

第 5 章 從太空到地球



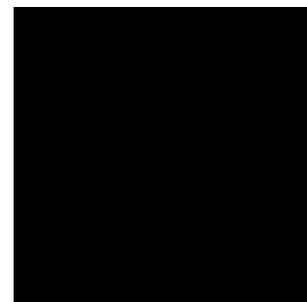
從太空中所見到的地球及月球，和附近的星體一樣，都是宇宙中的成員之一



在晴朗的夜晚仰望穹蒼，總讓人驚嘆宇宙浩瀚與自己渺小。美麗星空中有各式各樣星體，是否有未知的生命存在？



地球晝夜和四季現象與太陽密不可分
月球影響潮汐
隨地球與日、月相對位置改變，產生日、月食。



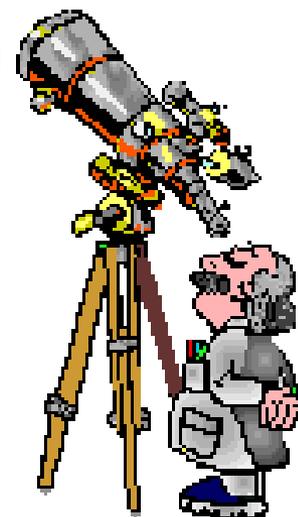
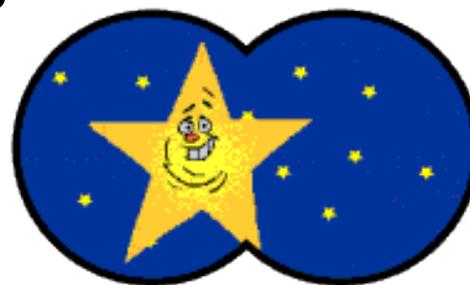
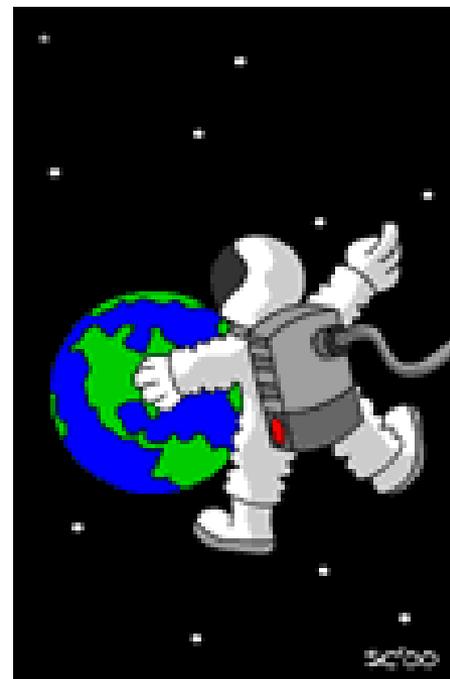


5-1 浩瀚的宇宙

★ 是否曾仰望星空，看著美麗點點繁星而讚嘆不已？

★ 曾否在流星劃破天際的剎那，深受感動而留下美好的回憶？

★ 千百年來，人類對於星空總是充滿好奇





恆星

夜空所見每顆閃爍星星，大部分和太陽一樣，會自行發光，稱為**恆星**

有些恆星較明亮，有些較黯淡，有些甚至無法用肉眼辨識，原因

1. **本身發光能力不同**
2. 受到**恆星與地球距離遠近**的影響

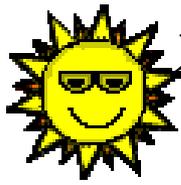


溫度高低影響**顏色**（溫度愈高愈多藍白色 / 愈低愈多紅橙色），而非亮度。

恆星 太陽



距離地球最近的恆星



看來比其他星體明亮，但若將太陽與地球間距離拉到非常大，太陽和許多星星一樣，只是一個小光點



發光作用：核融合（不是核分裂）
組成氣體主要是氫、氦



這些恆星位於太陽系以外 銀河系以內

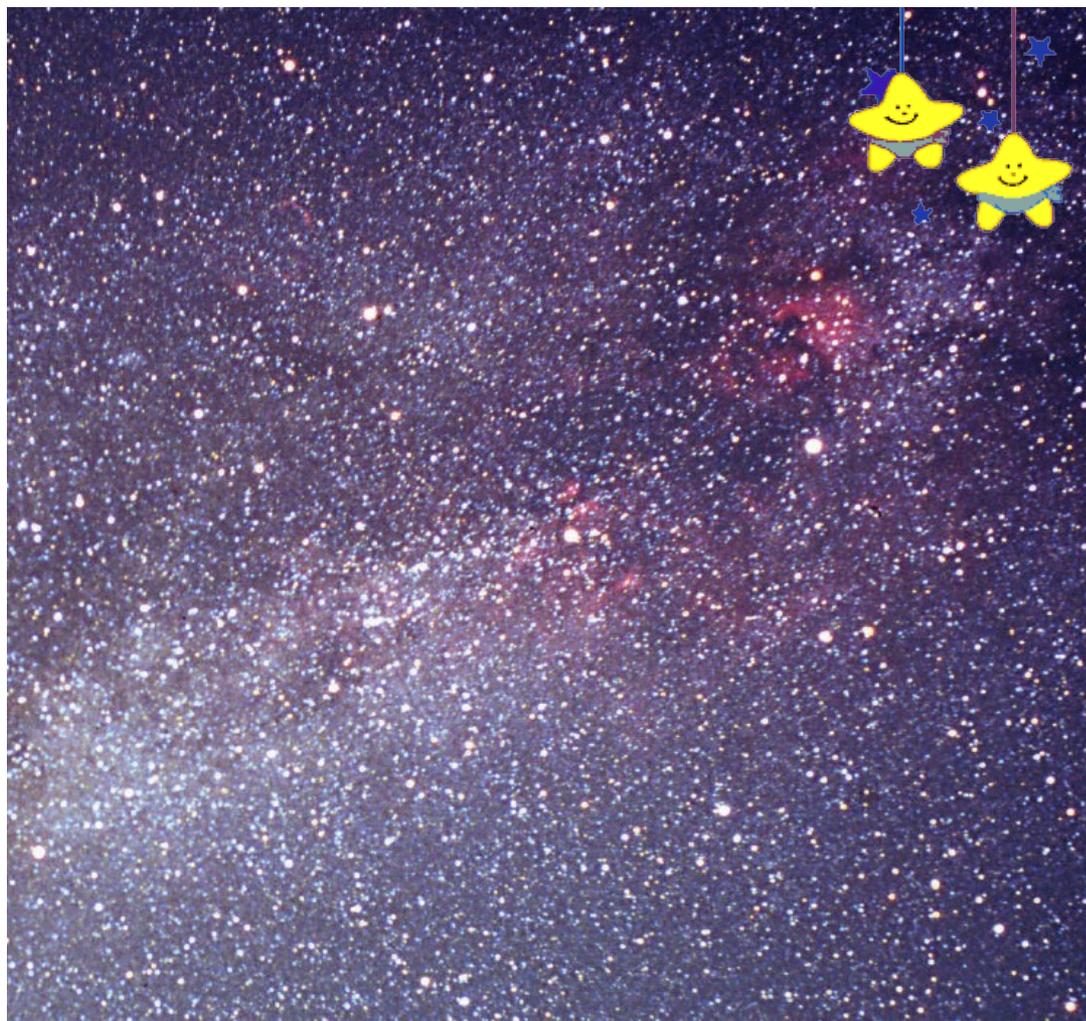


圖 5-1 夜晚所見的滿天星斗，大部分是會自行發光的恆星

光年

 宇宙空間範圍廣大，星體間距離遙遠，不適用一般長度單位

 光每秒行進距離約三十萬公里 = 繞地球七圈半
從太陽發出的光，只需五百秒鐘就可到達地球

 天文學以光行進一整年的距離「光年」
作為距離單位

 每顆恆星與地球距離不同，與太陽系最近的一顆恆星，距離地球約4.3光年



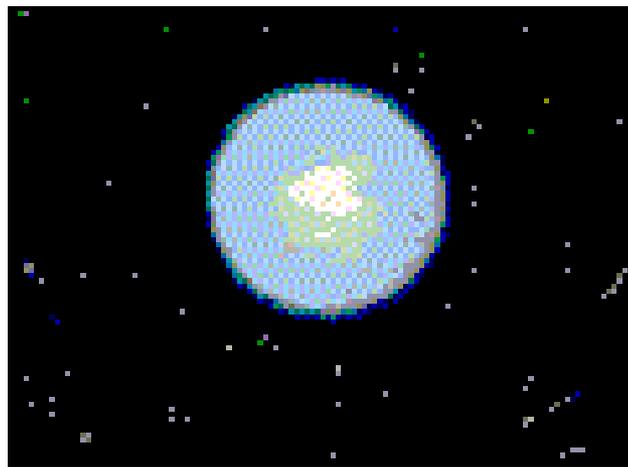
補充資料

大霹靂學說

根據目前科學家推論，宇宙約於**一百多億年前**，由一個高溫、高密度狀態開始，經一次大爆炸急速膨脹而成。

研究結果指出，宇宙到現在仍**持續膨脹**。宇宙的空間與時間可量化，都是有限的。

* 太陽系約在大霹靂以後的中後期形成
(140 億 vs.46 億)

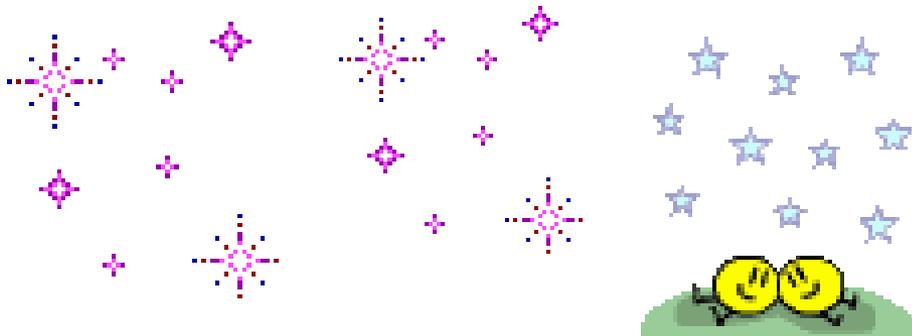


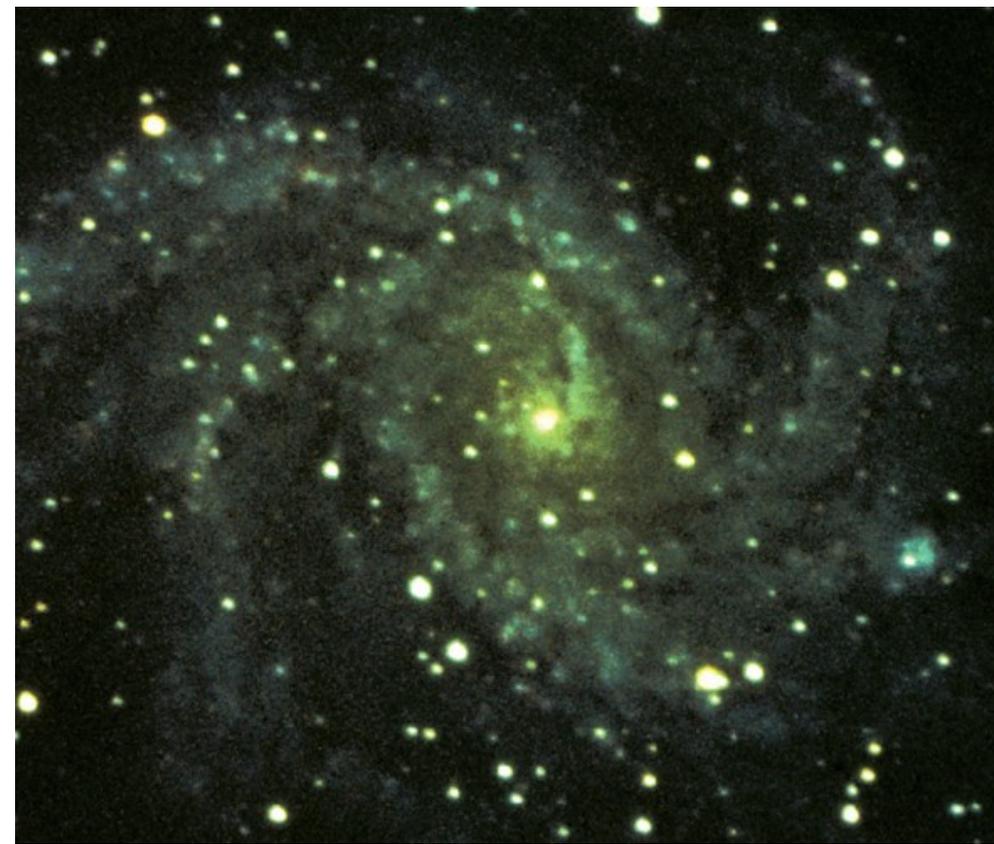
星系

★ 宇宙中恆星分布不均，有些地方有很多恆星、星團與星雲聚集，形成**星系**

地球所在星系——銀河系，外形是一個中央較厚，如荷包蛋狀的圓盤，**直徑約十萬光年**

★ 銀河系和宇宙中數百億個星系相較，顯得微不足道。





a . 銀河系俯視圖



b . 銀河系側視圖

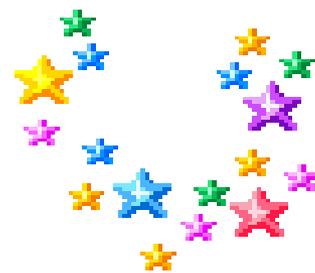
地球屬於銀河系，故地球上的太空望遠鏡無法拍攝到銀河系外觀；此兩張圖是類似銀河系外觀的星系
太陽系位於銀河系的獵戶座旋臂上



圖 5-2

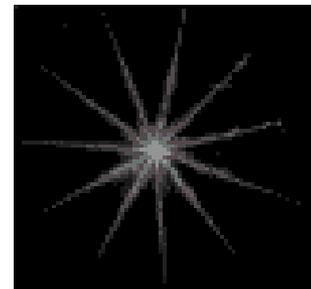
銀河系形狀示意圖，俯視呈現漩渦狀，側視如同一個荷包蛋

? 想想看



若兩顆星體相距 1 光年，從其中一顆星體所發出的光，要行進一整年後才會到達另一顆星體。

若天狼星距離地球 8.7 光年，那麼在地球上看到的天狼星，是光行進多久以後才被看到的呢？人們看到的天狼星又是多久以前的天狼星呢？



天狼星距離地球 8.7 光年，所以我們看到的天狼星，是光行進 8.7 年才到達地球，被我們看到。

因此我們現在看到的天狼星，就是 8.7 年前的天狼星。





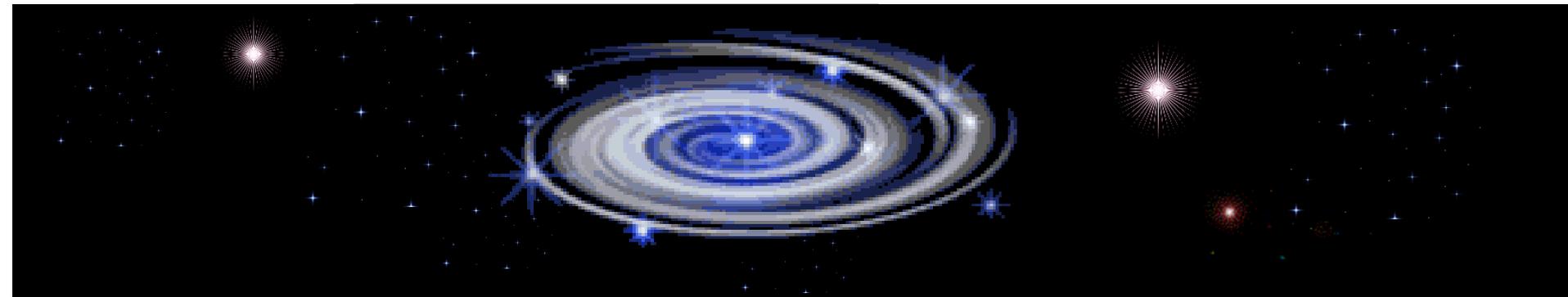
補充資料

星團、星雲與星系

星系：主要由恆星、星團與星雲構成
恆星平均數目約有數百億～數千億顆

星團：數百顆～數十萬顆距離相近的恆星聚集

星雲：星際間氣體和微塵聚集之處





補充資料

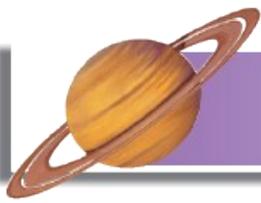
宇宙由小到大的組成關係：

組成
關係

衛星 → 行星 → 恆星 → 星系 → 宇宙

例子

月球 → 地球 → 太陽 → 銀河系 → 宇宙



5-2 太陽系



類地行星與類木行星

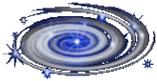
自古以來，人類看著太陽規律地東昇西落，
以為地球是宇宙中心，其他星體都繞著地球
運轉

