

7-1 宇宙與太陽系

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（人馬星座中的比鄰星）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**。

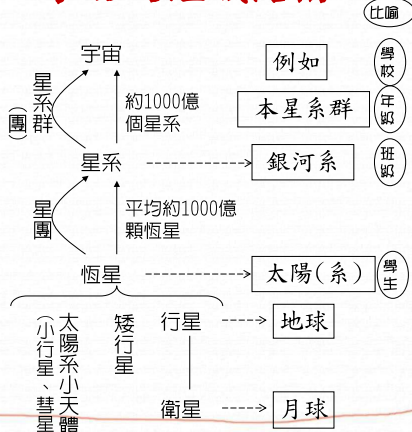
天文單位：設地球和太陽的平均距離1.5億公里為**1天文單位**（Astronomical Unit，簡寫為AU），用來表示太陽系內星體間的距離。

【補充】

宇宙年齡

以目前所能觀測的宇宙最邊緣的星系距離地球約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，只要看得更遠即可**。

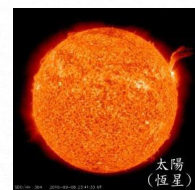
宇宙的組織結構



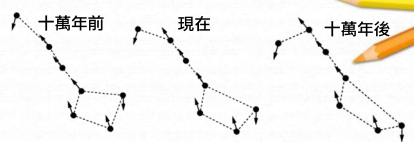
恆星

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。



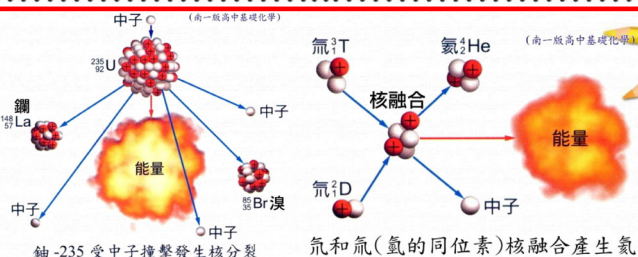
核融合反應

【補充】

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

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 $1.5 \times 10^7 K$ 才開始反應，融合的序列為 $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O, Ne, Mg \rightarrow Si, S \rightarrow Ni, Fe$ ，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」

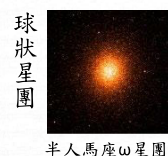
【補充】

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氫重的元素，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，其中已富含比氫重的元素。再經數億年後，最濃密處再度凝聚成新的二代恆星，而周遭比氫重的元素則是形成「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）。



星系

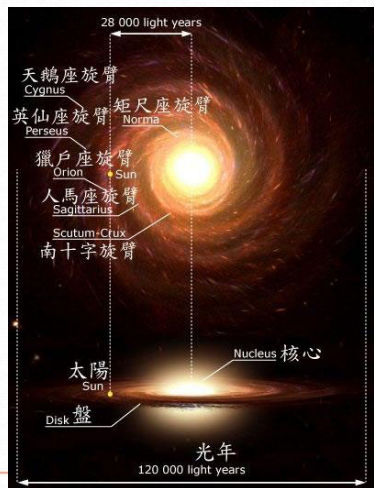
是由眾多獨立的恆星（如我們的太陽）、星團及星際空間的氣體、塵埃所組成。平均約含有1000億顆恆星。

【補充】依照外觀，星系可分為：

(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。
- ◎側面看為扁平而中央凸起的圓盤，狀似荷包蛋。
 - ◎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。
 - ◎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。
 - ◎旋臂上的恆星較核心的年輕。



8

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週。
- ◎銀河系約有2000億顆恆星，比平均值大一倍。

星系群(團)

星系群



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、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。

M31 仙女座大星系

【補充】

9

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。



10

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「閼神星」，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)及閼神星，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）。

11

「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。

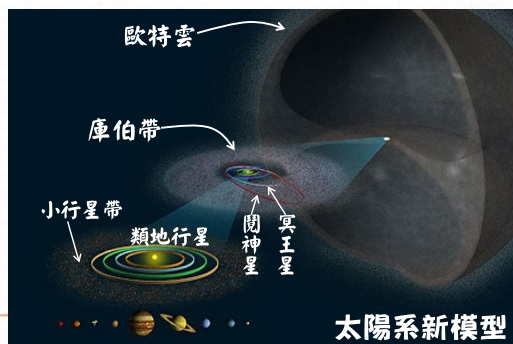
太陽系新模型

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）。

12

歐特雲：西元1950年，荷蘭天文學家歐特（Oort）假設在離太陽約50000AU~100000AU(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】



太陽系新模型

13

- ◎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。

【補充】

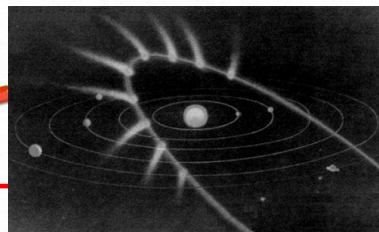


木星和四大衛星

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。

14



哈雷彗星將於2061年再度回歸

週期性彗星

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。

【補充】

非週期性彗星

鹿林彗星由中央大學在玉山上的鹿林天文台所發現。軌道呈拋物線形，只靠近太陽一次便一去不回，例如：由台灣於2007年7月發現的鹿林彗星。

◎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）

15



【補充】

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。

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。

16

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累積形成較大的星體。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

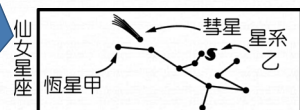
17

【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。



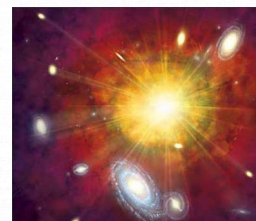
18

宇宙的誕生 大霹靂學說

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

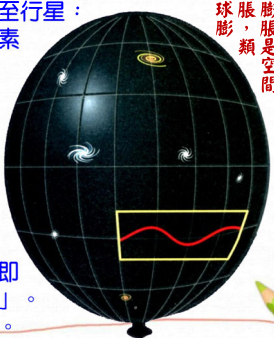
19

➢早期形成的恆星，比氫重的元素極少，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】

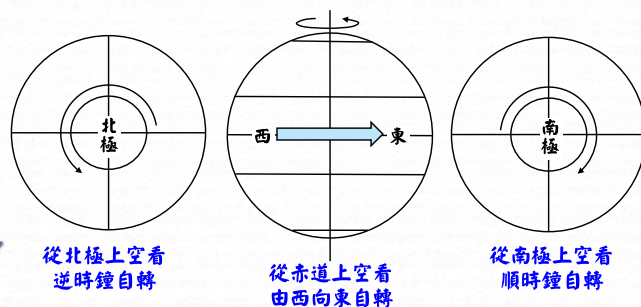
➢「星雲」在未來可能再形成恆星，甚至行星：
①太陽就是一個碳、氧、鐵……等元素含量較多的恆星。
②因為有這些星雲，才能形成地球這種由較多比氫重的元素組成的行星，也才有生命誕生與演化的可能。

