大→則無”月全食”

潮汐

海水受到太陽和月球的引力作用
使水位產生週期性升降的現象
(白天漲潮稱「潮」，夜晚漲潮稱「汐」)



漲潮、退潮：是指水位升降的“過程”。

潮差：是指滿潮和乾潮海平面的水位差。

面對月亮漲潮，背對月亮也漲潮

一天有兩次滿潮、兩次乾潮

【補充】
原理說明

萬有引力：
$$F_{萬} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

向心力：
$$F_{向} = m_1 \frac{v^2}{r}$$

G : 重力常數

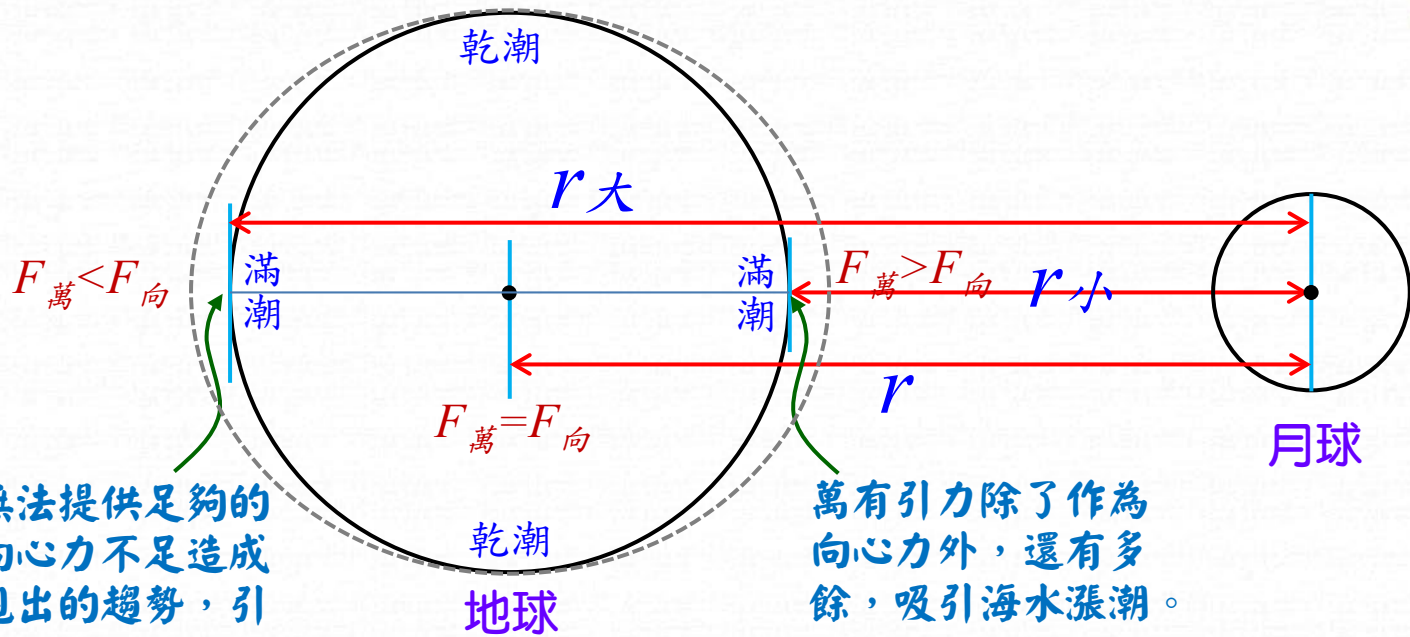
m_1, m_2 : 兩星球質量

r : 兩星球地心間距離

v : 圓周運動速率

$F_{萬}$ 與 r^2 成反比； $F_{向}$ 與 r 成反比

月球公轉地球的向心力是取自於地月間的萬有引力。地月間的距離(r)是由地球的地心(質量中心)算至月球的地心，因此在地球地心的 $F_{萬} = F_{向}$ 。但事實上，地球靠近月球的一端 r 較小($r_{小}$)，會造成 $F_{萬}$ 、 $F_{向}$ 變大，但 $F_{萬}$ 是跟 r 的平方成反比，所以會變得比 $F_{向}$ 大，即 $F_{萬} > F_{向}$ 。同理可證，地球背對月球的另一端， r 變大($r_{大}$)， $F_{萬}$ 、 $F_{向}$ 會變小，但 $F_{萬}$ 會比 $F_{向}$ 還小，即 $F_{萬} < F_{向}$ 。