哥白尼（ Nicolaus Copernicus ， 1473
~1543 ）提出觀察結果，發現地球是繞著太
陽運轉

行星



不會自行發光，且繞著恆星公轉星體

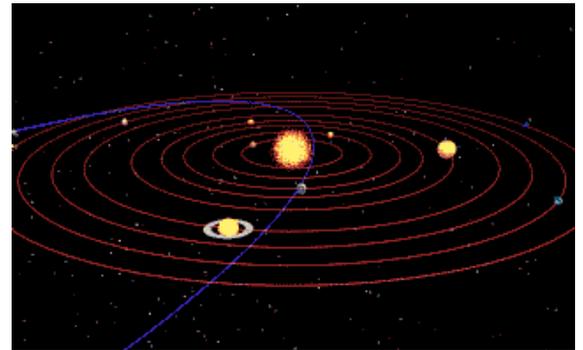


星雲學說

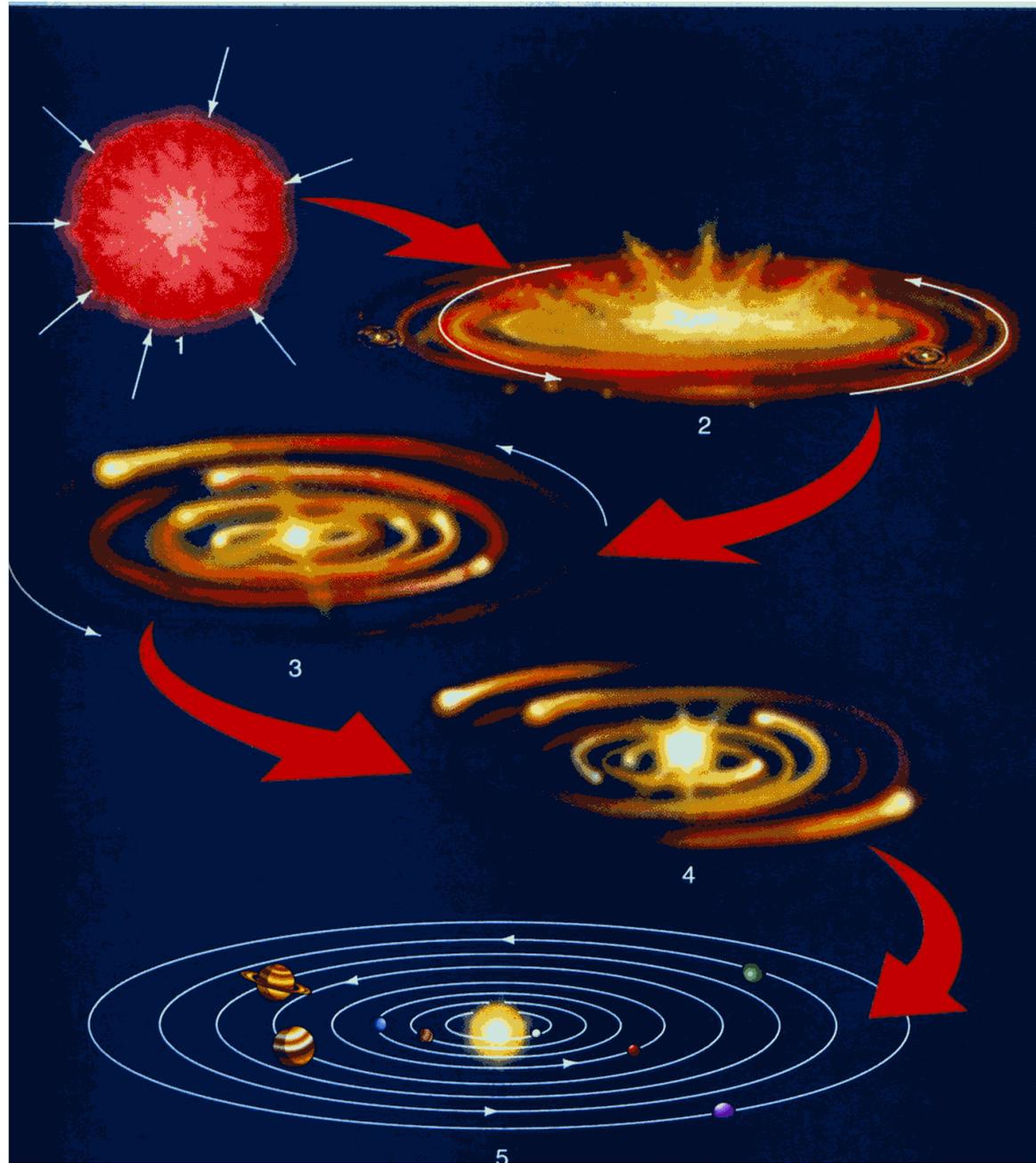
「太陽系約在四十六億年前，由一堆星際間微塵與氣體，互相吸引聚集形成」。



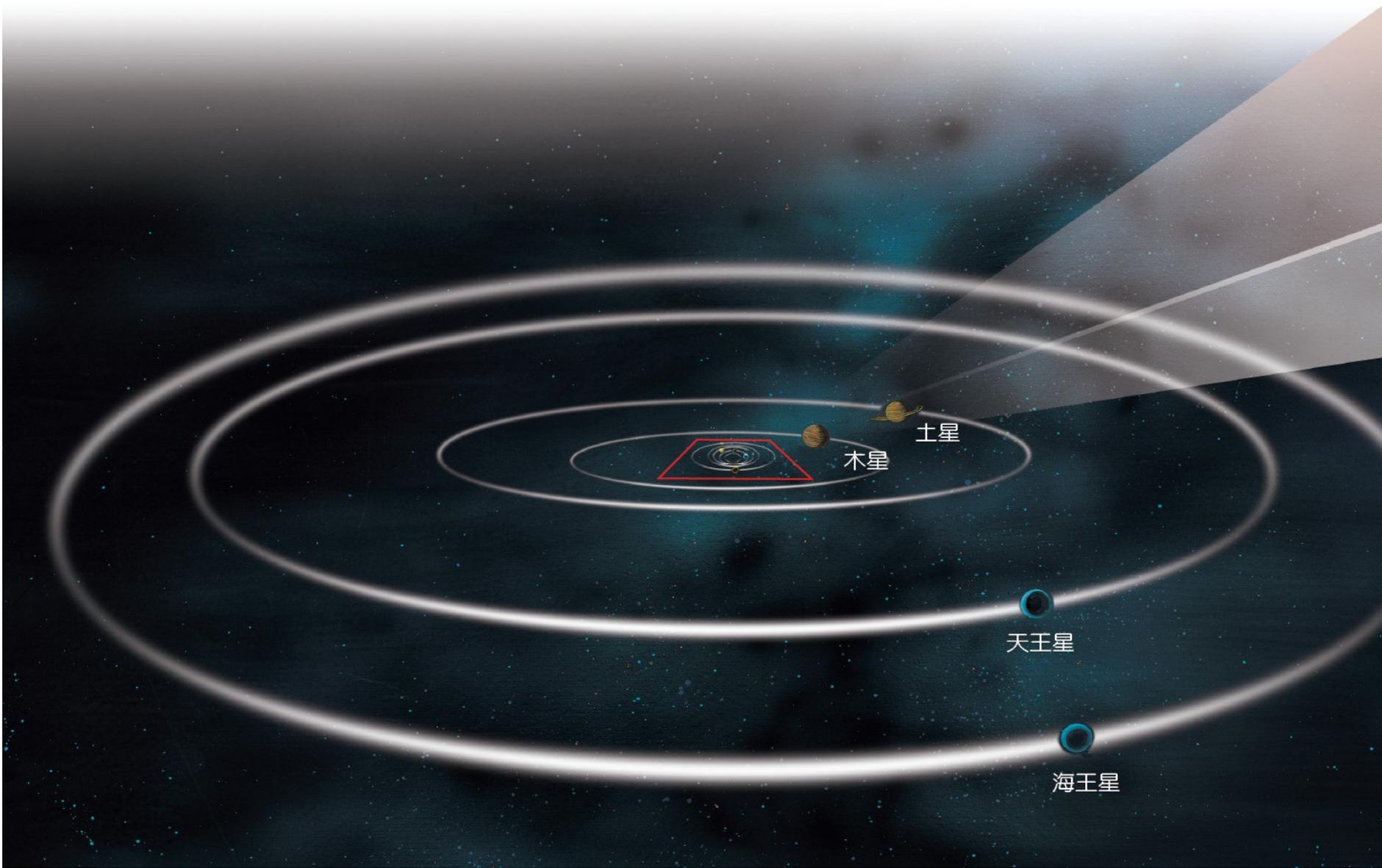
太陽系中距太陽由近至遠分別是
水星、金星、地球、火星、木星、土星、天
王星、海王星



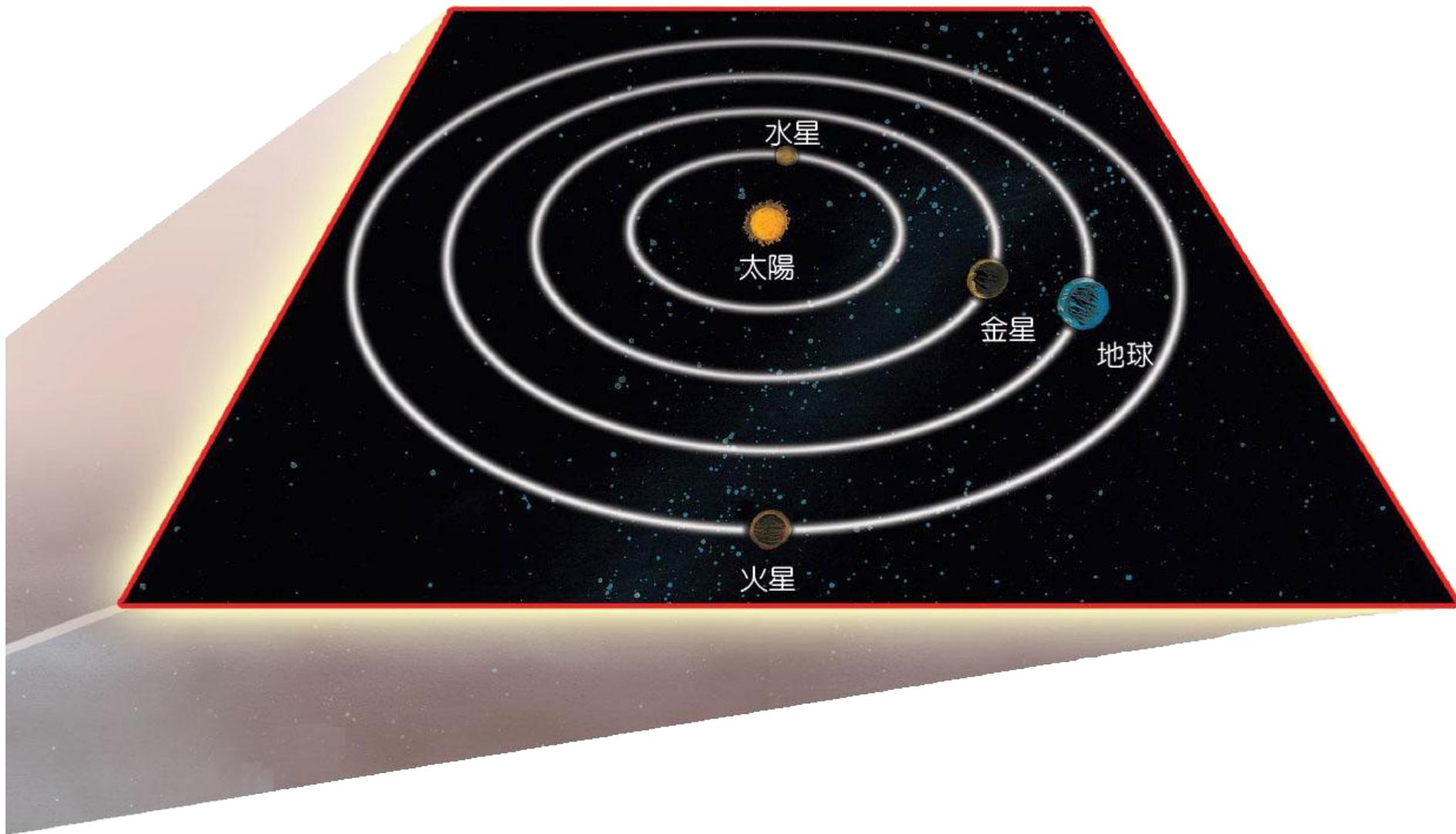
星雲學說 示意圖



來源：http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/wp_chen/essay/universe.htm