➢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。



20

7-2 晝夜與四季 恆星的運動



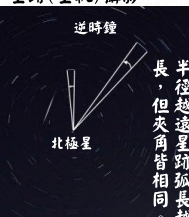
地球自轉方向

21

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

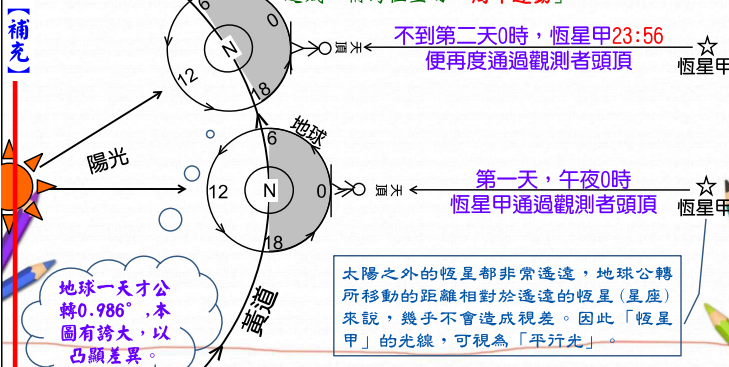


地球一小時自轉15°，所以日月星辰一小時也轉15°。

22

周年運動

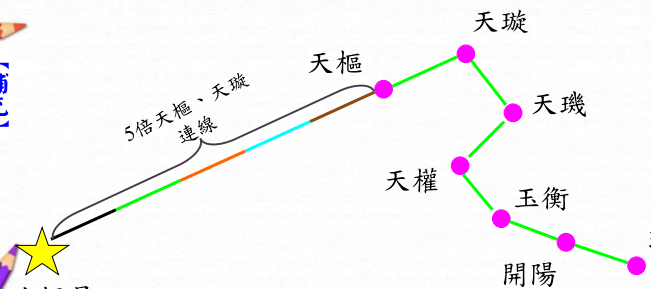
每顆恆星(星座)每天夜晚出現在天空同一位置的時間會比前一天平均提早4分鐘，一個月便提早2小時，一年後才會再度恢復相同時間和位置，這是地球以逆時鐘方向繞著太陽公轉所造成，稱為恆星的「周年運動」。



23

春、夏利用「北斗七星」找北極星

【補充】

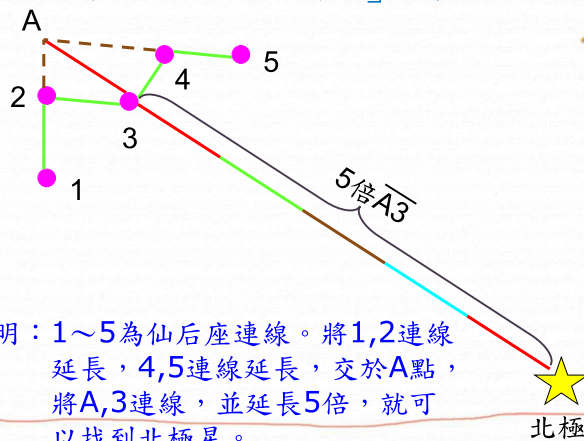


說明：利用杓口的天樞、天璇兩顆星(合稱「指極星」)的連線，延長5倍，就可以找到北極星。

24

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。

25

星等

【補充】

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：一等星的亮度約為六等星的 $(2.5)^3=15.6$ 倍。

例：太陽(-26.8)、滿月(-12.6)、金星最亮時(-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