【補充】

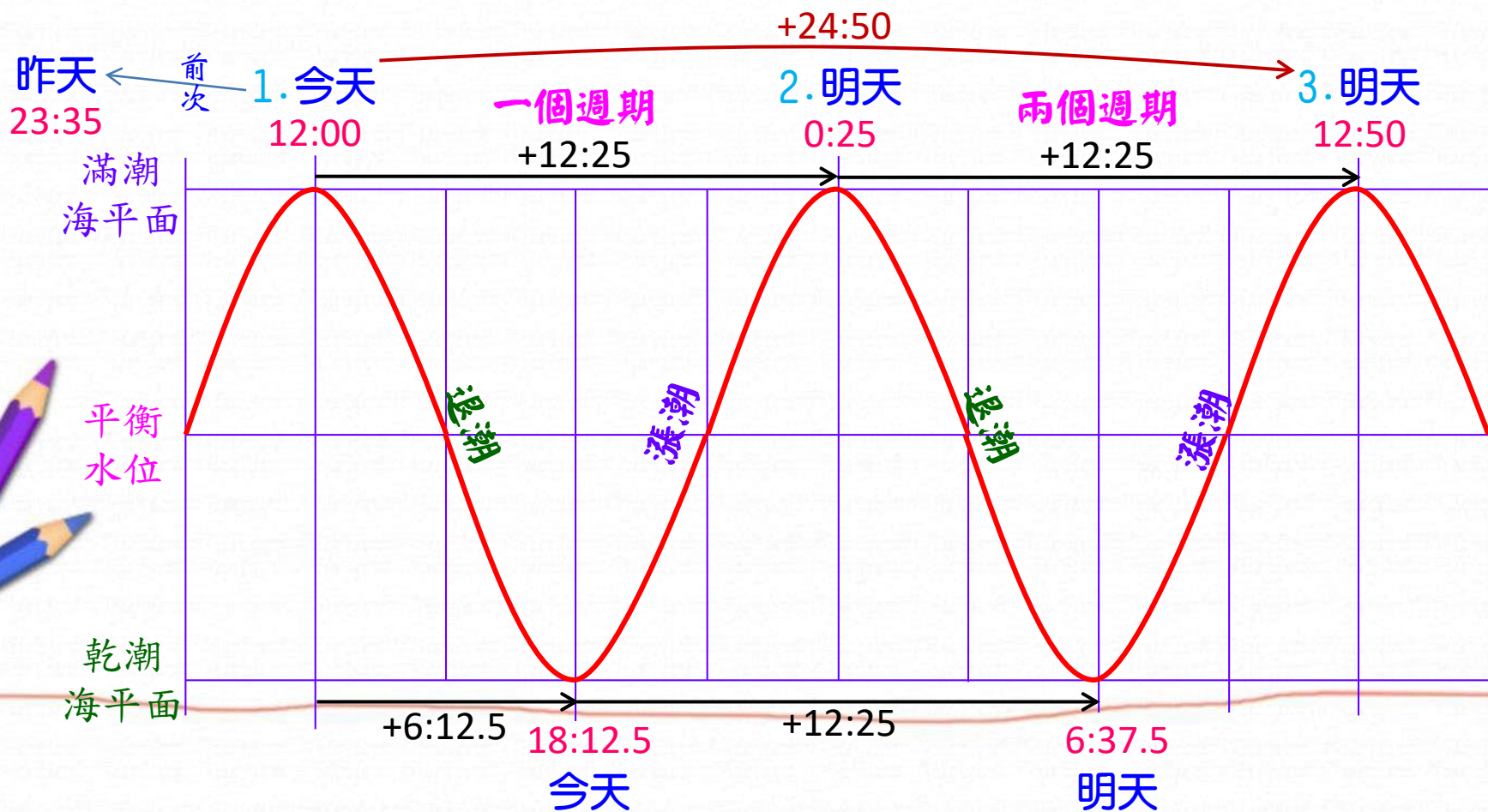
萬有引力無法提供足夠的向心力，向心力不足造成海水有被甩出的趨勢，引起漲潮。

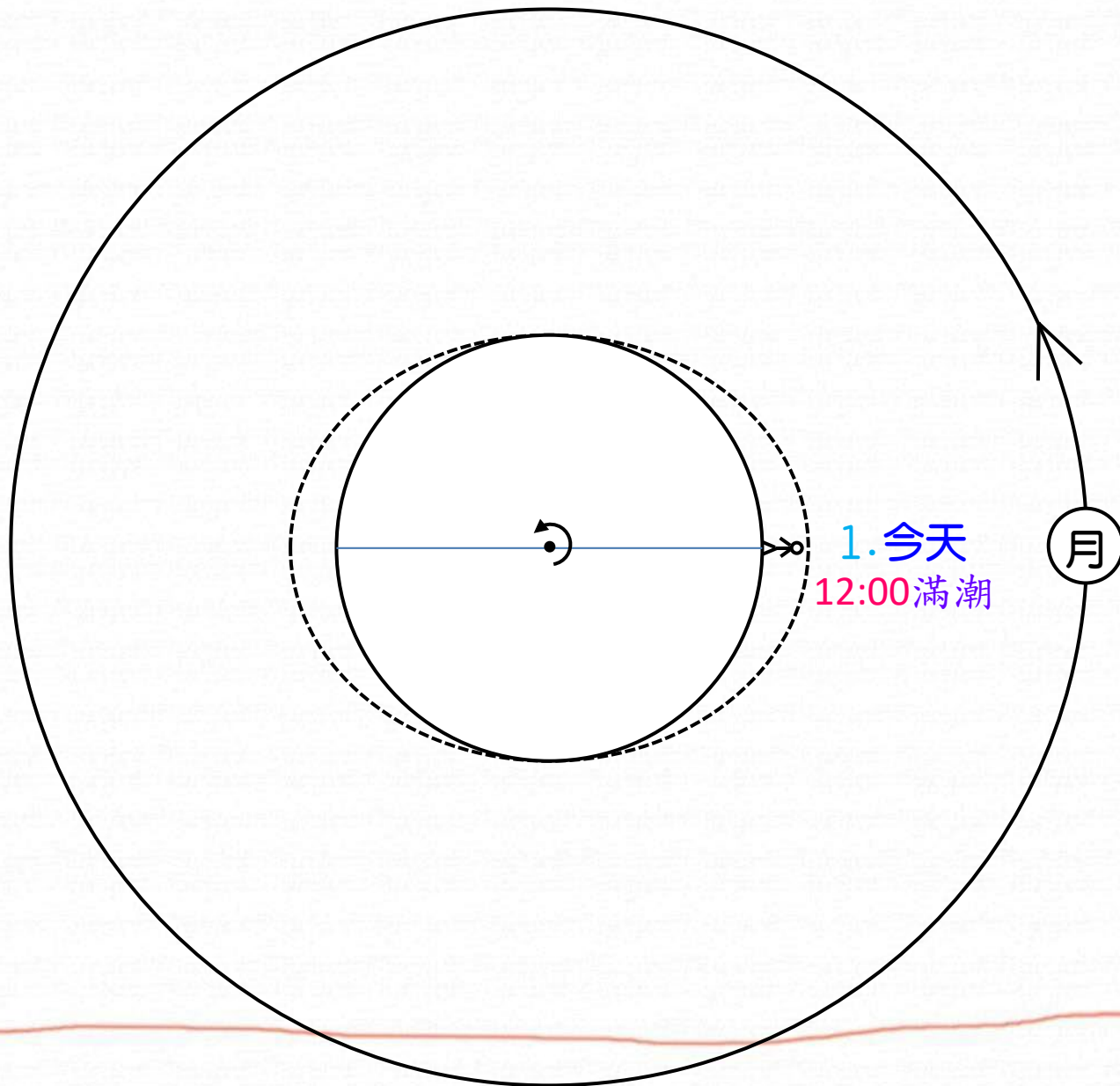