↑ 圖 5-3 繞著太陽運轉的行星及其軌道示意圖



⬆ 圖 5-3 繞著太陽運轉的行星及其軌道示意圖

類地行星、類木行星



太陽系約在四十六億年前，由一堆星際間微塵及氣體，互相吸引聚集形成



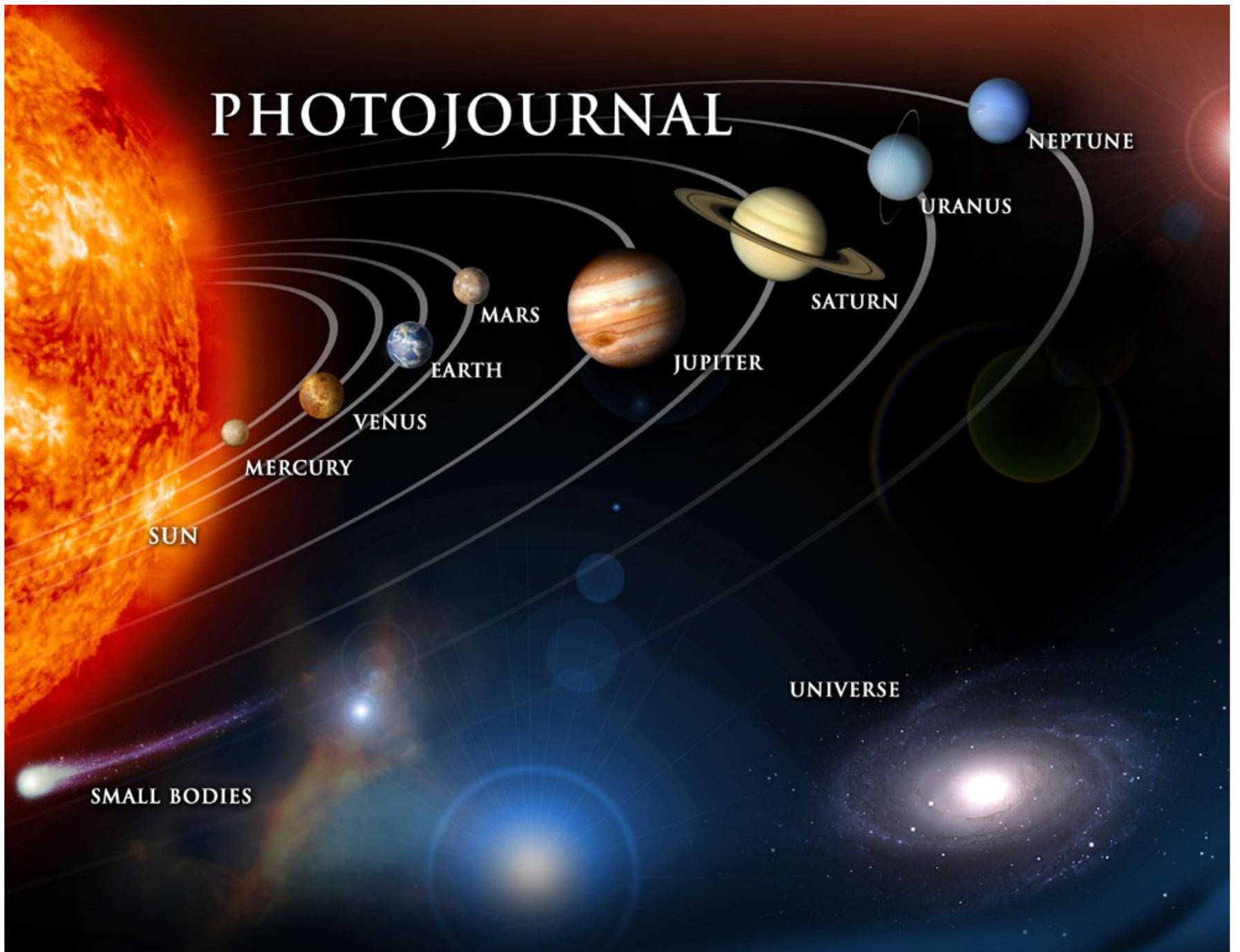
形成初期，較重物質留在內圈，組成**水星、金星、地球與火星**，稱為**類地行星**



較輕物質聚集在外圈，組成**木星、土星、天王星及海王星**，稱為**類木行星**



PHOTOJOURNAL



SUN

MERCURY

VENUS

EARTH

MARS

JUPITER

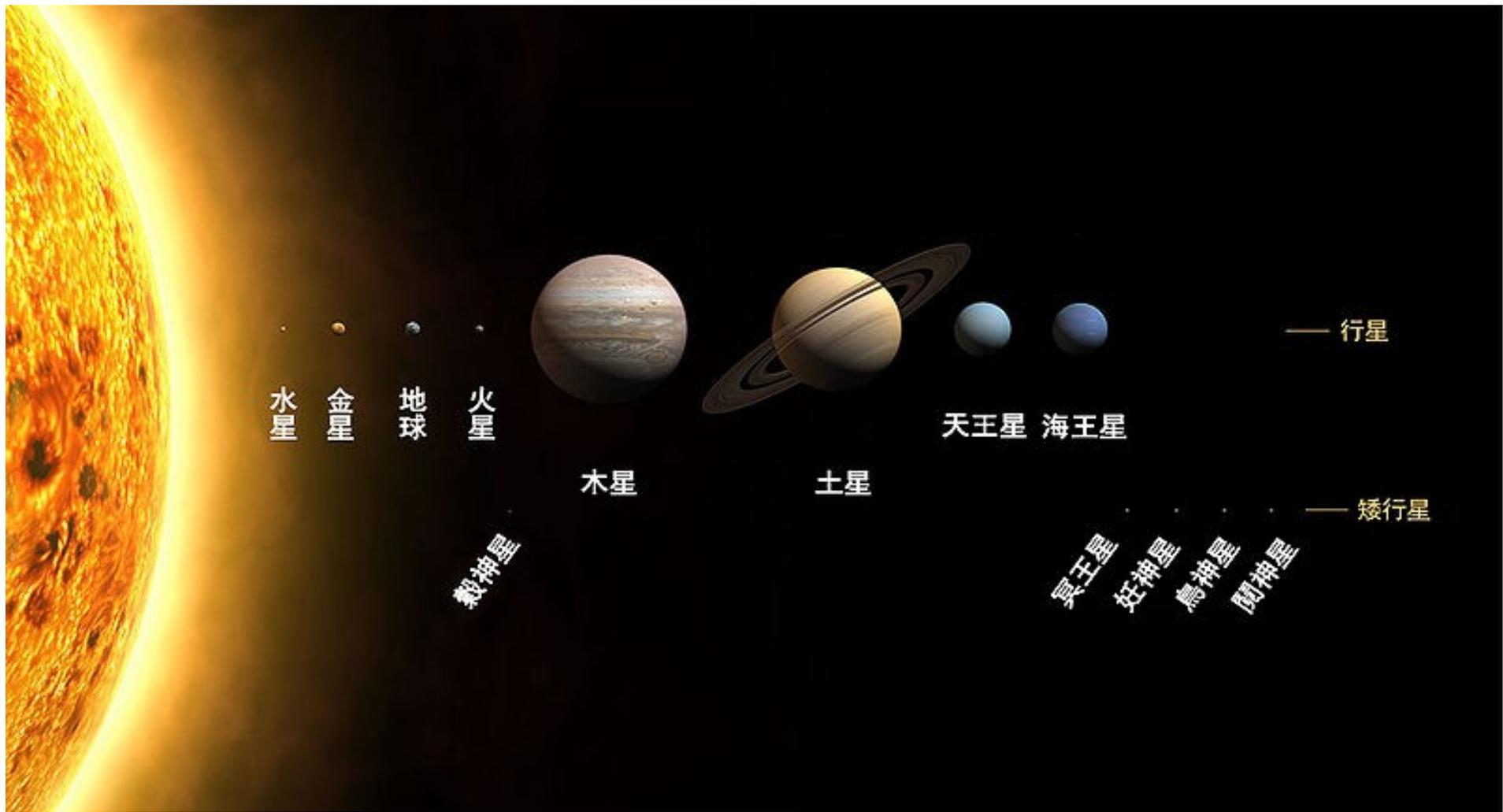
SATURN

URANUS

NEPTUNE

SMALL BODIES

UNIVERSE



水星

金星

地球

火星

木星

土星

天王星

海王星

—— 行星

—— 矮行星

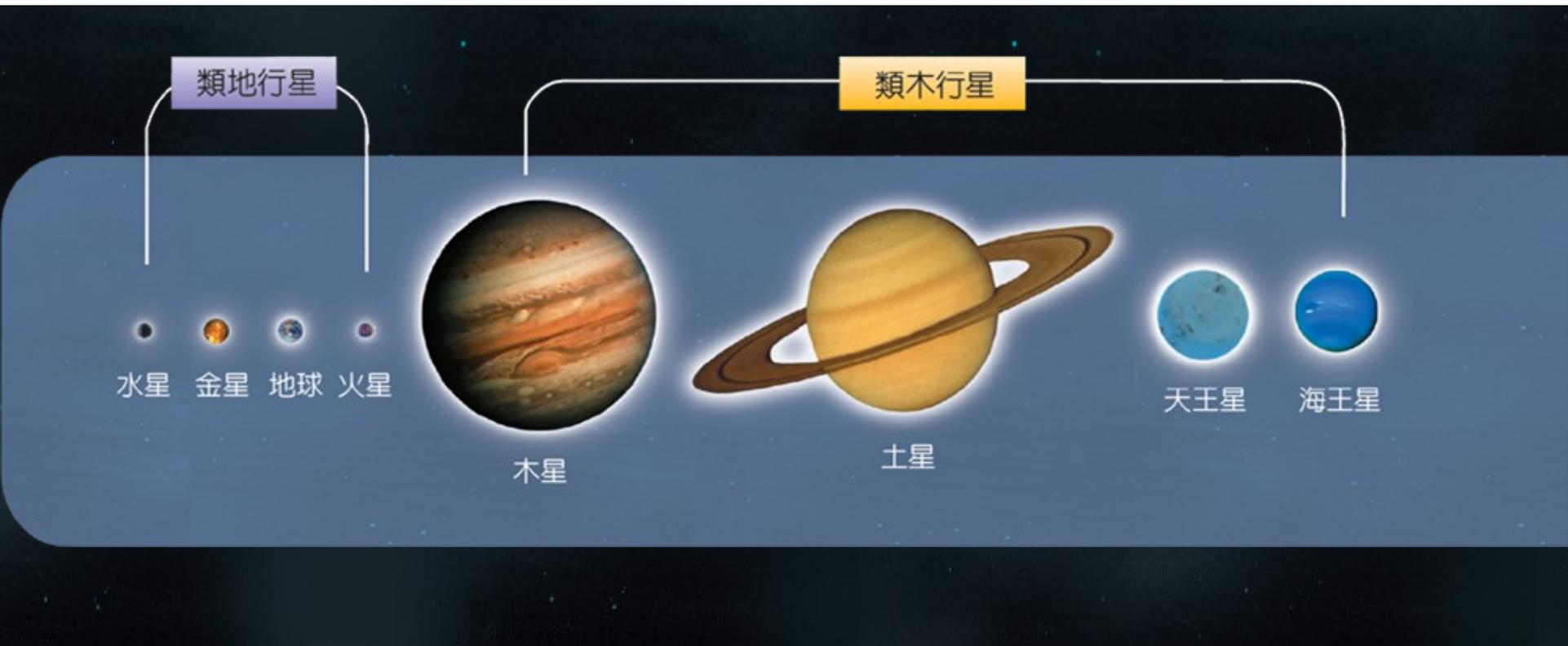
冥王星

妊神星

鳥神星

阋神星

水星與金星在地日之間，
夜晚難以用人的眼睛觀察到（古稱「晨星」、「昏星」）



↑ 圖 5-4 行星的大小比例示意圖



水星

金星

地球

火星

類地行星 = 內行星

類木行星 = 外行星

代表

地球

木星

組成

岩石、金屬
具有岩石的外殼

氣體、冰雪
無固體的外殼

特質

體積小、密度大、質量小

體積小、密度大、質量大

成員

水星、金星、地球、火星

木星、土星、天王星、海王星



■ 表 5-1 太陽系行星的資料

種類	行星	與日平均距離 (天文單位)	主要 組成物質	岩石 外殼	平均密度 (g/cm ³)	體積大小 (假設地球體積為 1)
類 地 行 星	水星	0.39	岩石、金屬	有	5.44	0.06
	金星	0.72	岩石、金屬	有	5.24	0.86
	地球	1.00	岩石、金屬	有	5.52	1
	火星	1.52	岩石、金屬	有	3.93	0.15
類 木 行 星	木星	5.20	氣體、冰雪	無	1.33	1321
	土星	9.54	氣體、冰雪	無	0.69	755
	天王星	19.18	氣體、冰雪	無	1.28	63
	海王星	30.06	氣體、冰雪	無	1.64	58

(1天文單位 = 地球與太陽間的平均距離，約 1.5億公里)



補充資料

矮行星

太陽系的行星數目，在西元 2006 年的國際天文聯合會第 26 屆大會之後改變。

新的行星定義要求 --

1. 一個繞行恆星的星體
2. 近似圓球狀
3. 有足夠的質量及重力，使公轉軌道能與周邊星體清楚區分。



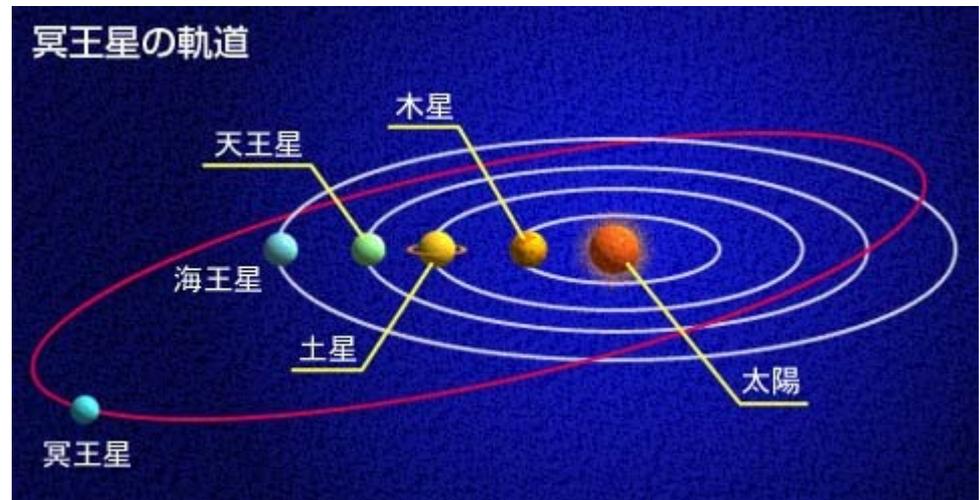


補充資料

矮行星

有些類似行星的星體體積 / 質量太小，重力太弱使他們的繞日軌道無法像行星般與周圍星體清楚區分，科學家將這些類似行星的星體歸類為矮行星。目前發現的矮行星有五顆，未來也將繼續公布其他歸類為矮行星的星體。

1. 閼神星 Eris
2. 冥王星
3. 穀神星 Ceres
4. 鳥神星 Makemake



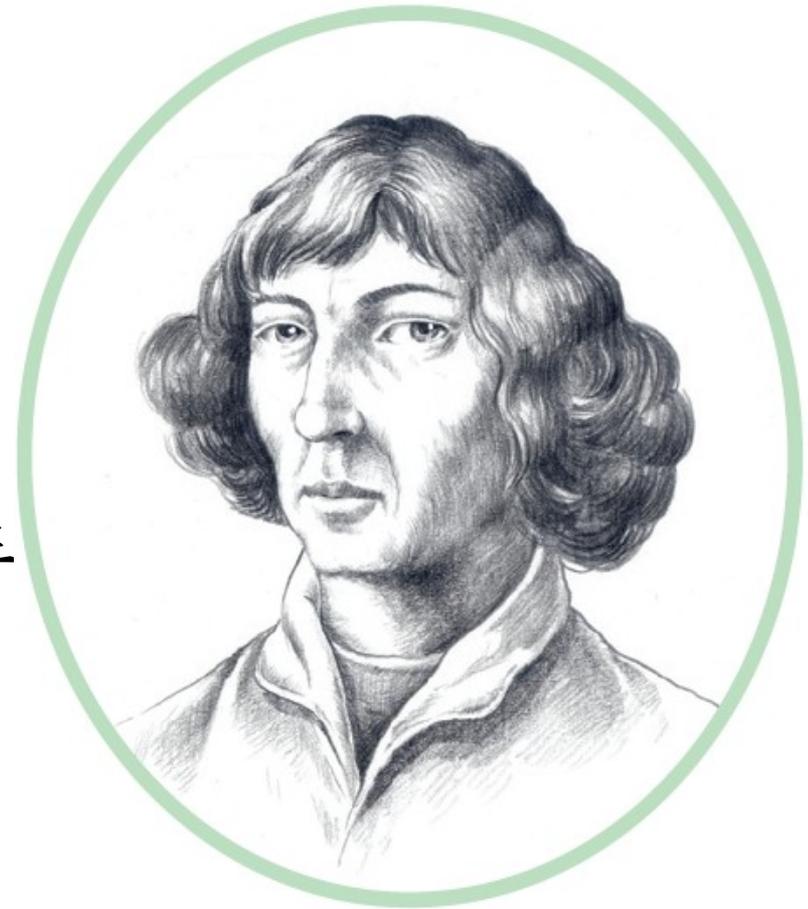
5. Haumea (在夏威夷意為豐收與生育女神) 圖來源



科學家小傳

哥白尼 (Nicolaus Copernicus , 1473 ~ 1543)