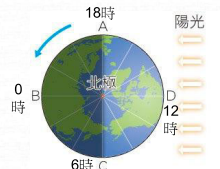
晝夜交替：由於「地球自轉」所造成

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。

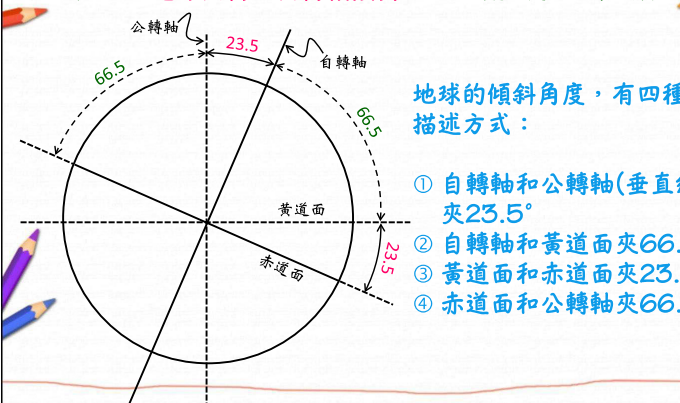


由北極的上空俯瞰地球，陽光照射地球的區域為白天，未被照射的地區為夜晚。

26

四季變化

是由「地球公轉+自轉軸傾斜23.5°」兩大原因所造成

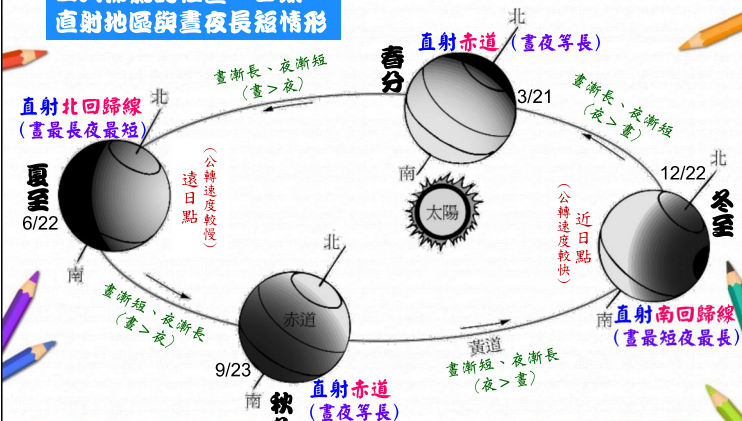


地球的傾斜角度，有兩種描述方式：

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°

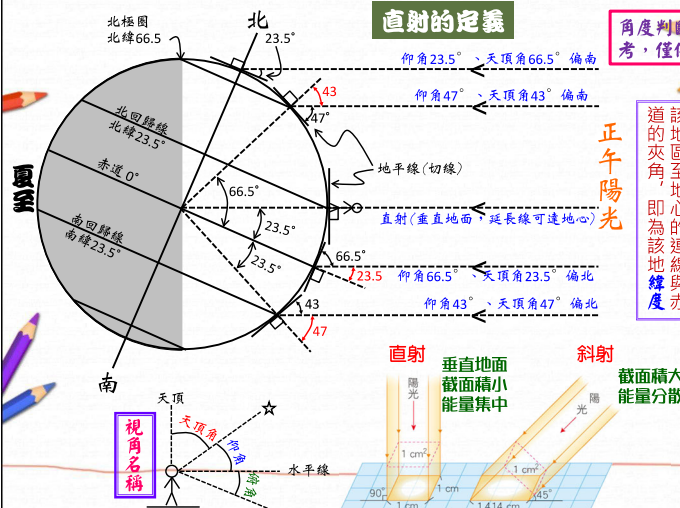
27

四大節氣的位置、日期、直射地區與晝夜長短情形



28

直射的定義



角度判斷已不考，僅供參考

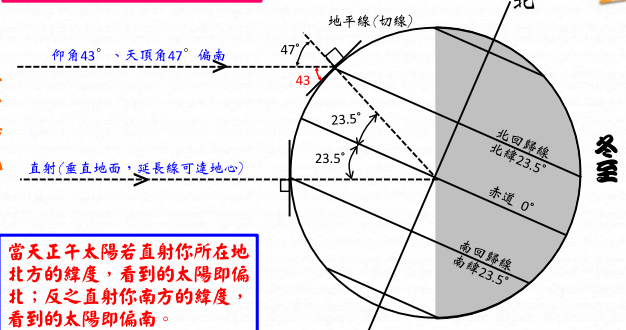
該地區至地心的連線與赤道面的夾角，即為該地緯度

正午陽光

29

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。

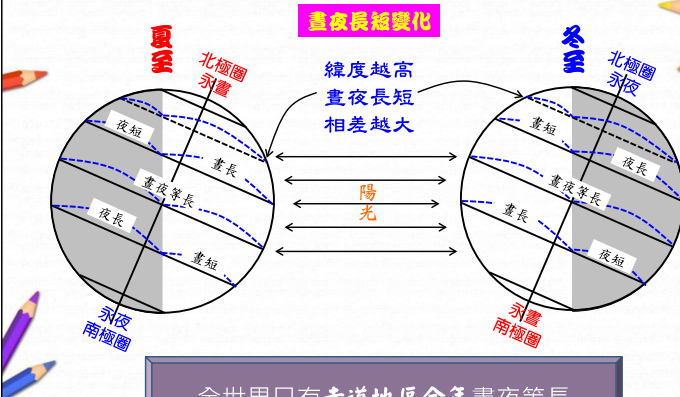
正午陽光



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。

30

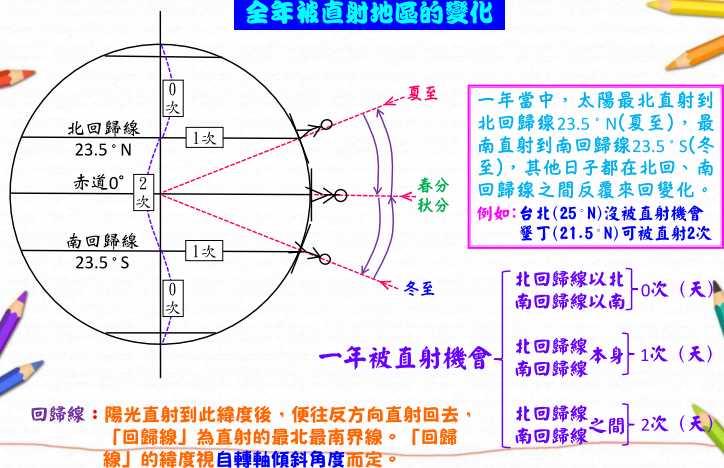
晝夜長短變化



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

31

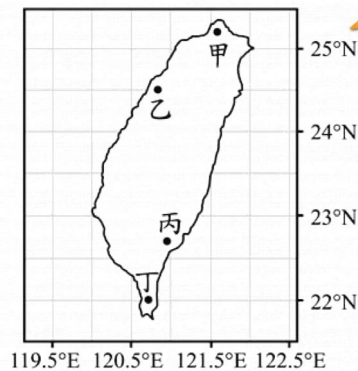
全年被直射地區的變化



32

【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 $X_{\text{甲}}$ 、 $X_{\text{乙}}$ 、 $X_{\text{丙}}$ 、 $X_{\text{丁}}$ 。若不考慮天氣因素，則 $X_{\text{甲}}$ 、 $X_{\text{乙}}$ 、 $X_{\text{丙}}$ 、 $X_{\text{丁}}$ 的大小關係為何？



ANS: $X_{\text{甲}}=X_{\text{乙}}>X_{\text{丙}}>X_{\text{丁}}$

圖(二十三)

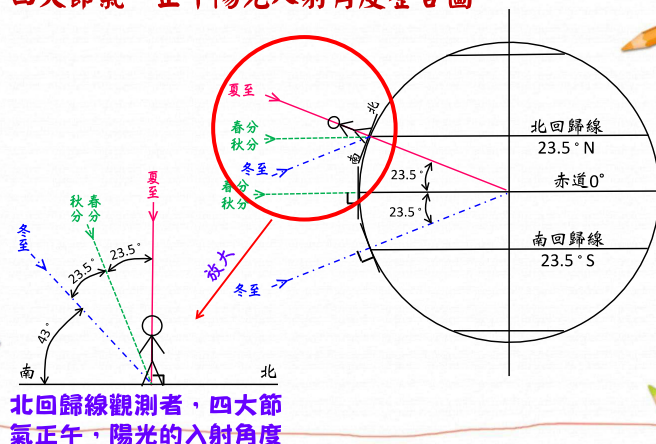
33

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)。

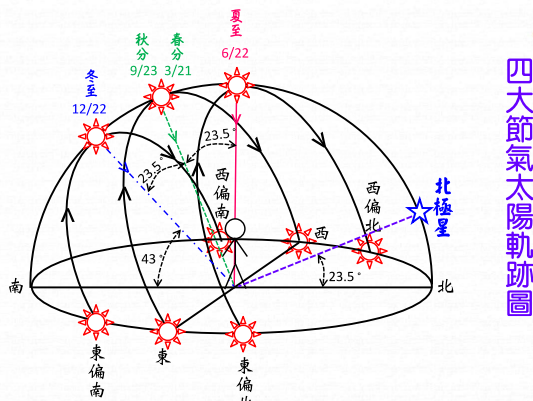
34

四大節氣，正午陽光入射角度整合圖



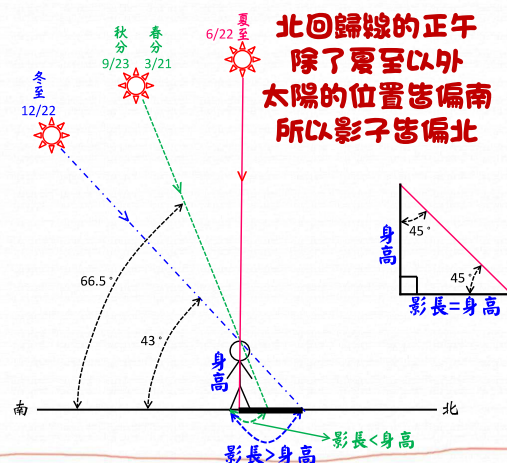
35

北回歸線(23.5°N)



36

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



37

台北夏至、冬至的日落軌跡

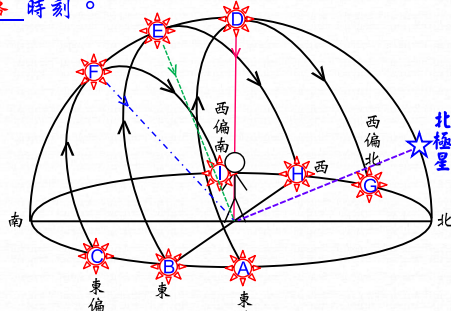
(台北緯度 25°N)