萬有引力除了作為向心力外，還有多餘，吸引海水漲潮。

Q: 其實太陽對地球的引力是大於月球的，為何太陽的潮汐力小於月球？

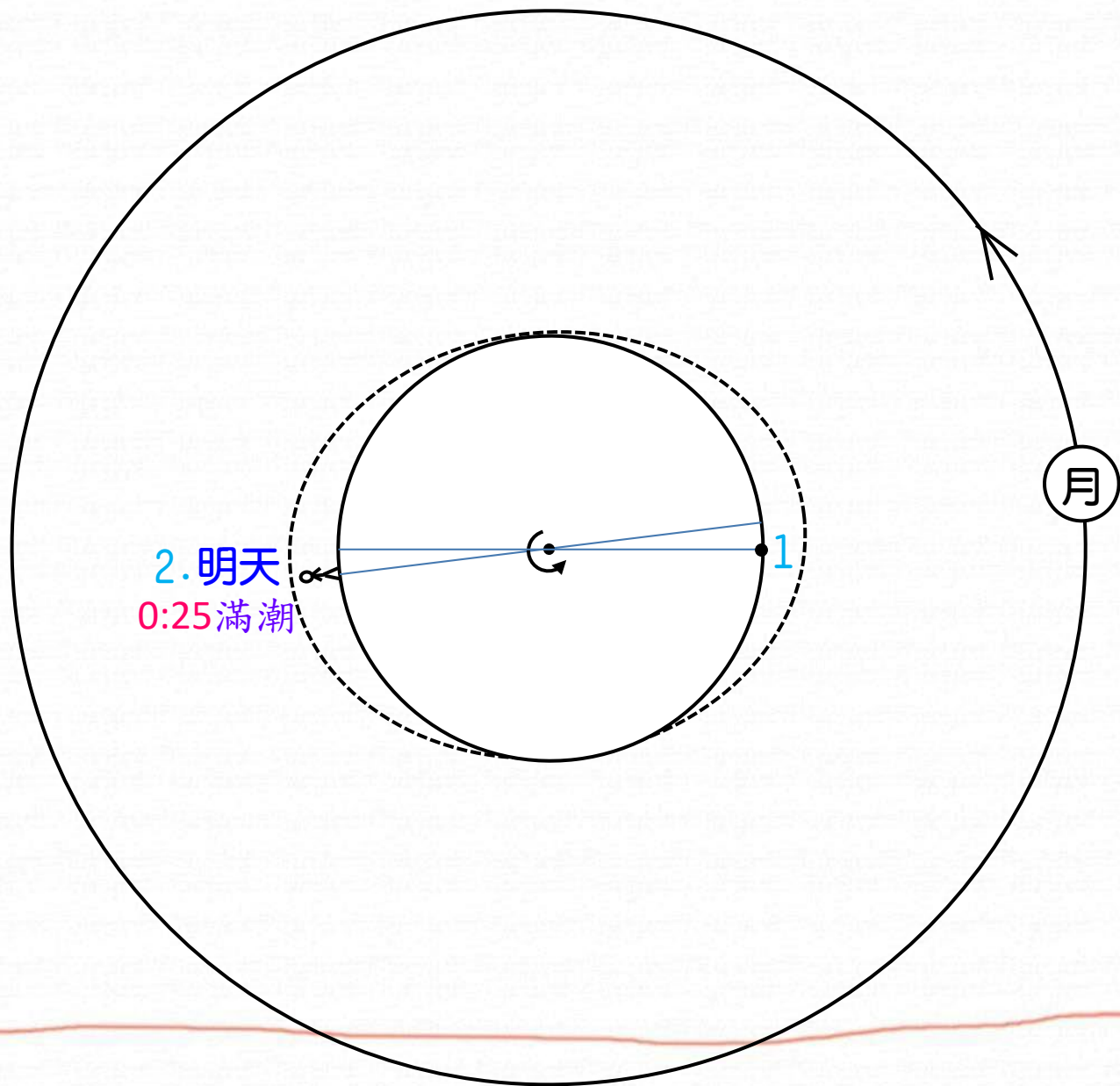
A: 因為太陽太遠，地球靠近和背對太陽的距離差異顯得微不足道， $F_{萬}$ 、 $F_{向}$ 差距不大，所以太陽造成的潮汐現象不如月球。

潮汐週期為「12時25分」，即滿潮到下次滿潮或乾潮到下次乾潮的間隔時間，隔日則經兩個週期，共延遲50分鐘，這是「月球公轉」造成的，同時也是月亮每天延遲50分鐘升起的原因。