哥白尼出生於波蘭，
從小父母雙亡，被擔任主
教的舅舅收養，在波蘭的
大學學習哲學、數學、天
文學與地理學。之後到義
大利留學，於西元 1496 年
獲得博士學位。





哥白尼 (Nicolaus Copernicus , 1473 ~ 1543)

15 世紀前人們認為地球是宇宙中心，並用繞地球運轉的地心說（又稱為天動說）理論解釋所有天文現象。

哥白尼在義大利求學期間，不斷進行天文觀測及記錄，發現觀察結果與地心說理論有所出入，逐漸發展出以太陽為中心的日心說，歷經多年終於完成記載日心說的天文著作——天體運行論。



科學家小傳

哥白尼 (Nicolaus Copernicus ， 1473 ~ 1543)

天體運行論的初稿約在西元 1530 年便已完成，但由於違背當時天主教教義，遲遲沒有發表。

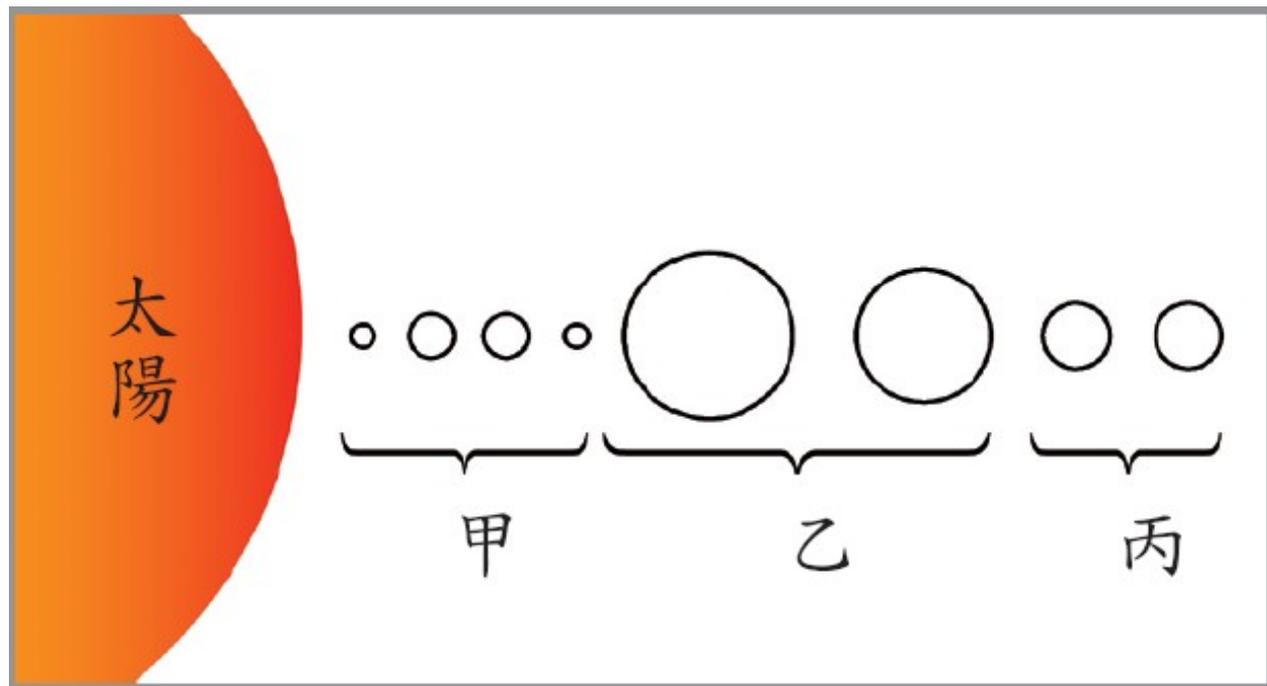
直到西元 1539 年，一位德國數學教授閱讀哥白尼論文深受感動，親自拜訪哥白尼，並一起討論長達兩年。最後當完整的天體運行論終於出版時，哥白尼雙眼早已失明並重病在床，且在當天與世長辭。

例題 5-1

如圖為太陽系中各行星距離太陽的遠近順序示意圖。若將圖中之行星分為三大類：甲、乙、丙，則各類星球的平均密度關係何者正確？

【92-2 基測】

- (A) 甲 < 乙
- (B) 甲 = 乙
- (C) 甲 > 丙
- (D) 甲 = 丙



解答

太陽系行星分為

1. 距離太陽較近的類地行星

(含水星、金星、地球、火星)

2. 距離太陽較遠的類木行星

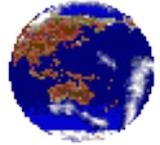
(含木星、土星、天王星、海王星) ，

類地行星組成以岩石及金屬為主，密度較大

類木行星組成以氣體及冰雪為主，密度較小

答案為 (C) 。

蔚藍行星—地球



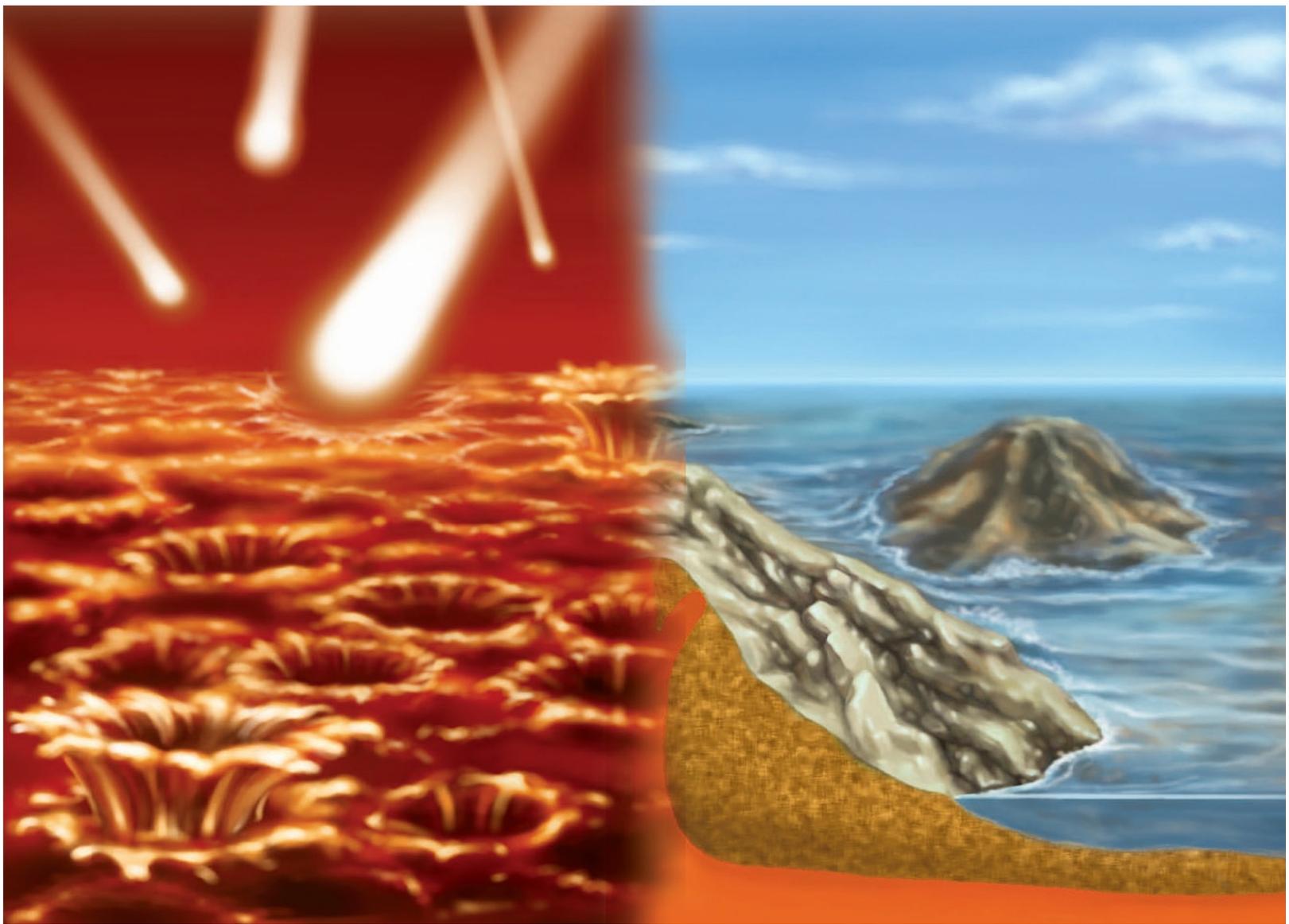
太陽系中，**唯一同時具有陸地、海洋與大氣的行星**。



陽光、空氣、水和土壤，能孕育出各式各樣生命，成為目前發現唯一具有生命現象的獨特星球



形成初溫度相當高，呈熔融狀態。溫度冷卻過程中，重物質下沉形成核心，輕物質形成表面，固體地球慢慢成形



a. 地球剛形成時溫度很高，呈熔融狀態 b. 地球冷卻而漸形成現今外貌

圖 5-5 地球剛形成的時候與現今的外貌示意圖

蔚藍行星—地球

與太陽間距離適中 } 目前地球年平均氣溫
大氣和水調節 } 約保持 15°C 左右

金星表面平均氣溫高達攝氏四百多度 
火星表面平均氣溫約為攝氏零下六十幾度
液態水無法存在，遑論海洋和河流等繁衍生命
條件會出現

地球氣溫適宜，能使固態、液態與氣態水同時
存在，還孕育出多彩多姿生命 



地球大氣層

- ❁ 氣體受地球吸引，在地球外圍形成**大氣層**。
現今大氣**氮氣**約占 4/5
氧氣約占 1/5
- ❁ 是原始大氣**經數十億年演變**而成，生命不可
或缺的生存條件
- ❁ 在其他的類地行星中，**金星與火星**具有大氣
，但均以**二氧化碳**為主，不適合生物生存



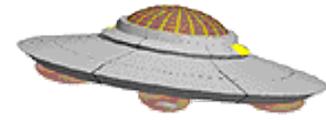
能量來自於太陽



 太陽質量遠大於太陽系中其他星體，因此太陽系中天體運行受太陽引力影響，規律地繞太陽運轉

 太陽釋放光與熱，是地球上主要能量來源，生命現象與天氣現象等所需要的**能量大部分來自太陽**

探測星球



日新月異的太空科技，使人類不斷嘗試尋找地球外可能的星際生命

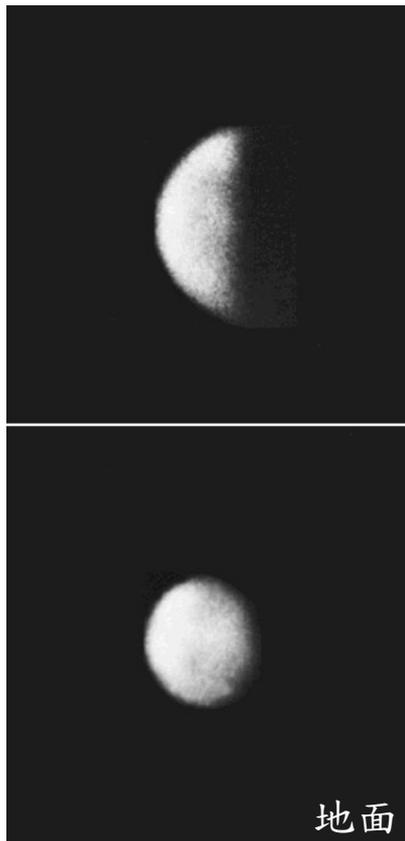


目前已對鄰近星球進行探測，尤其是與地球環境較為接近且曾有水存在的**火星**，是積極探索的目標

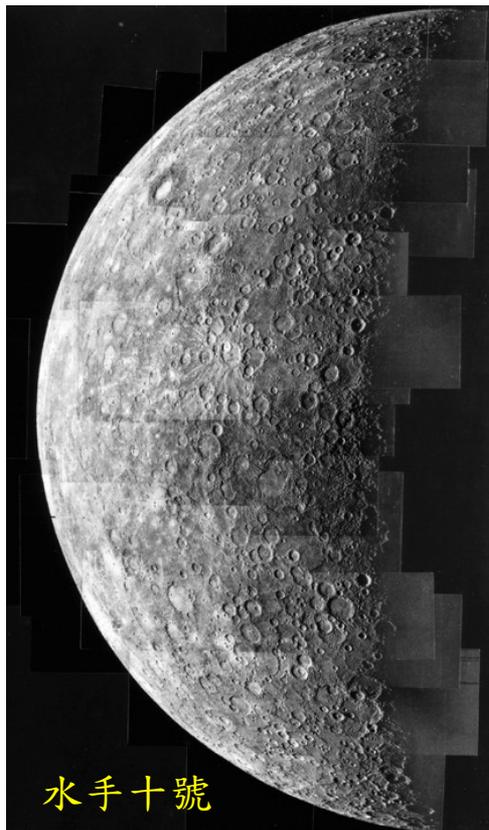




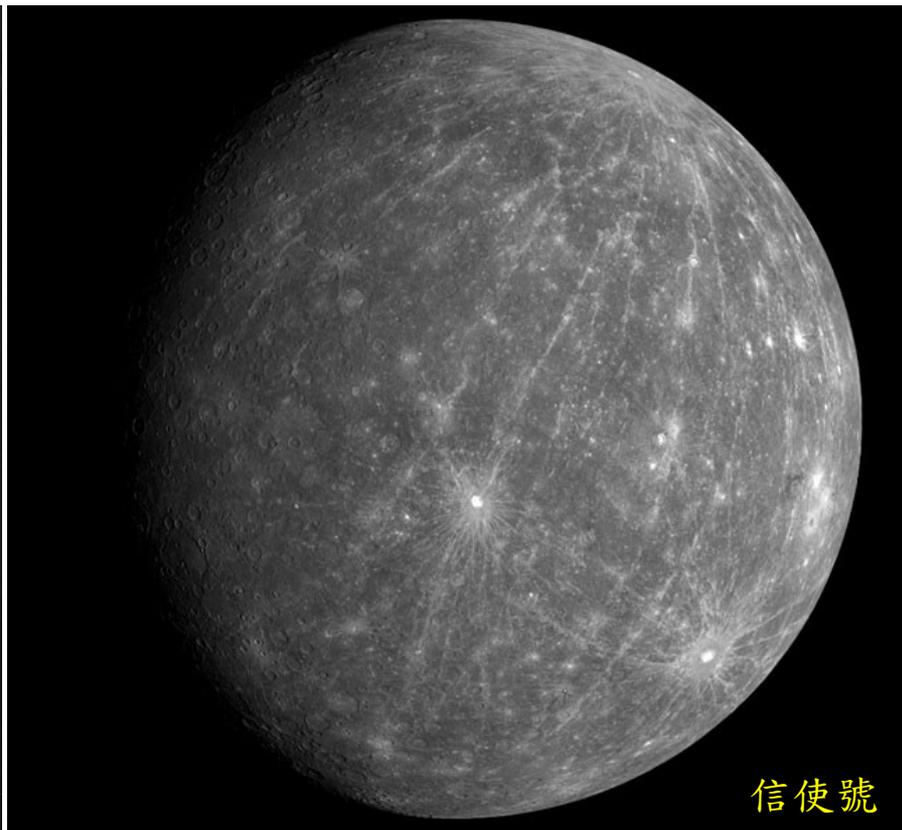
水星



地面



水手十號



信使號

ap081008.html

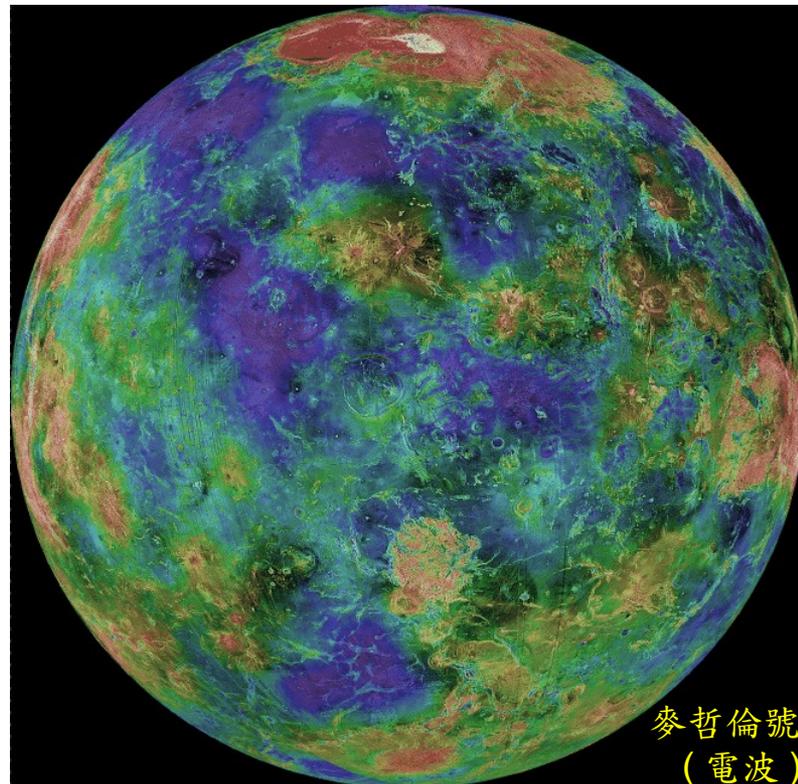
沒有衛星，軌道較扁平，軌道和黃道面的夾角高達7度。大氣非常稀薄，接近真空，無法保持穩定的表面溫度，日夜溫差非常極端。有相當大的鐵核，鐵質核心約佔全部體積的42%。磁場約是地球百分之一，自轉非常緩慢(58日)，它如何維持強磁場，仍是有待解決的謎題。