北半球看太陽→偏南
偏南的天頂角=緯度

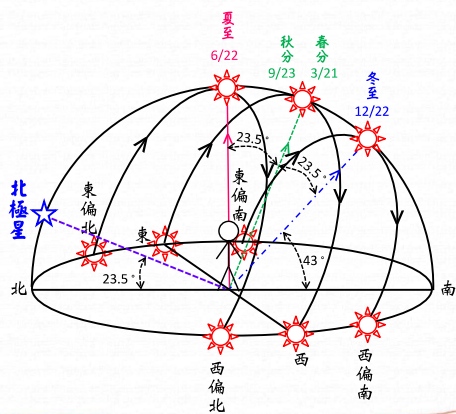
38

- ◆ 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。



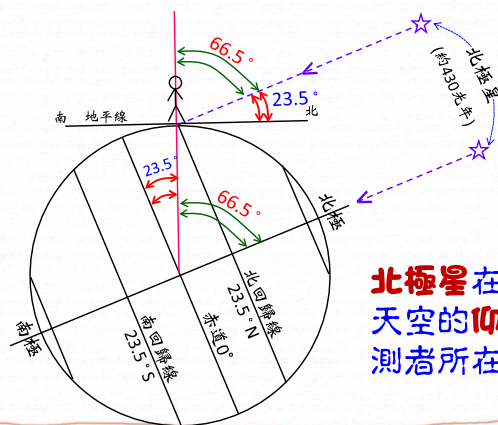
39

換個方向，由西向東看



40

【補充】

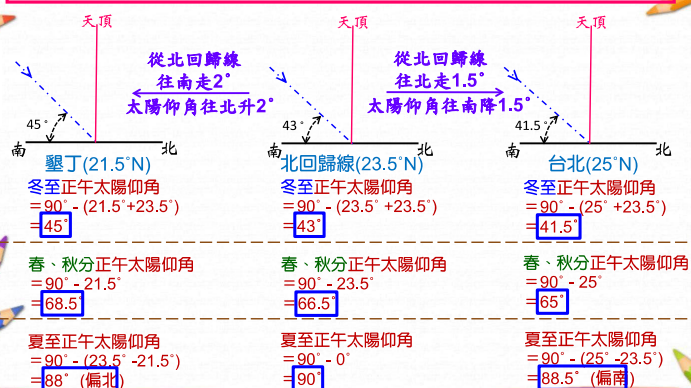


北極星在正北方
天空的仰角 = 觀測者所在緯度

41

仰角 = 90° - 觀測者和直射地的“緯度差”

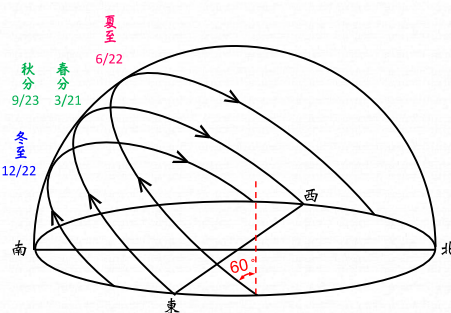
【補充】



42

北緯60°地區四大節氣的太陽軌跡

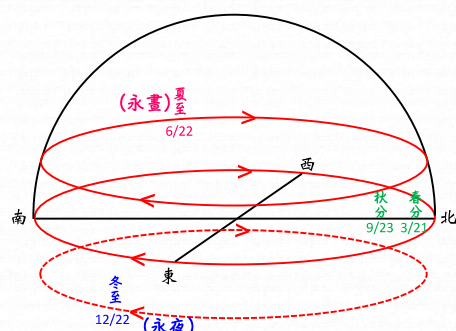
【補充】



43

北極點四大節氣的太陽軌跡

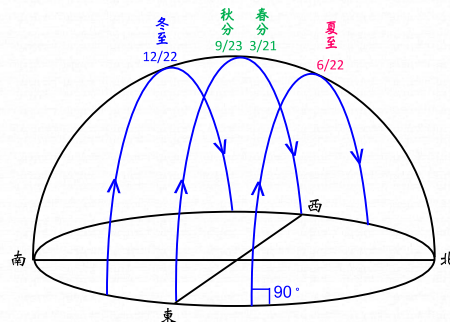
【補充】



44

赤道地區四大節氣的太陽軌跡

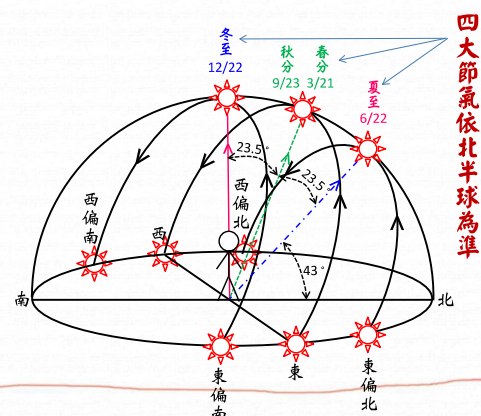
【補充】



45

南回歸線(23.5°S)的太陽軌跡(偏北)

【補充】



46

7-3 日地月的相對運動

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。【影片】

※最早還有「捕獲說」、「學生說」、「分裂說」等理論，但都一一被推翻。

47

■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」)

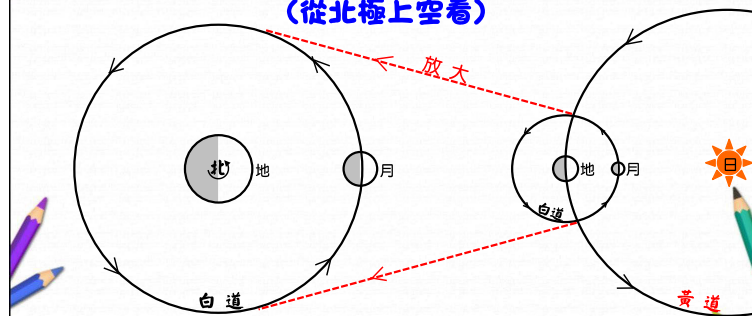
淺色區域(高地)→鈣長石

※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。

48

月相的判斷

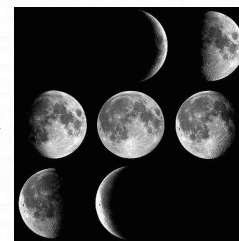
日、地、月相對位置
(從北極上空看)



49

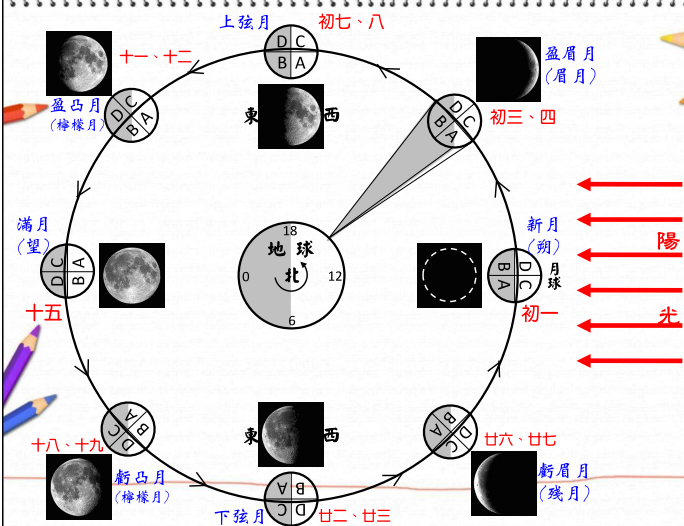
■「月相的盈虧變化」是月球和地球的相對位置改變造成的。
(也可以說是「月球公轉」造成的)

■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。

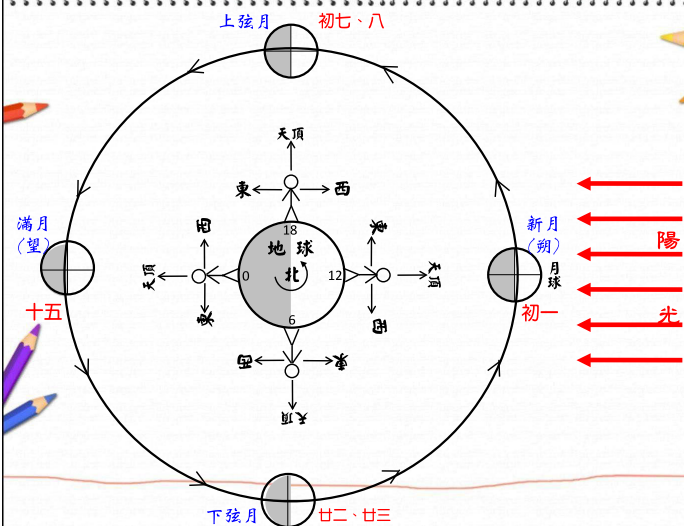


農曆一個月的月相變化
(由左至右由上而下)