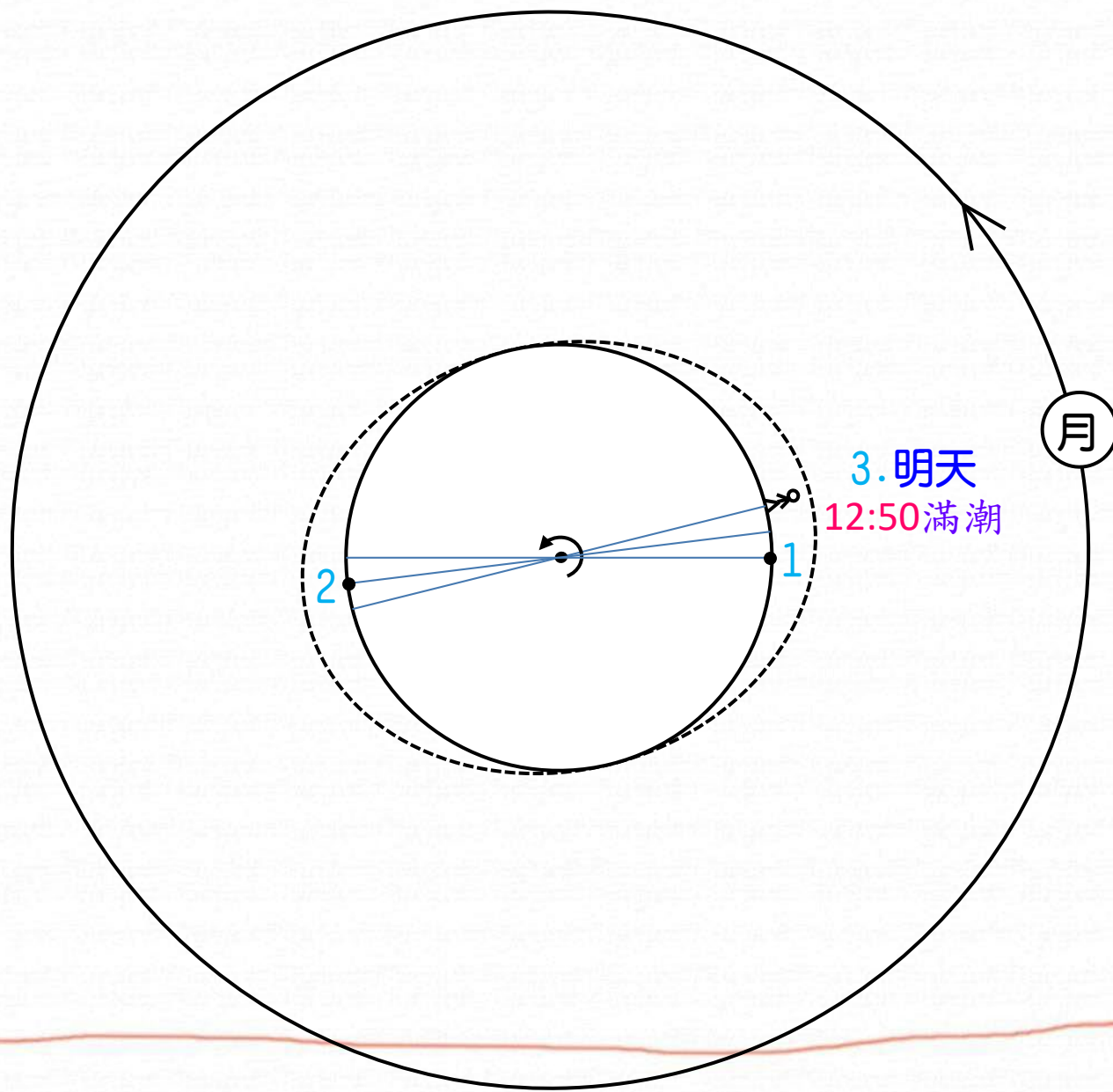


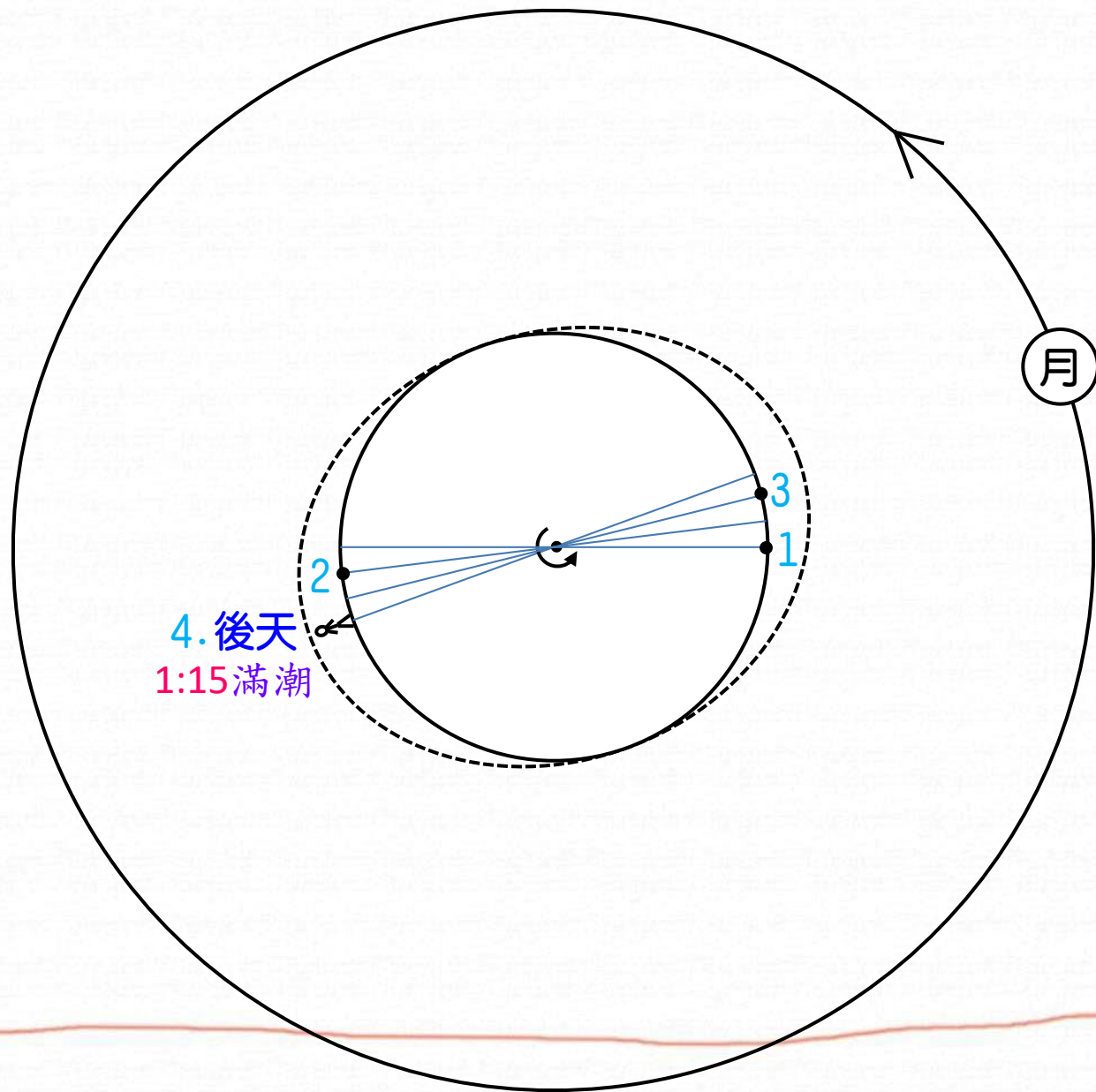


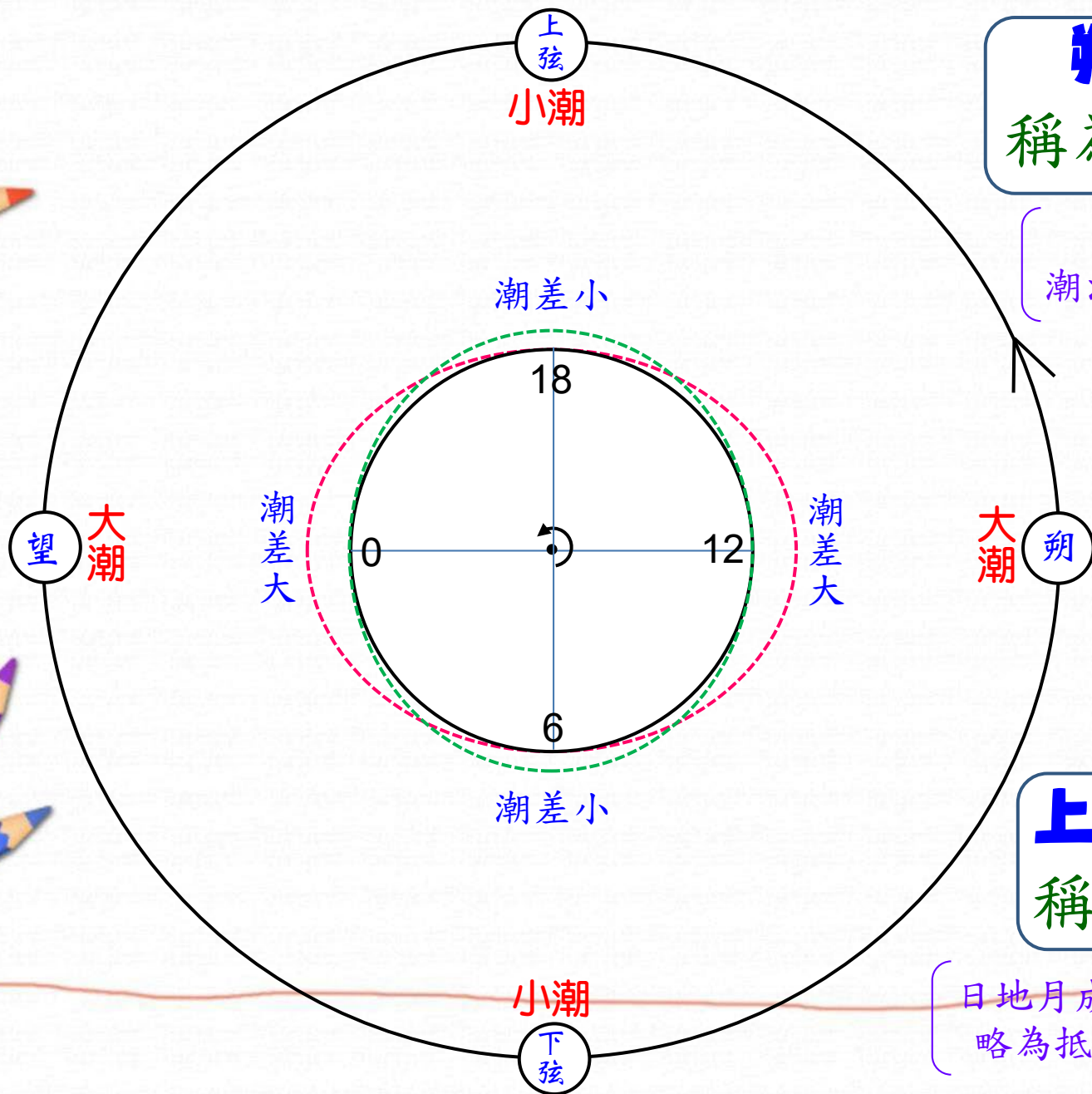
月球一天約公轉 13.2° ，
半天公轉 6.6°



2. 明天
0:25 滿潮

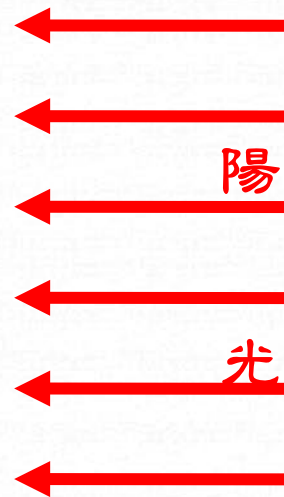






朔、望兩天
稱為「**大潮**」日

日地月成一直線
潮汐力加強，潮差最大



陽

光

上弦、下弦兩天
稱為「**小潮**」日

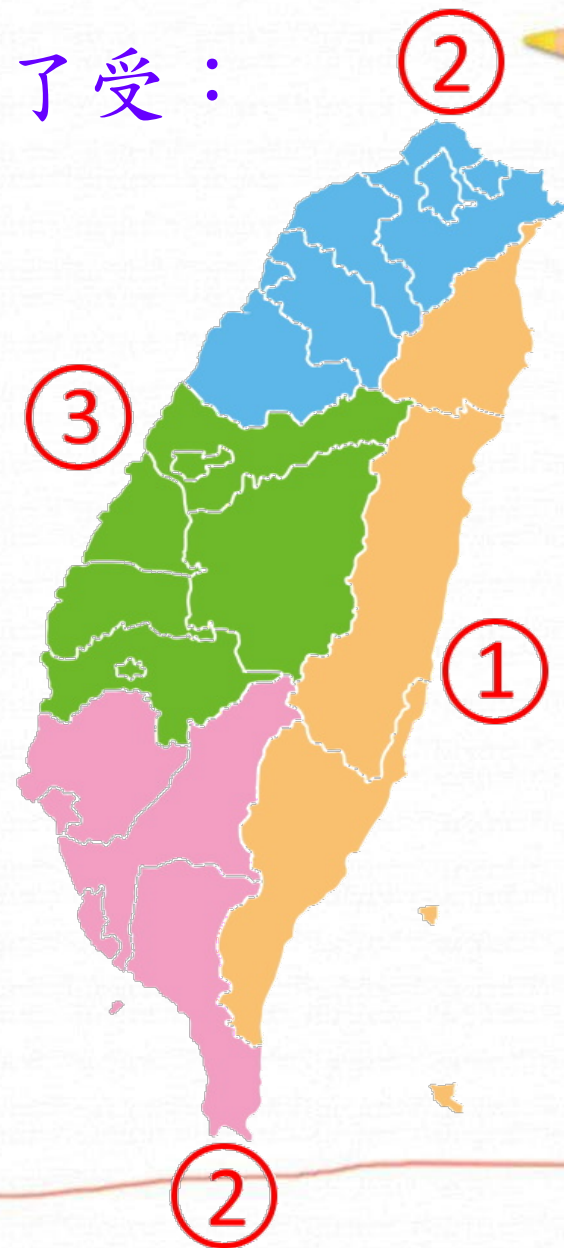
日地月成垂直，潮汐力
略為抵消，潮差最小

各地潮汐變化的時間，除了受：

1. 地球自轉
2. 月球公轉 的影響外，還有
3. 地理位置
4. 海底地形
5. 海岸地形...等因素

台灣潮汐：

因為海水自太平洋湧入再從北、南部進入台灣海峽，①花東先漲，再來②北、南部，③中部最晚，潮差也是中部(台中港)最高，平日潮差約4m，大潮日時可達6m。