圖文來源：
成大物理系
許瑞榮教授

金星



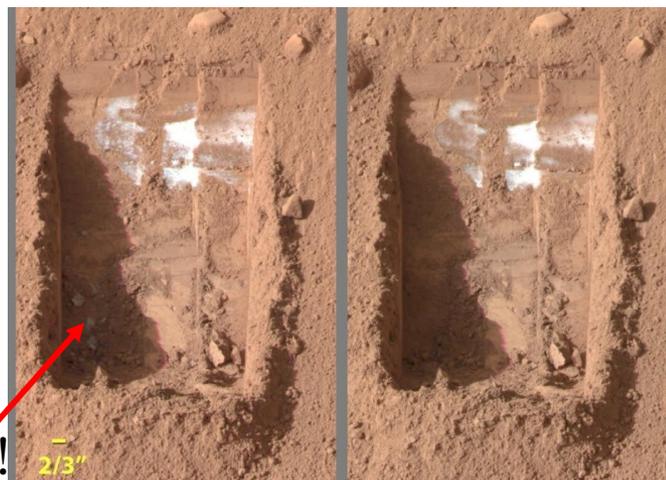
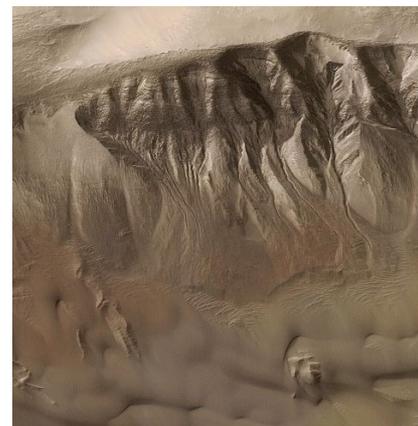
補充



地球的姐妹行星(半徑、質量、密度、化學組成)。大氣以二氧化碳為主(96%)、氮佔3.5%、水氣+硫酸+鹽酸(0.5%)。表面氣壓是地球的90倍，溫度達攝氏482度。自轉為逆轉，無磁場。

圖文來源：
成大物理系
許瑞榮教授

火星



水冰！

截至 2008/1201，共三十五次火星探測任務，只有 12 次成功。目前的火星探測船 / 車有 Mars Phoenix Lander, Mars Global Surveyor、Mars Odyssey、Mars Express-ESA、Mars Exploration Rovers (Spirit & Opportunity)、Nozomi (hope; failed)-JPN。

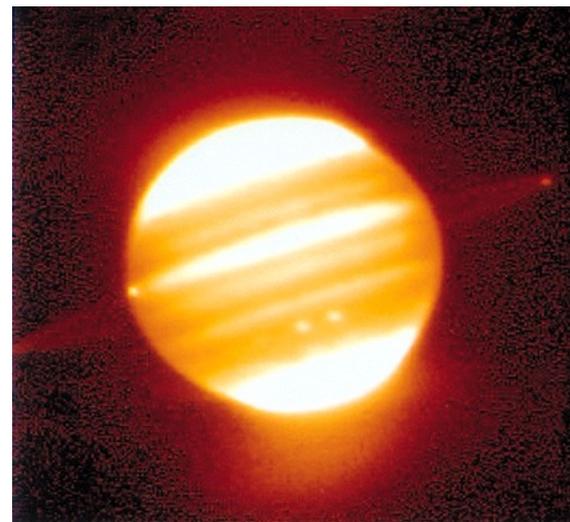
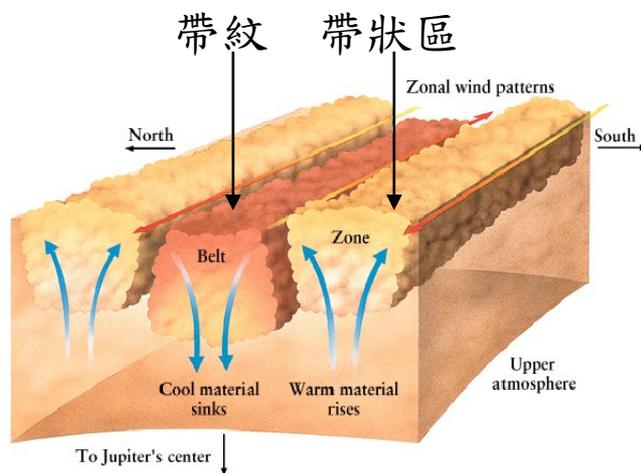
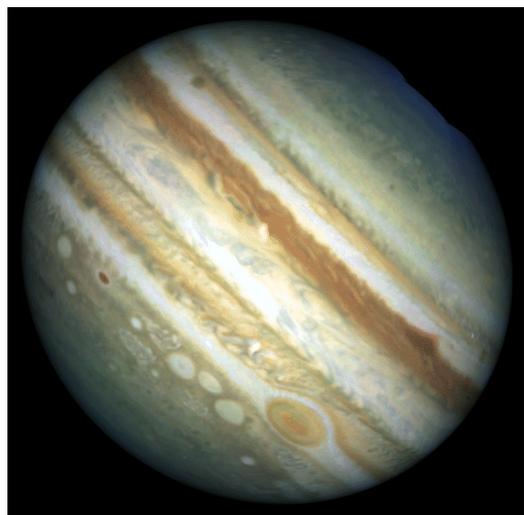
火星



火星鳳凰號登陸船下的水冰

- 大氣二氧化碳佔 95%，氮和氫各佔 2%，氧佔 0.15%，水氣只有 0.03%。質量太小難以維繫大氣，表面氣壓只有地球百分之一。空氣稀薄，日夜溫差近 50 度，易產生強風引起沙暴。
- 氣候有類似地球的四季變化，極冠成份是乾冰和水冰，極冠範圍隨季節變化而增減。表面有類似流水浸蝕留下來的痕跡，所以過去可能較適合生命起源和發展，不過到目前為止，科學家尚未找到火星生命存在的證據。土壤和地球相似，主要成份是矽酸鹽。土壤含鐵量比地球高，所以它火紅色彩是來自土壤的氧化鐵。

木星



木星環 (紅外光)

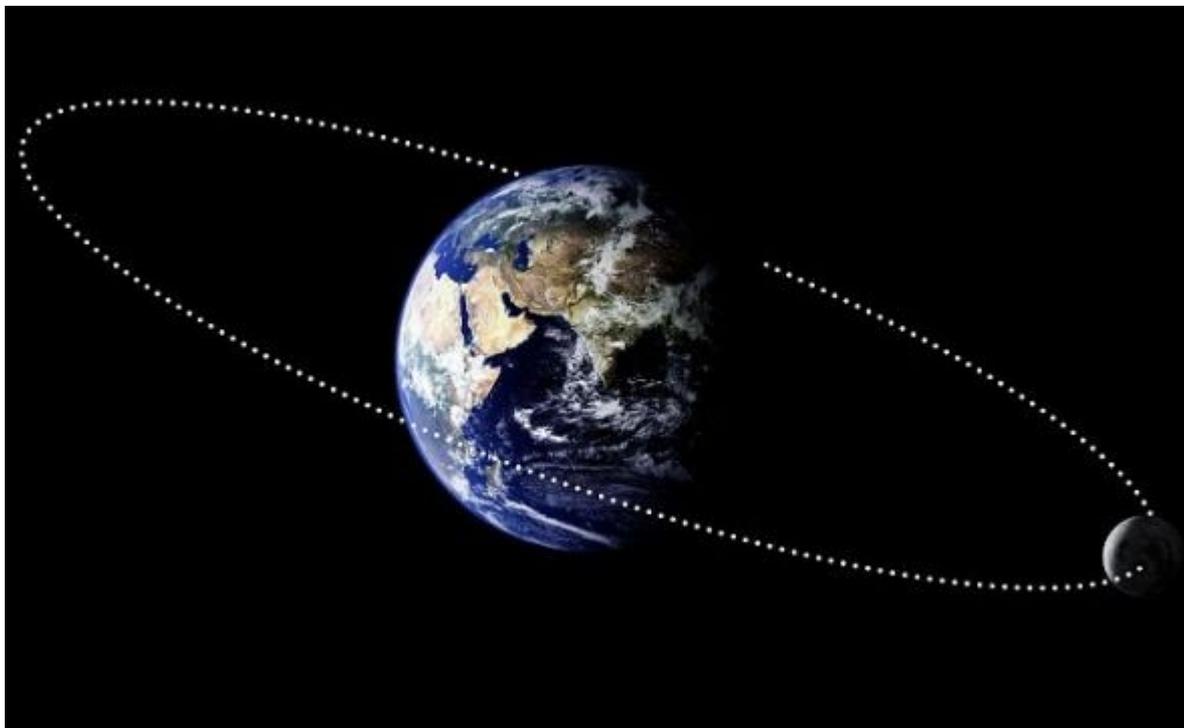
質量佔全部行星 71%，組成和恆星很像。有色彩鮮明的**帶狀區 (zones)** 與**帶紋 (belts)**，帶狀區為亮黃白色的高壓區域，氣體由此向外流。帶紋是低壓區，顏色較暗，通常是紅 / 棕色或藍綠色，下降氣流由此進入木星。著名的大紅斑約是地球兩倍大，已存在超過 300 年，是個逆時鐘旋轉的高壓氣旋，溫度稍微比周圍低。

氫佔的 78%，氦佔 19%，其餘是水、甲烷和氨，再加上大氣厚重，直徑是地球的 11 倍，被稱為是氣態巨行星。1973 年起共有包括伽利略號內的六艘太空船探測過木星。在 1978 年研讀航行者探測船傳回來的影像，天文學家才知道木星也有環系，不過亮度遠不及土星環。

太陽系其他成員

太陽系除太陽與八大行星外，還有許多繞行星運轉的「**衛星**」

月球是地球唯一的一顆天然衛星



太陽系的其他成員

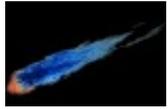


小行星帶

在火星與木星間

由許多質量較小的小行星構成

主要成分：**岩石及金屬**



彗星

組成物質：**冰雪和灰塵**

當彗星在軌道運行至太陽附近時，受太陽照射產生**彗尾**，狀似掃帚，俗稱「**掃帚星**」

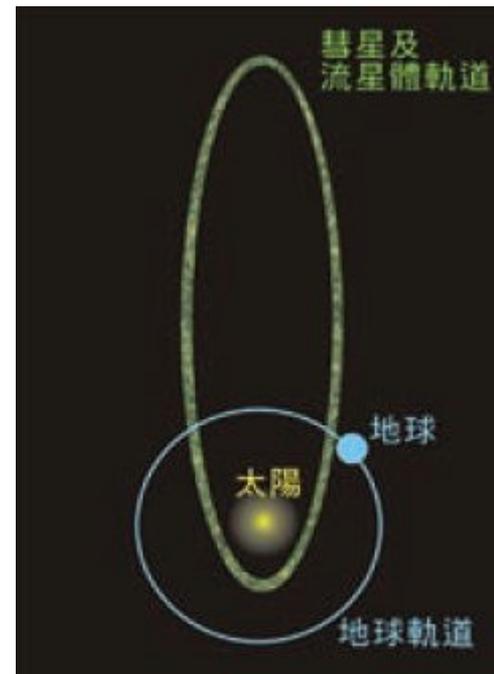
彗核	冰、氫、甲烷、乾冰	
彗髮		
彗尾	離子尾	太陽風接觸彗髮時，帶電氣體離子在背向太陽方向形成離子尾
	塵埃尾	1. 太陽輻射的光子所產生的光壓，將彗髮上的小粒子推離太陽；質量較大 2. 慣性作用呈彎曲現象

流星—在地球大氣層形成的現象

1. 微小固體顆粒受重力吸引，進入地球大氣層摩擦燃燒
2. 流星雨：彗星碎片拋出在軌道上運行

↓
地球運行到彗星軌道附近

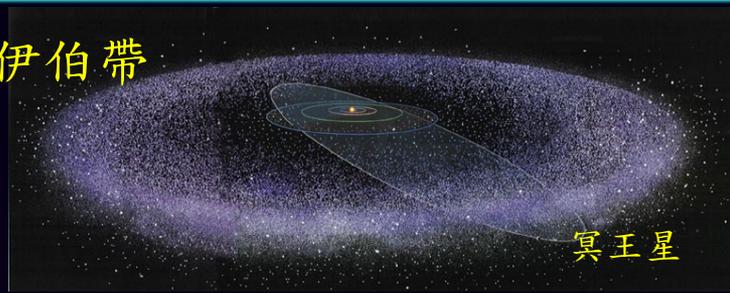
↓
大量碎片進入地球大氣



圖來源：中央氣象局

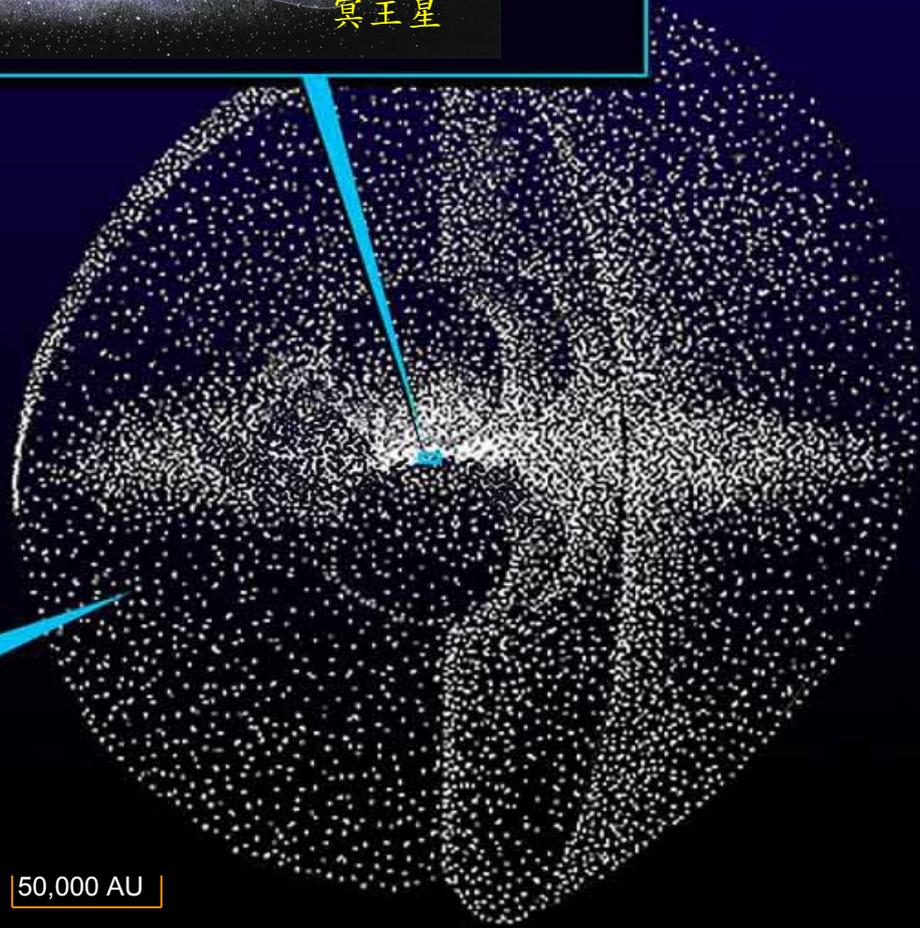
柯伊伯帶 Kuiper belt : 短週期彗星故鄉、天體數量未知，已經觀測證實。
歐特雲 Oort cloud : 長週期彗星故鄉、天體數量未知，尚未有觀測證據。