51

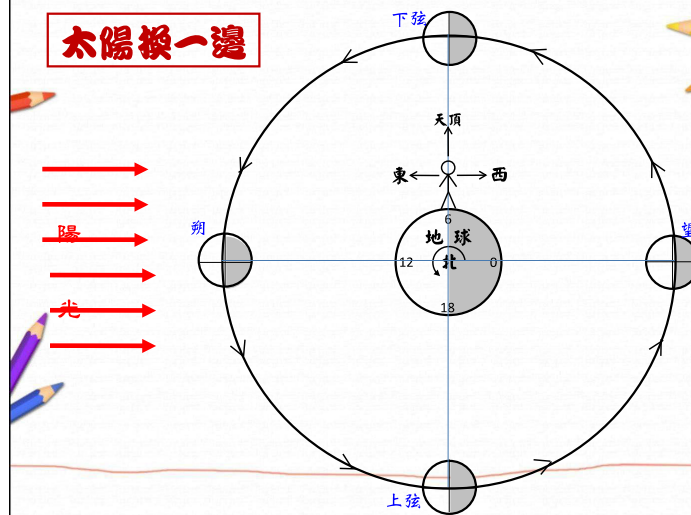


50



52

太陽換一邊



53

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，適合清晨前後觀測。(望→次月朔 間)



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

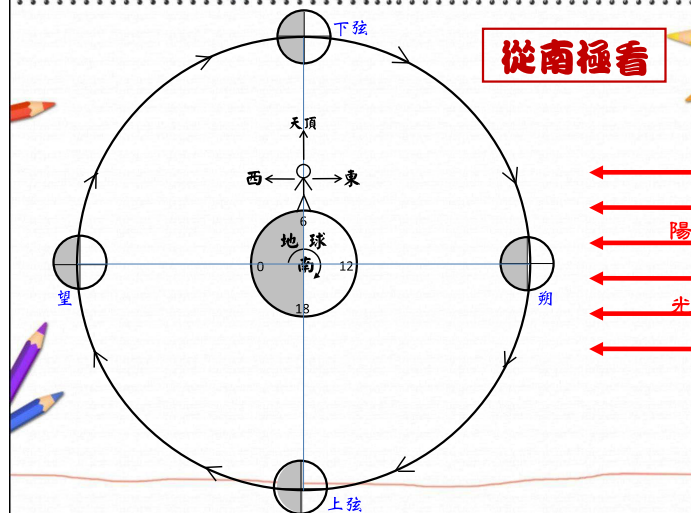


月初



54

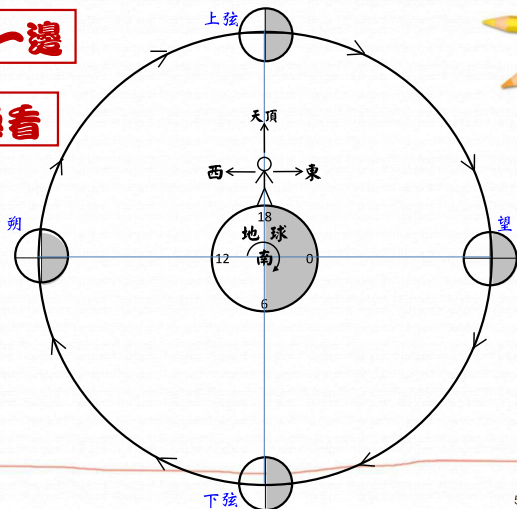
從南極看



55

太陽換一邊

從南極看



56

判斷月相三要素

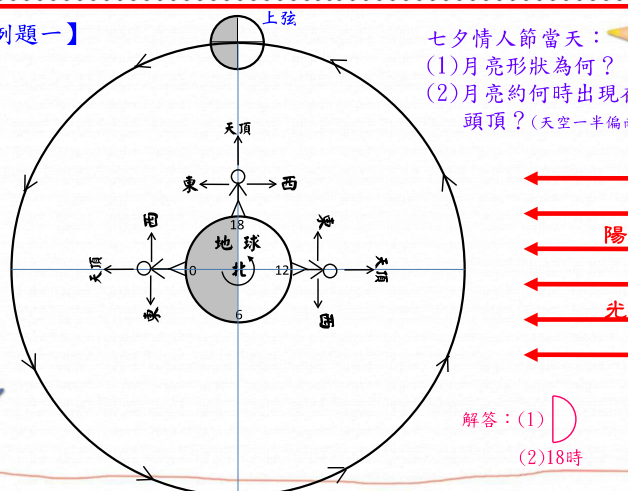
- ①何月(何日)?
【哪個月亮(農曆哪一天)?】
- ②何時(何人)?
【哪個時間(哪個觀測者)?】
- ③何方位?
【哪個方位?】

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

57

【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)

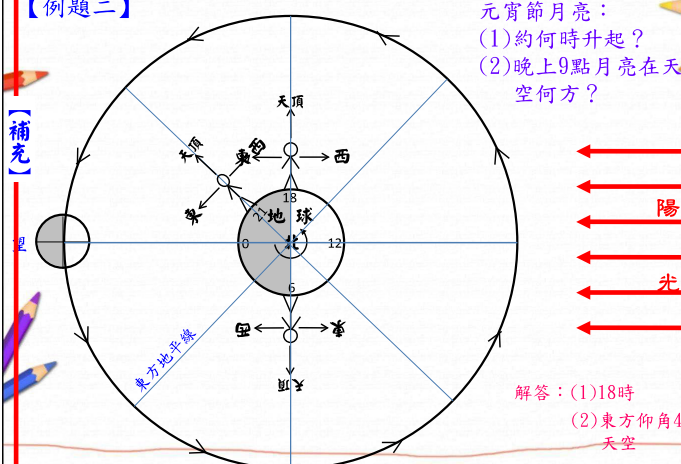


解答：(1) 
(2) 18時

58

【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?

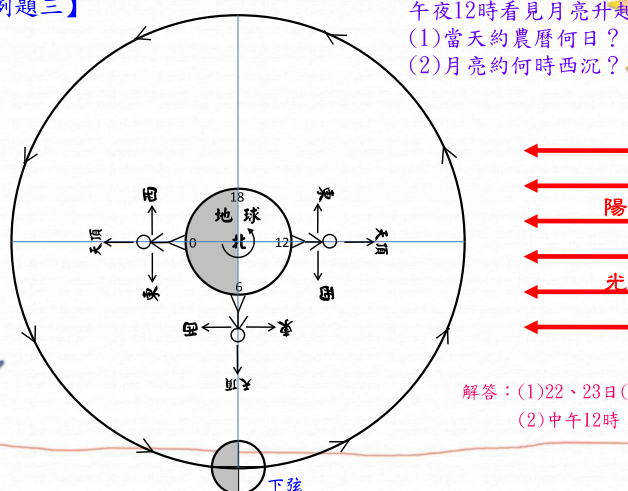


解答：(1) 18時
(2) 東方仰角45°
天空

59

【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?