潮汐對生活的影響與應用

- 觀察潮間帶生物要趁乾潮時間。
- 海邊釣魚要趁漲潮階段。
- 大船進出港口要趁滿潮時間。
- 漁民設計「石滬」(澎湖七美島)利用滿、乾潮捕魚。
- 潮差較大的海岸，適合利用水位的變化進行「潮汐發電」。

例題

1. 某地海邊5月21日早上6:00為滿潮，理論上下列哪些時間亦為滿潮？ (甲)5月21日20:25 (乙)5月22日6:25 (丙)5月23日20:05 (丁)5月24日8:30 (A)甲乙 (B)乙丙 (C)丙丁 (D)甲丁。

答：(C)

<u>5/21</u>	<u>5/22</u>	<u>5/23</u>	<u>5/24</u>
6:00	6:50	7:40	8:30
18:25	19:15	20:05	20:55

2. 右表是5月21日台灣地區四處海邊的滿潮時刻表，請依據此資料回答下列問題：

地點	第一次滿潮	第二次滿潮	
淡水	03:32	15:22	11:50
梧棲	03:41	15:38	11:57
東石	03:41	15:02	11:21
花蓮	前日23:13	09:59	10:46

- (A) (1) 表中哪一處海邊，其兩次滿潮的間隔時間最長？ (A) 梧棲 (B) 東石 (C) 淡水 (D) 花蓮。
- (D) (2) David想在這一天的中午12時到海邊釣魚，表中哪一處海邊最不適合此時釣魚？ (A) 梧棲 (B) 東石 (C) 淡水 (D) 花蓮。

3. 附表是淡水港2004年1月11日的潮汐狀況表：

2004年1月11日（農曆12月20日）				
淡水	00：34 滿潮	06：57 乾潮	13：27 滿潮	19：31 乾潮

- (B) (1) 當天上午要在潮間帶活動，觀察沿海生態，應選擇何時觀察才恰當？ (A) 04：30 (B) 07：00 (C) 10：30 (D) 12：00。
- (A) (2) 承上題，當天下午以後，在外海捕魚的船隻要入港，應選擇什麼時候靠岸才恰當？ (A) 13：30 (B) 16：30 (C) 19：30 (D) 23：30