行星及柯伊伯帶



冥王星

歐特雲



Oort Cloud cutaway
drawing adapted from
Donald K. Yeoman's
illustration (NASA, JPL)

50,000 AU



補充

圖文來源：
成大物理系
許瑞榮教授

彗星的繞太陽運行時彗尾的方向

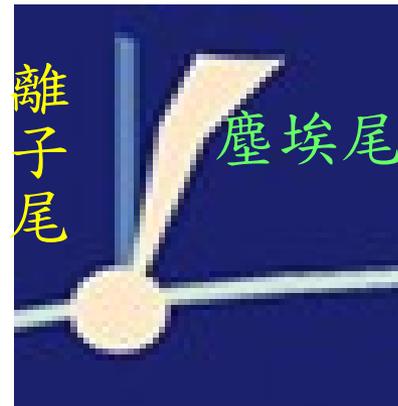
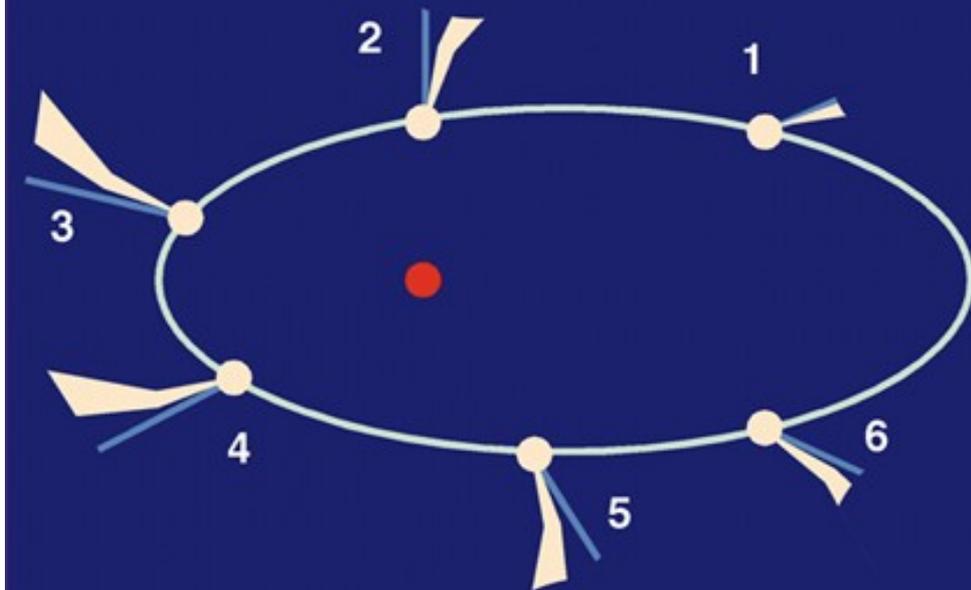
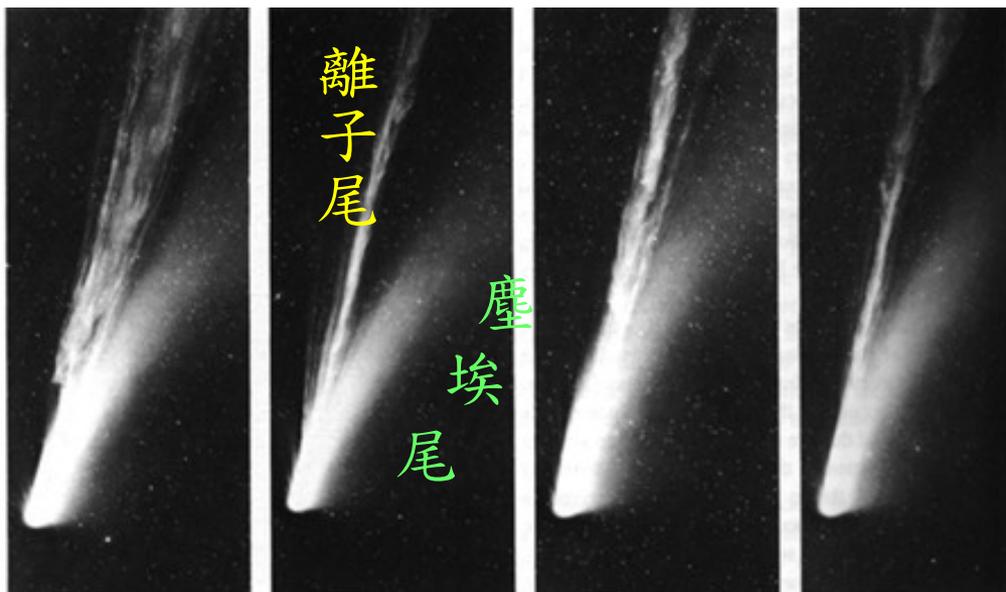


圖 5-8 海爾波普彗星
(西元 1997 年攝於大雪山附近)

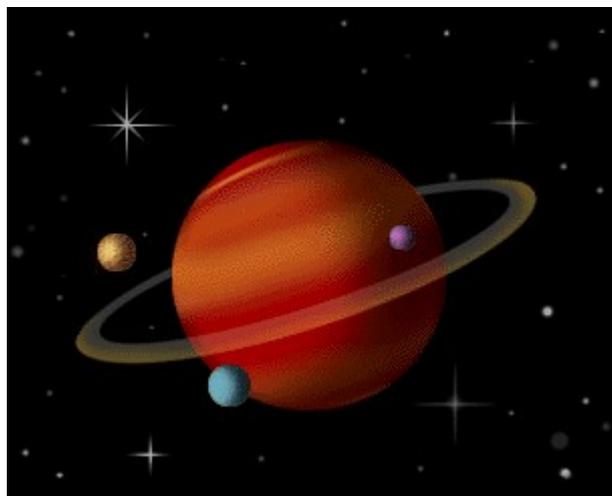




補充資料

衛星

衛星是繞著行星旋轉的星體，如月球。類地行星由於質量較小，因此其引力不足以吸引許多衛星。但類木行星質量較大，而有較強的引力吸引較多的衛星。



5-3 晝夜與四季



插圖來源：我是馬克部落格

公轉運動

恆星

繞星系中心公轉

行星、彗星、小行星

繞恆星公轉

衛星

繞行星公轉



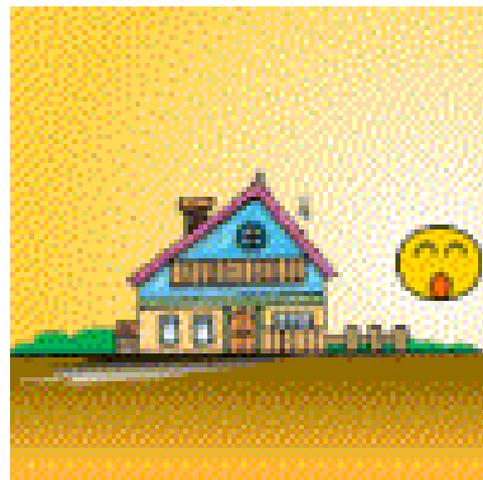


5-3 晝夜與四季

晝夜

太陽由東方地平面升起*揭開白天序幕
太陽於西方地平面落下*夜晚來臨

周而復始，晝夜交替

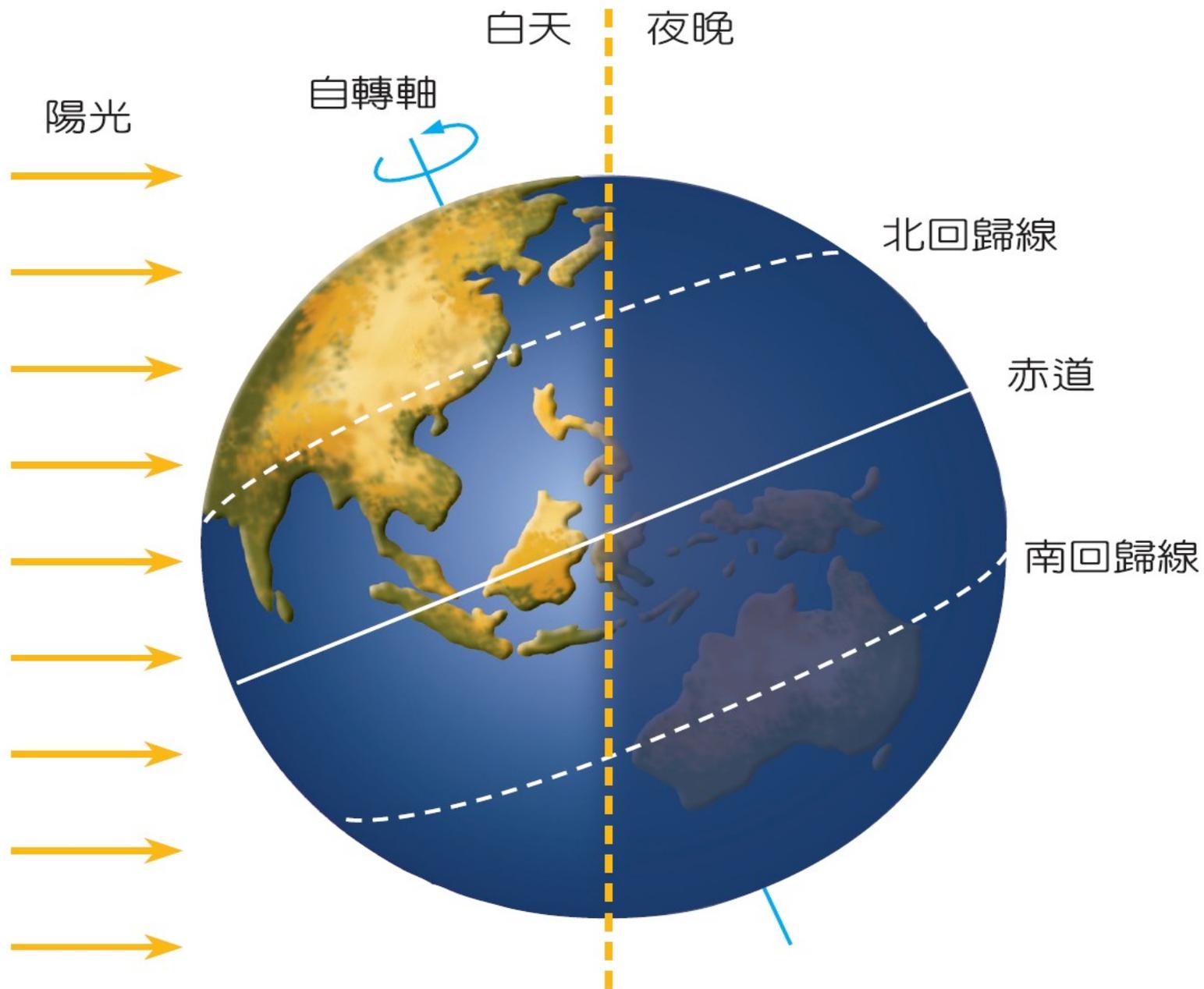


地球繞著自轉軸不停旋轉：自轉
每自轉一周 = 一日 / 24 小時

地球自轉時，
被太陽照亮區域 * 白天
背對太陽的區域 * 夜晚



地球自轉形成晝夜交替 (圖 5-9)