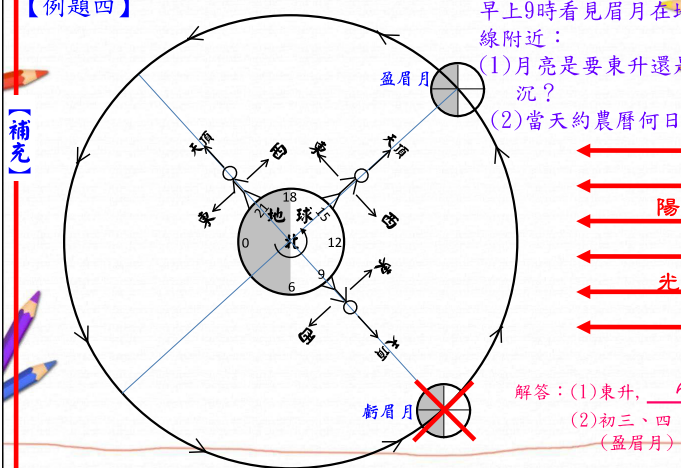


解答：(1) 22、23日(下弦)
(2) 中午12時

60

【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?

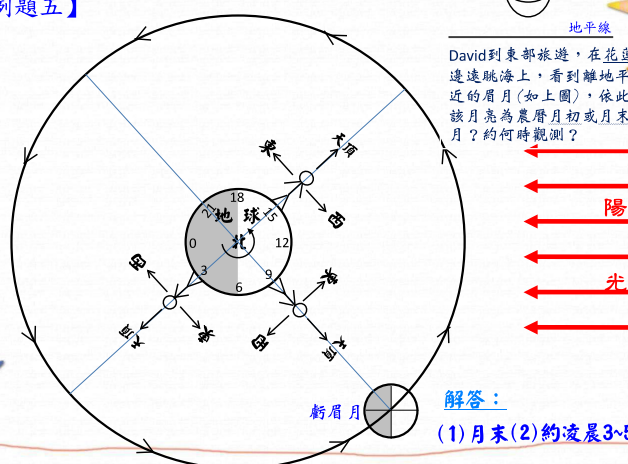


解答：(1) 東升，
(2) 初三、四(盈眉月)

61

【例題五】

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?



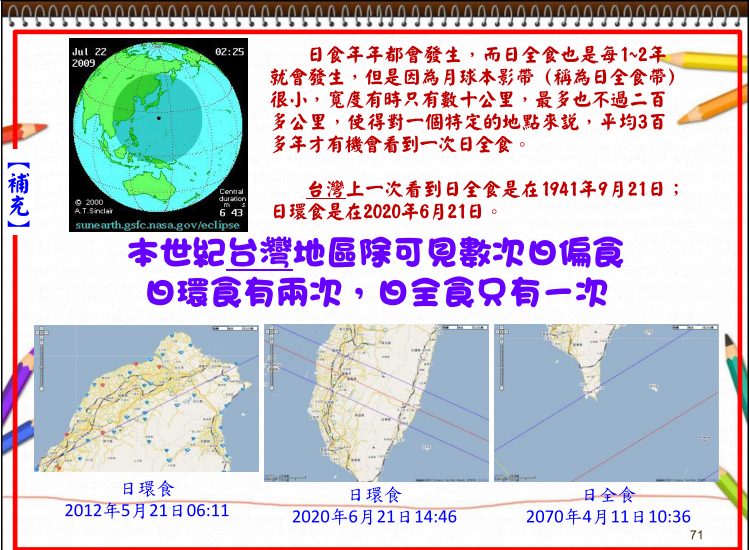
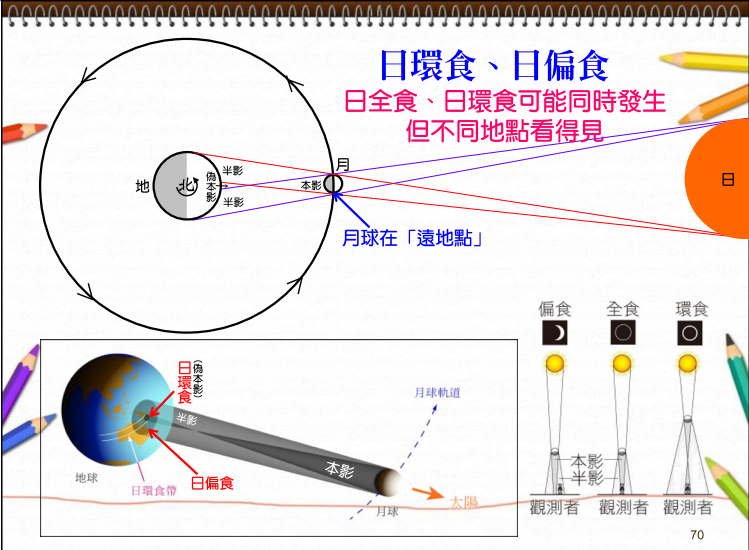
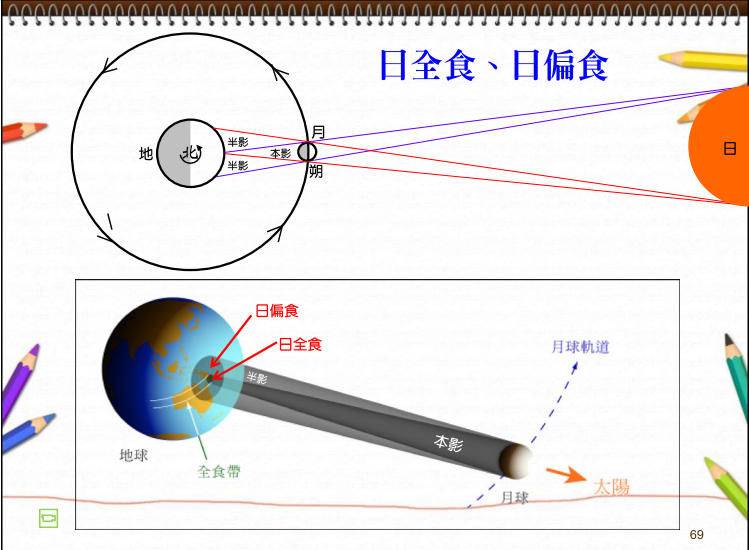
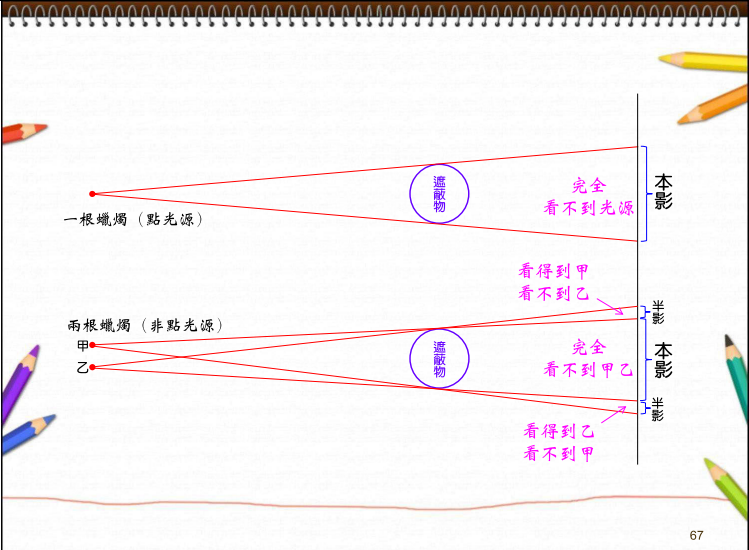
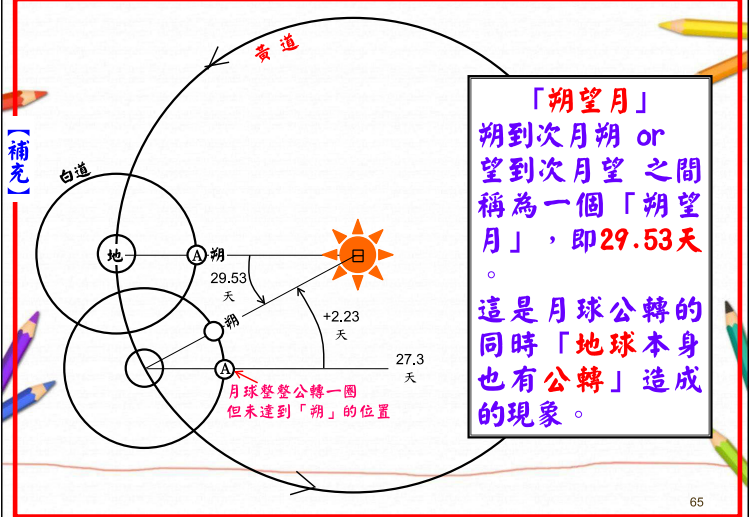
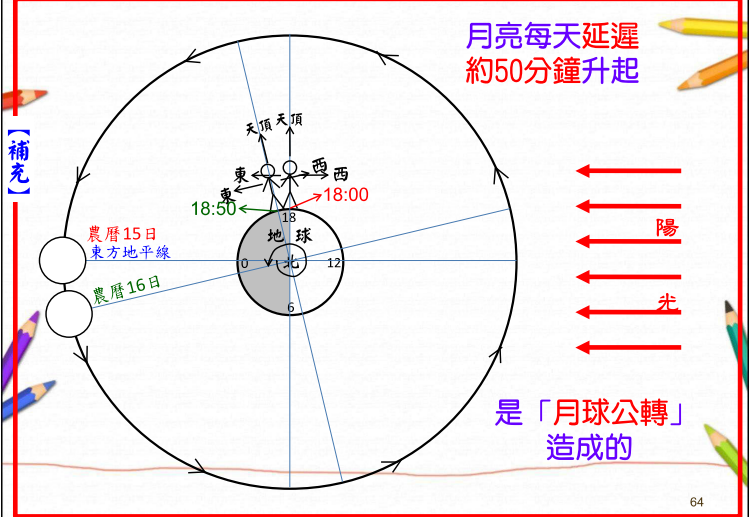
解答：
(1) 月末(2) 約凌晨3~5點