4. 下表為台灣四個海岸地區滿潮的時刻表，根據該表判斷，下列敘述，何者正確？ (A) 高雄港大型船隻選擇在上午8點進港比下午1點更合適 (B) 若想觀察東石海邊的潮間帶生物，選擇在下午3點比上午9點更合適 (C) 梧棲海邊在凌晨3點正值漲潮 (D) 淡水海邊在下午3點正值退潮。

答：(C)

地點	高雄	東石	梧棲	淡水
第一次滿潮	02：11	03：51	04：14	03：50
第二次滿潮	13：49	15：55	16：40	16：43

5. 某地的河口受潮水影響，河水一旦混入海水，鹽含量(%)將增加，所以海水的漲退潮是影響鹽含量的重大因素。右表為某日河口附近甲地的鹽含量記錄表(已知記錄的前數天皆晴天)。試問甲地當天於那兩時刻最接近乾潮？

(A) 0時；12時

(B) 2時；14時

(C) 4時；16時

(D) 6時；18時。 答：(A)

時間	0時	2時	4時	6時
鹽含量(%)	2.13	2.56	3.06	3.38
時間	8時	10時	12時	14時
鹽含量(%)	3.04	2.62	2.16	2.57
時間	16時	18時	20時	22時
鹽含量(%)	2.99	3.55	3.06	2.51

【本章結束】