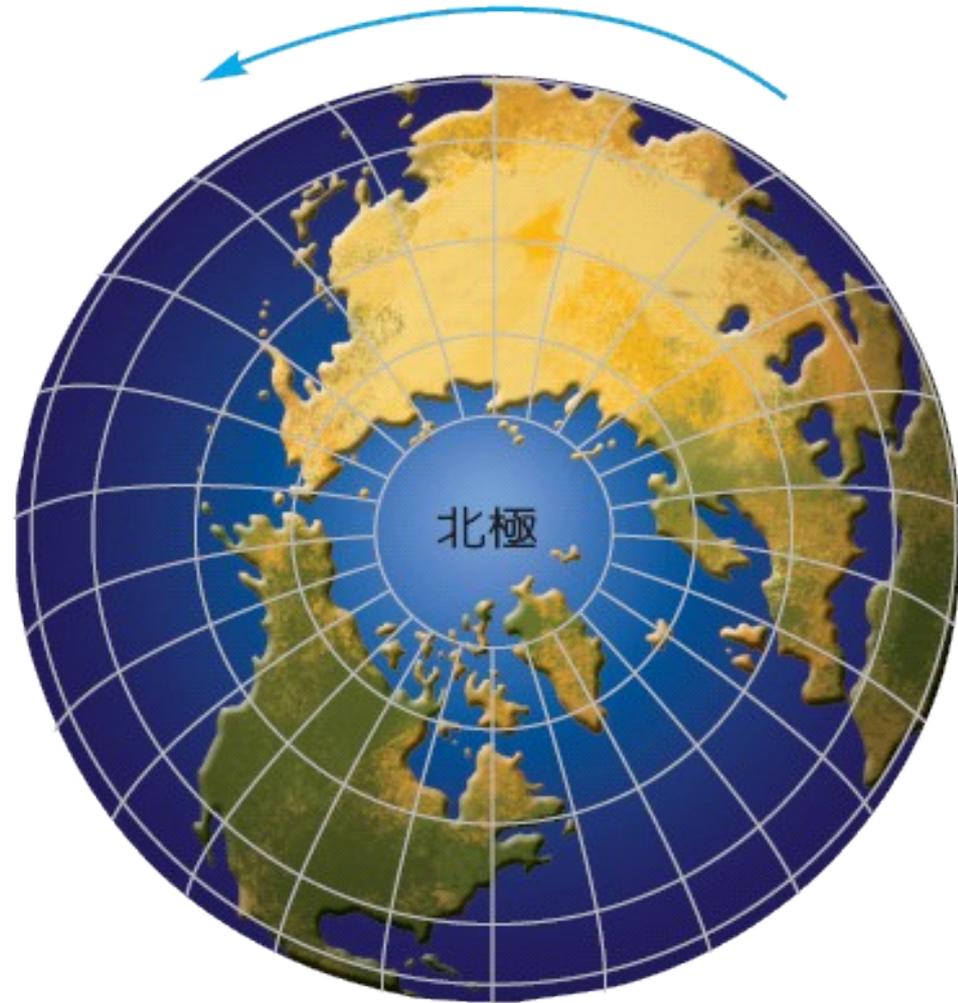


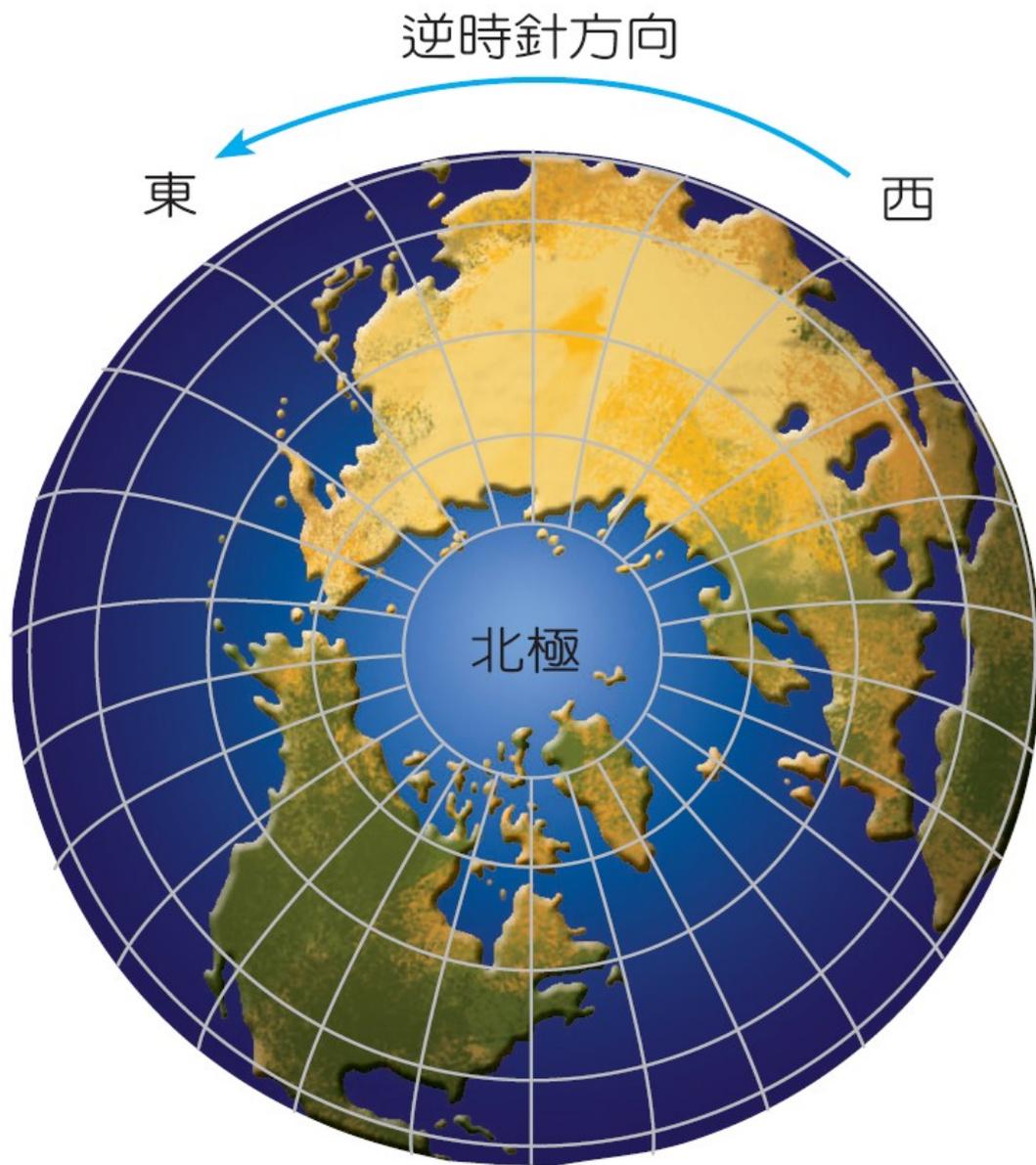
📍圖 5-9 地球自轉造成晝夜交替

自轉運動

從北極上空看：
地球自轉與公轉方向
是由西向東逆時針
旋轉

從南極上空看：
地球自轉與公轉方向
是由東向西順時針
旋轉



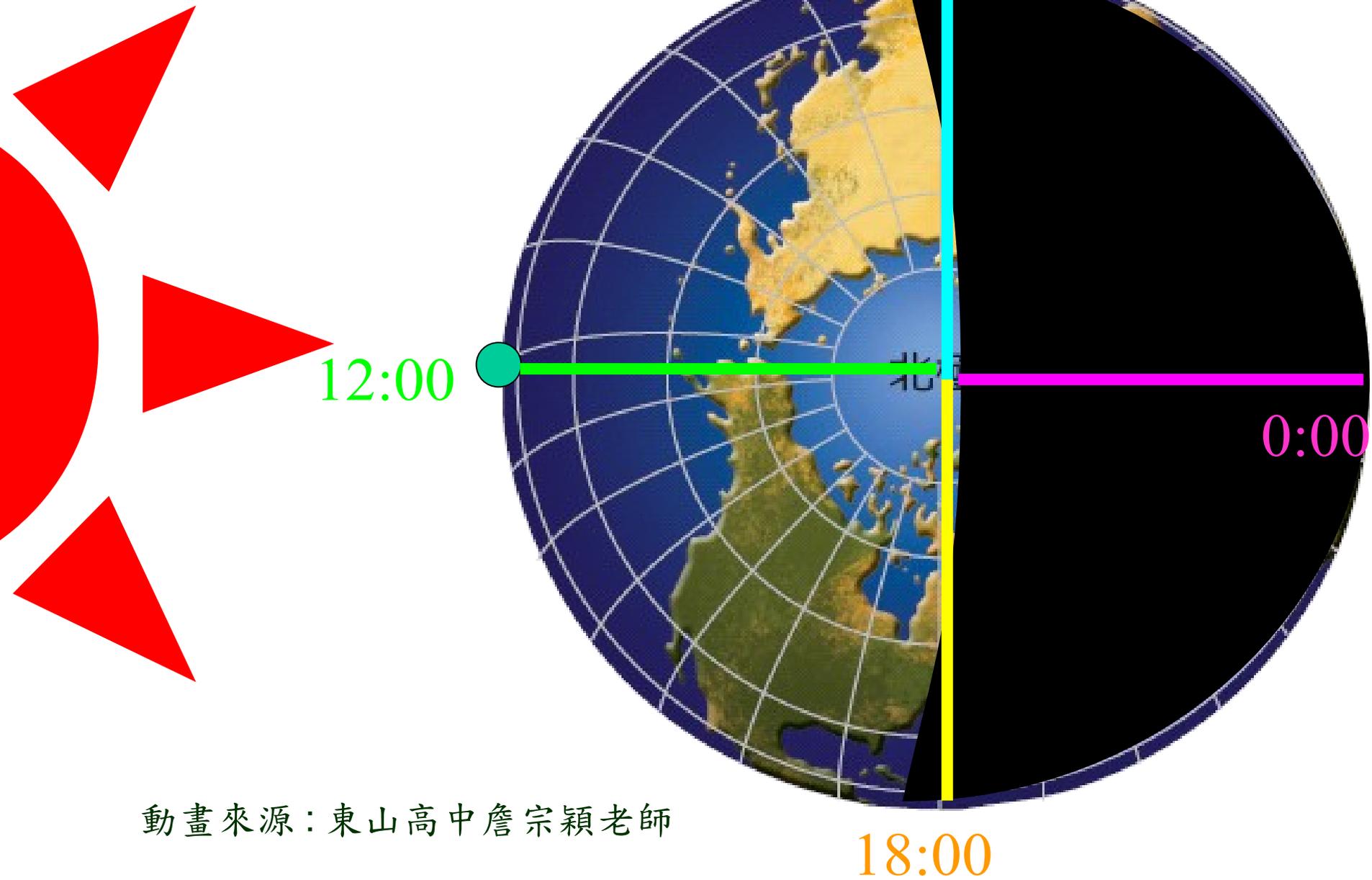


在地表仰望天空
，太陽、月亮、
星星及所有天體
都是每天
東方升起
西方落下



↑圖 5-10 從北極上空俯瞰地球

東昇西落



動畫來源：東山高中詹宗穎老師

(A) 20. 地球上所觀察到的太陽與月亮，
何者正確？ 【98-1 基測】

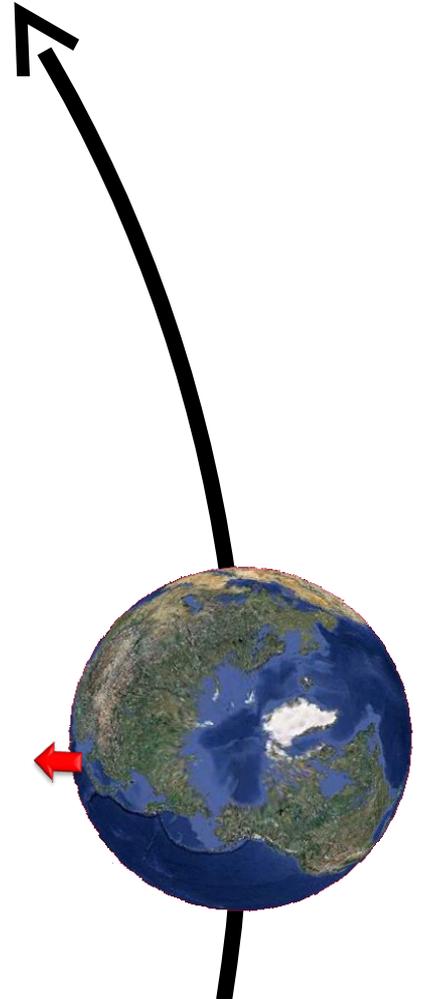
(A) 晝夜隨著太陽升落更替，但不隨著月亮
升落更替

(B) 每天月亮剛升起時是新月，隨著上升漸
漸變成滿月

(C) 月亮每天東升西落的原因，是月亮繞地
球公轉所造成 地球由西向東自轉*月亮及大部
分星星東升西落

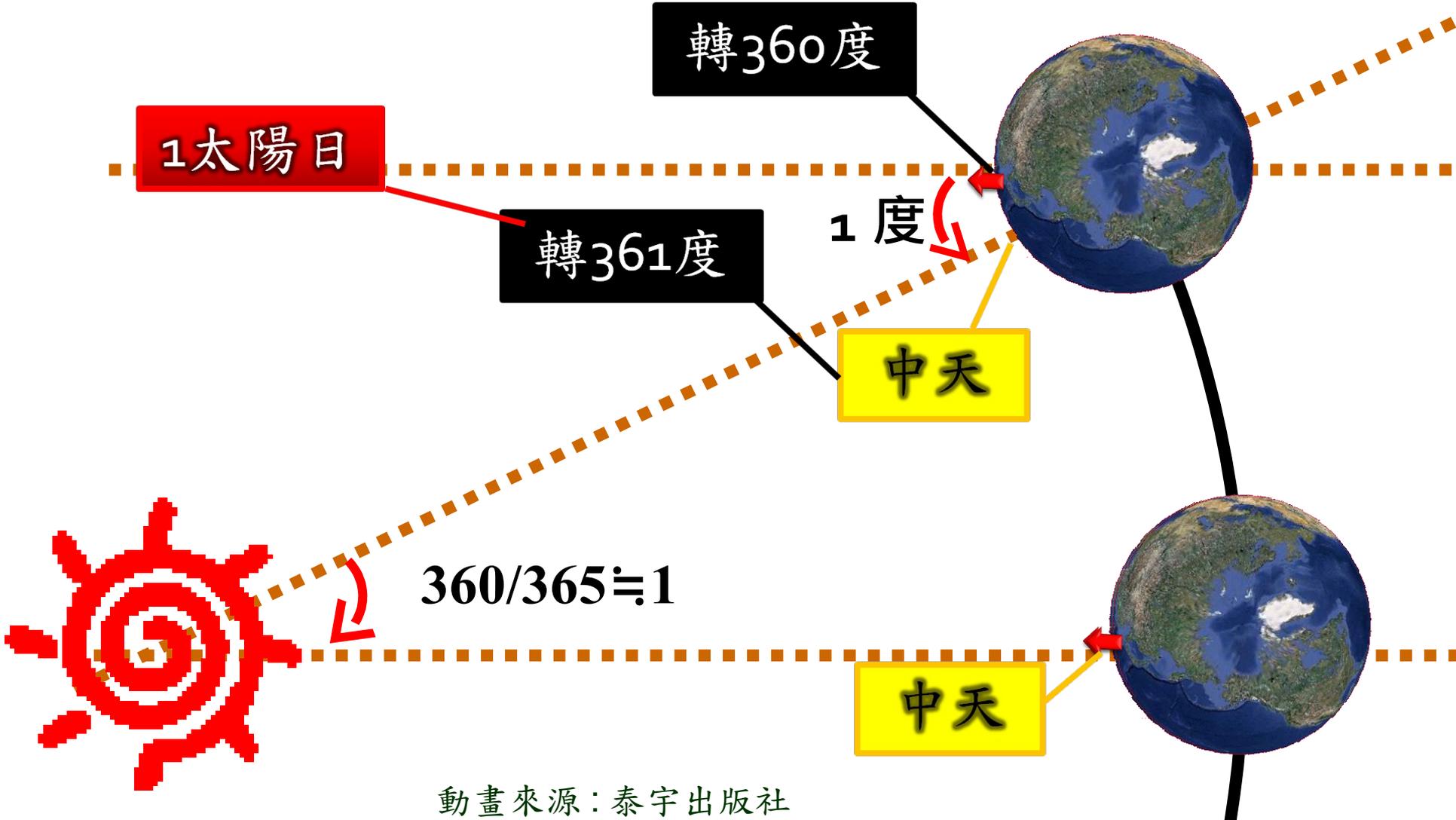
(D) 每天當太陽從地平線升起，月亮幾乎同
時落入地平線 月球與地球及太陽每日相對位置不
同，月球升起、落下的時間均不同