62

■「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。

■我們常聽過的農曆月稱為「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)。

63





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。

針孔投影

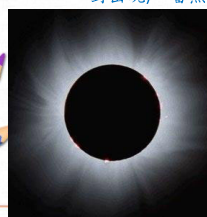
太陽表面重要結構

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。

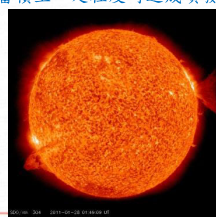
日珥：為巨大的扭曲磁場拖曳著游離的氣體所造成的噴發。

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。

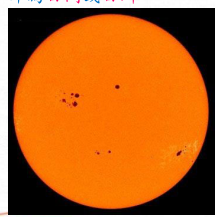
太陽黑子：太陽因磁場變化而影響到內部將核融合熱能對流上來的流暢度時，表面溫度從6000K降至4000K左右，亮度變暗，形成黑色斑點(成對出現)。當熱量蓄積至一定程度時造成噴發，即為日閃或日珥。



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

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)。

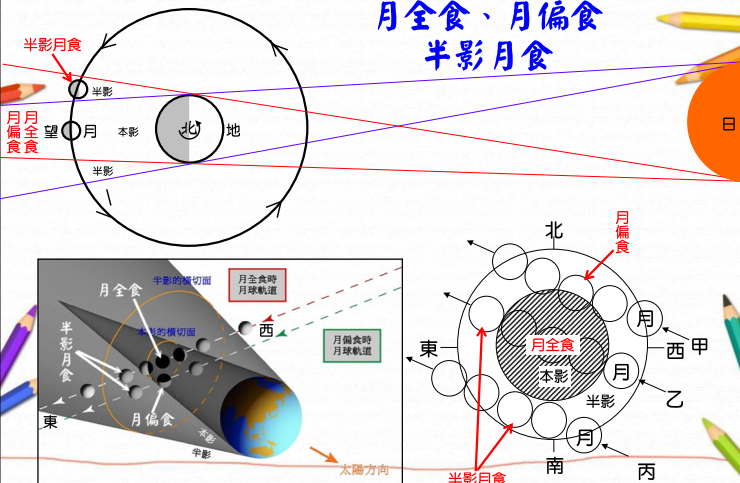
③ **半影月食：**月亮進入地球半影，看起來仍為滿月，只是稍變暗黃，肉眼無法察覺，需靠望遠鏡分辨。

※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。



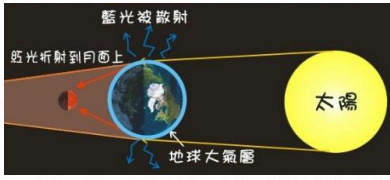
月全食

月全食、月偏食 半影月食

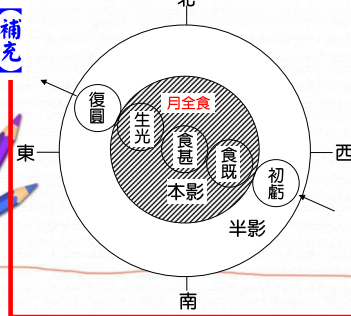


月全食為何呈暗紅色

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)。



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



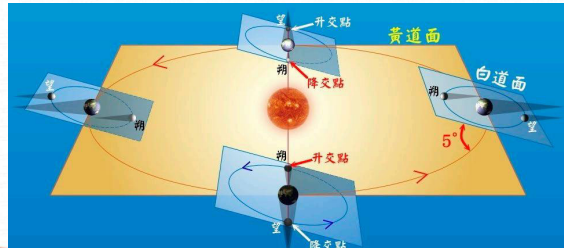
日全食、月全食
全程五大步驟
初虧、食既、食甚、生光、復圓



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

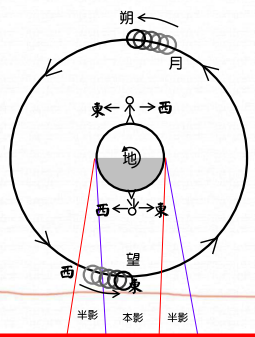
太陽的西邊先缺
復圓時則西邊先復圓

月食時

月亮的東邊先缺
復圓時則東邊先復圓

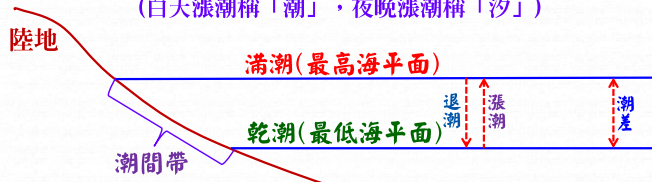
延伸問題

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

向心力： $F_{\text{向}} = m_1 \frac{v^2}{r}$

G : 重力常數

m_1, m_2 : 兩星球質量

r : 兩星球地心間距離

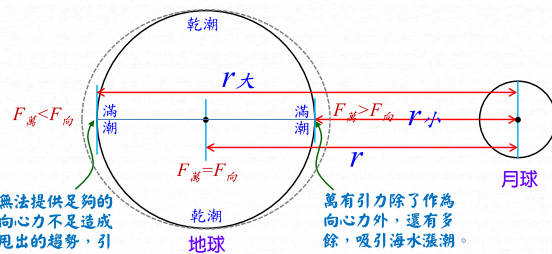
v : 圓周運動速率

$F_{\text{萬}}$ 與 r^2 成反比； $F_{\text{向}}$ 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 $F_{\text{萬}} = F_{\text{向}}$ 。但事實上，地球靠近月球的一端 r 較小($r_{\text{小}}$)，會造成 $F_{\text{萬}}、F_{\text{向}}$ 變大，但 $F_{\text{萬}}$ 是跟 r 的平方成反比，所以會變得比 $F_{\text{向}}$ 大，即 $F_{\text{萬}} > F_{\text{向}}$ 。同理可證，地球背對月球的另一端， r 變大($r_{\text{大}}$)， $F_{\text{萬}}、F_{\text{向}}$ 會變小，但 $F_{\text{萬}}$ 會比 $F_{\text{向}}$ 還小，即 $F_{\text{萬}} < F_{\text{向}}$ 。

80

【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。

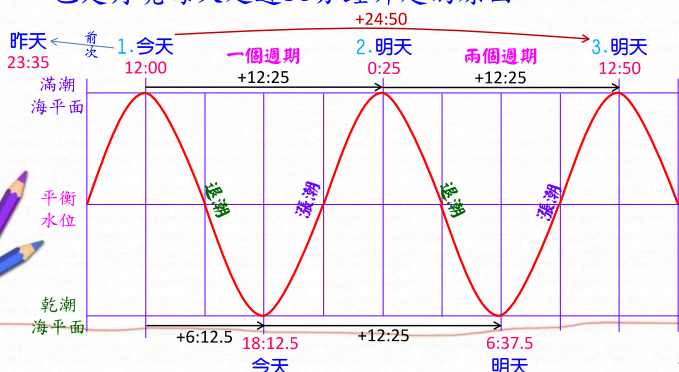
萬有引力除了作為向心力外，還有多餘，吸引海水漲潮。

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？

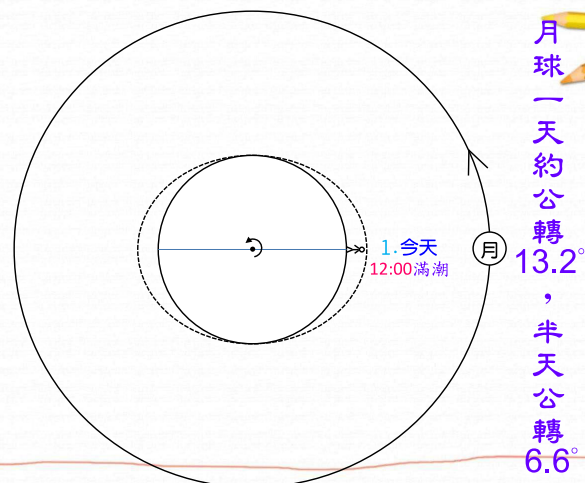
A: 因為太陽太遠，地球靠近和背對太陽的距離差異顯得微不足道， $F_{\text{萬}}、F_{\text{向}}$ 差距不大，所以太陽造成的潮汐現象不如月球。

81

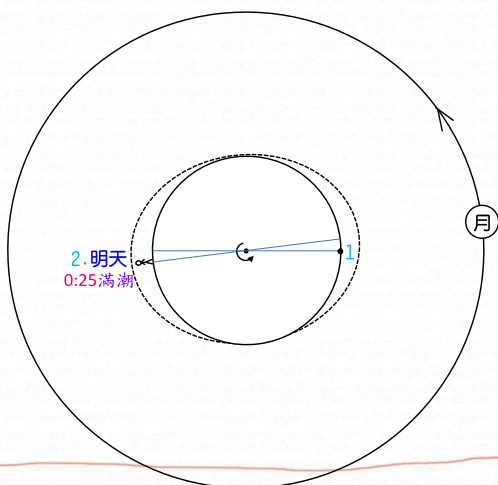
潮汐週期為「12時25分」，即滿潮到下次滿潮或乾潮到下次乾潮的間隔時間，隔日則經兩個週期，共延遲50分鐘，這是「月球公轉」造成的，同時也是月亮每天延遲50分鐘升起的原因。



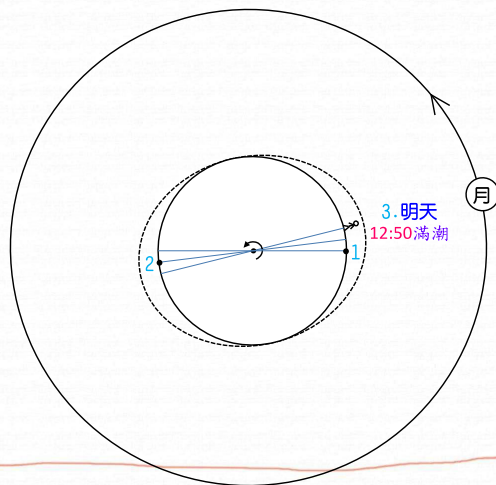
82



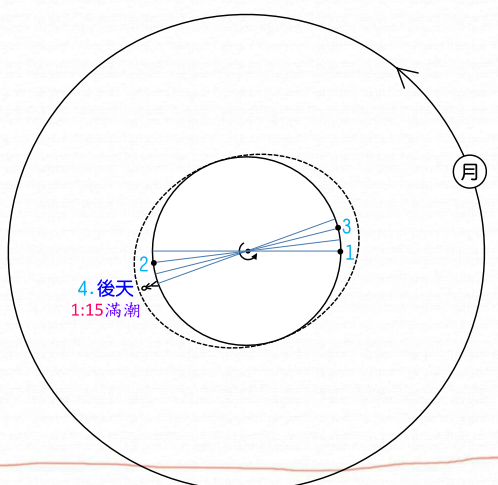
83



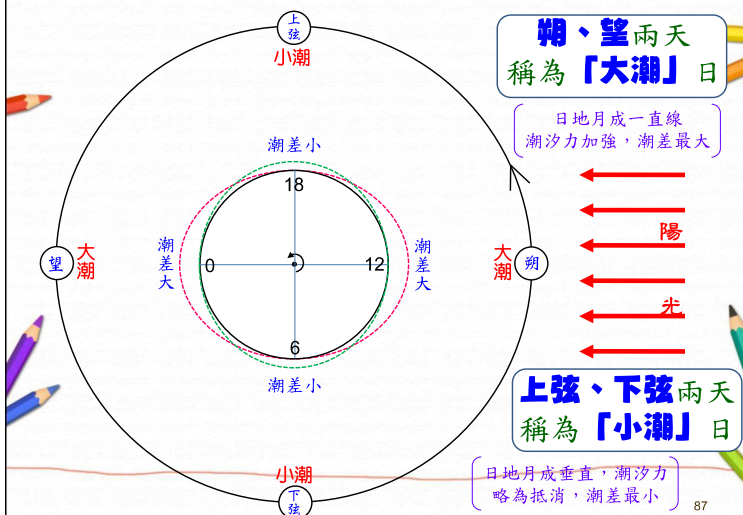
84



85



86



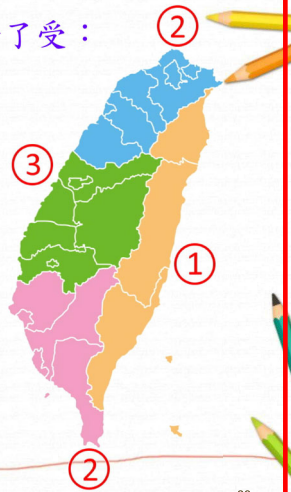
87

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。



88

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」。

89

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) 5/21 5/22 5/23 5/24
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

90

- (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

91

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】

92