地球自轉與太陽日



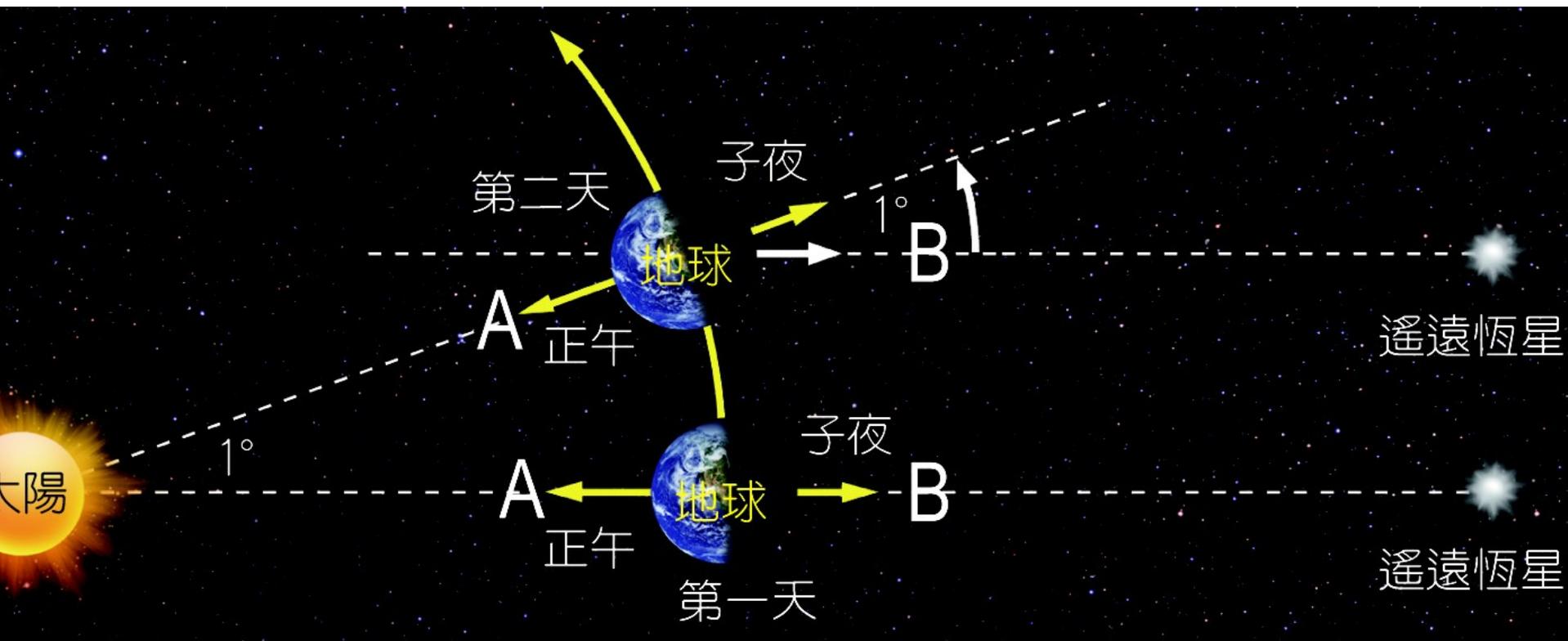
動畫來源：泰宇出版社

地球自轉與太陽日

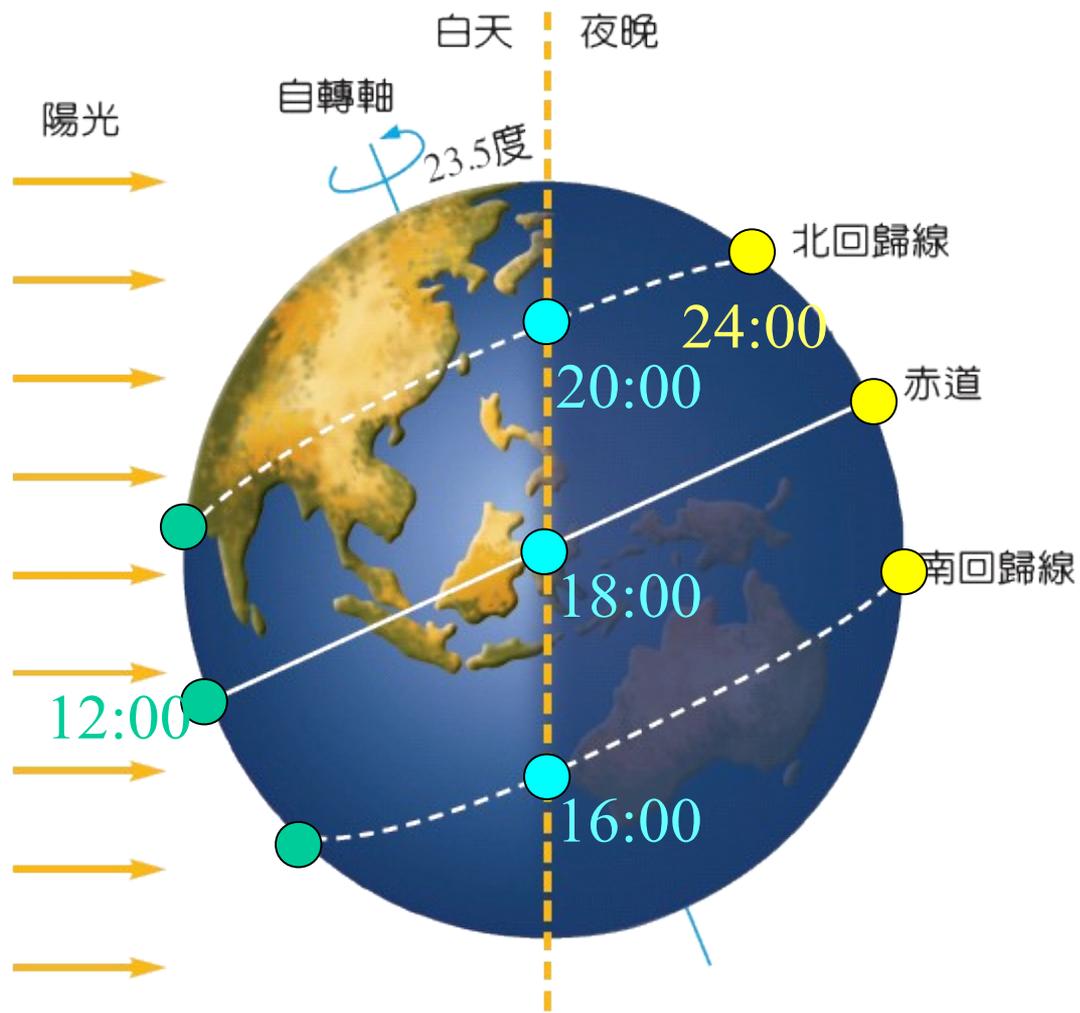


動畫來源：泰宇出版社

每天恆星出現的時間會提早 4 分鐘出現

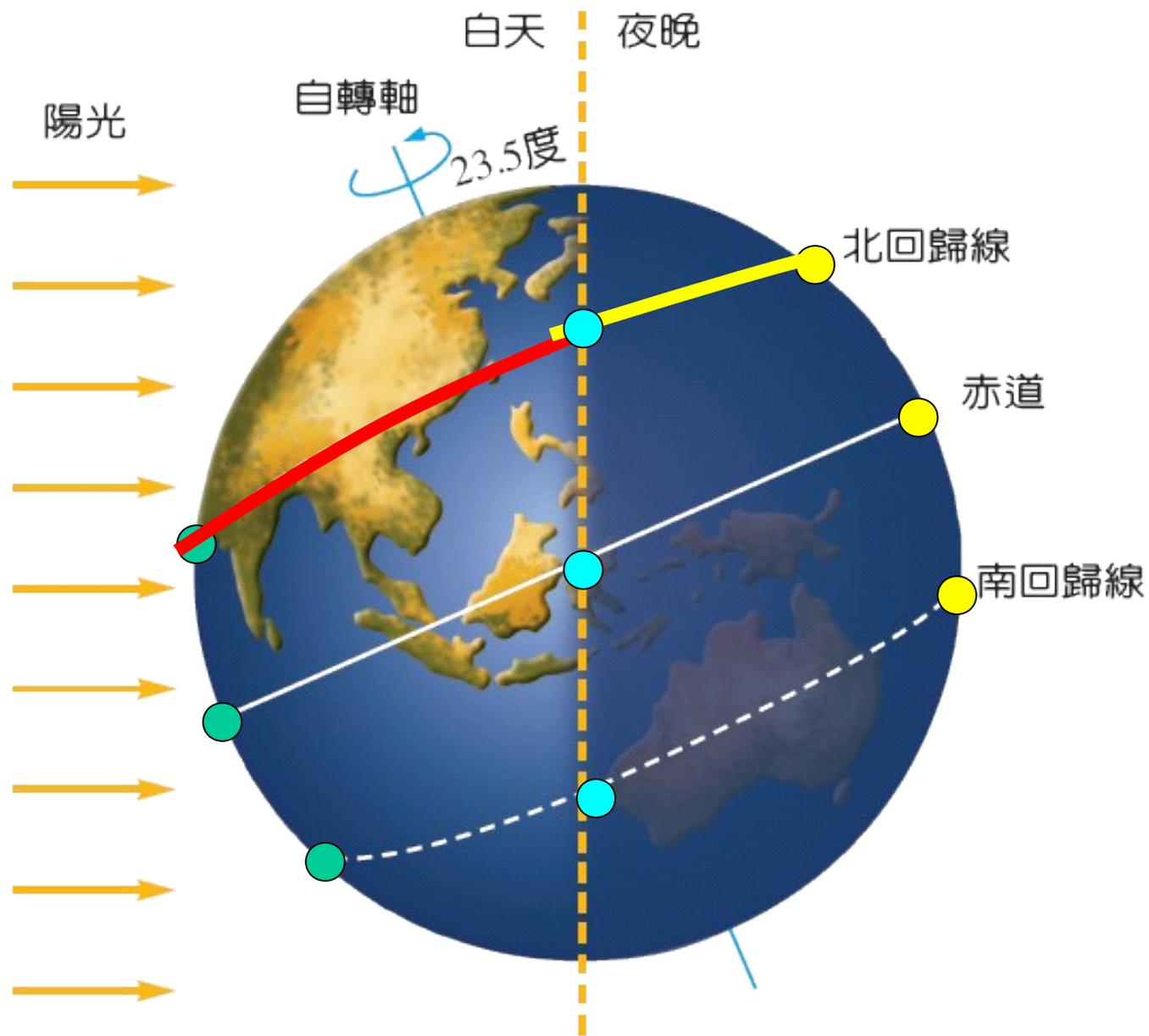


地球上的觀測者在隔一太陽日的兩次正午之間，由於地球也公轉軌道上由第一天(A)運行到第二天的位置(B)，所以地球自轉一週之後，還要多轉約 1° ，太陽才會再次通過子午線。因而每一天星球要提早升起 4 分鐘。



動畫來源：東山高中詹宗穎老師

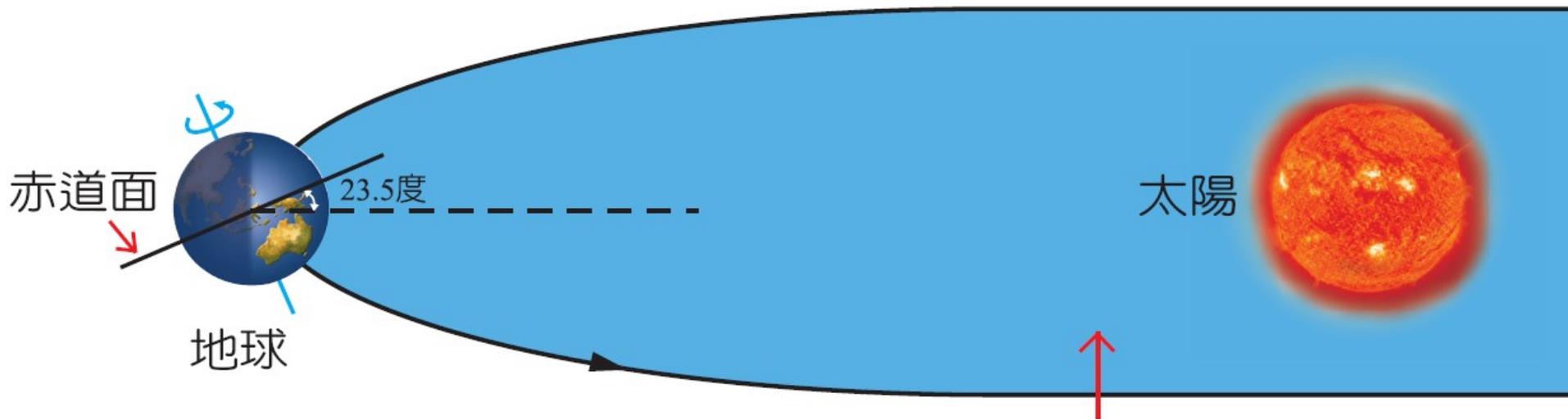
晝長夜短 地軸傾斜



動畫來源：東山高中詹宗穎老師

四季變化

地球自轉並繞太陽公轉 * 公轉一周：一年
自轉軸並非垂直公轉平面（黃道面）
赤道面與公轉平面夾角 23.5 度



↑ 圖 5-11

地球赤道面與公轉平面有 23.5 度的夾角（未按實際比例繪製）

四季變化

地球運行到公轉軌道不同位置，太陽光照射到地球同緯度地區角度會有所差異

地表面得到能量不同，造成冷暖差異
四季變化





活動與觀察

5-1 光的直射與斜射

1. 將教室的電燈關掉，打開手電筒，在距離黑板約 20 公分處，垂直照射黑板，觀察所產生的亮區大小與光的強弱（如圖 a）。
2. 維持同樣的距離，將手電筒斜射黑板，再作一次觀察（如圖 b）。
3. 比較直射與斜射的光束所產生的亮區大小與光束的強弱。



a. 手電筒直射黑板

亮區較小
光量集中
較明亮

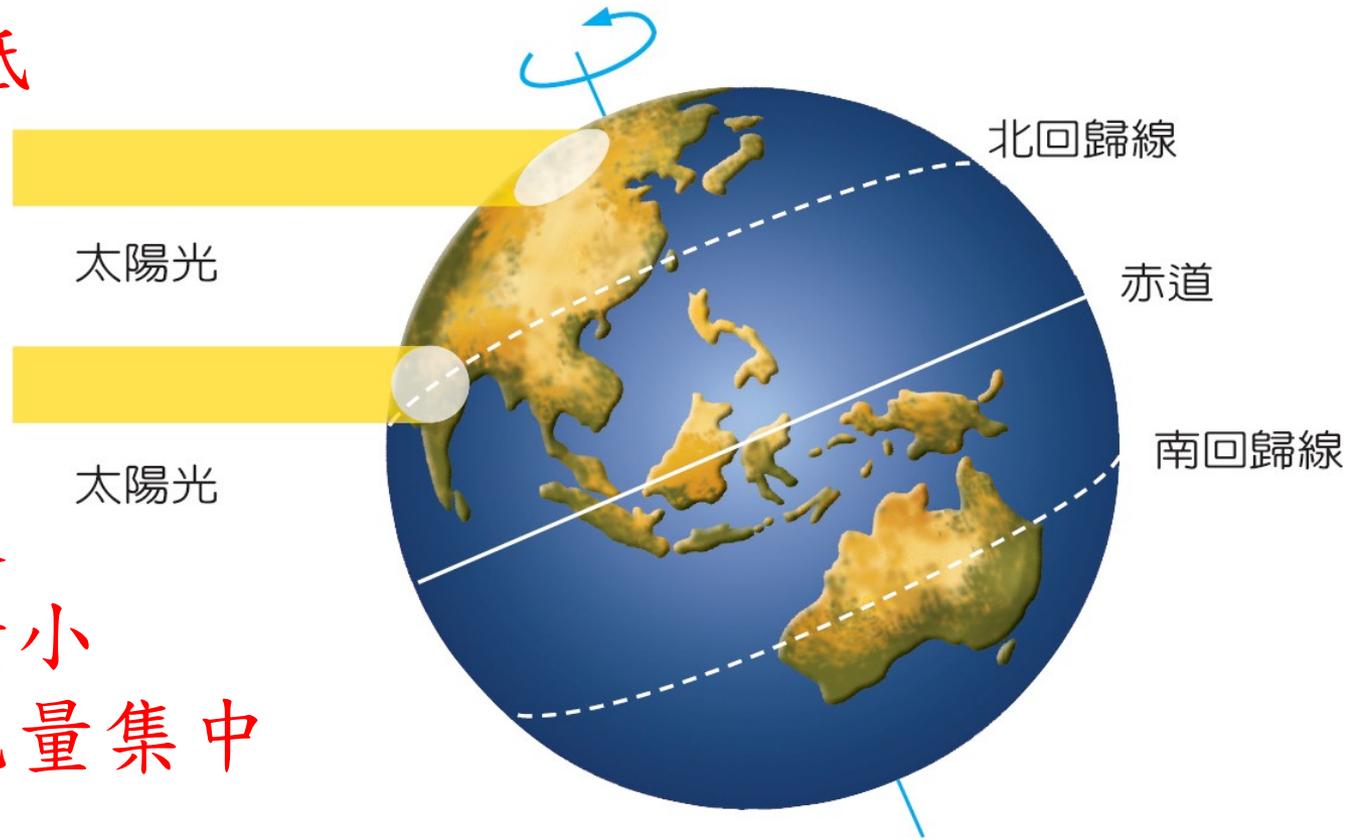
b. 手電筒斜射黑板

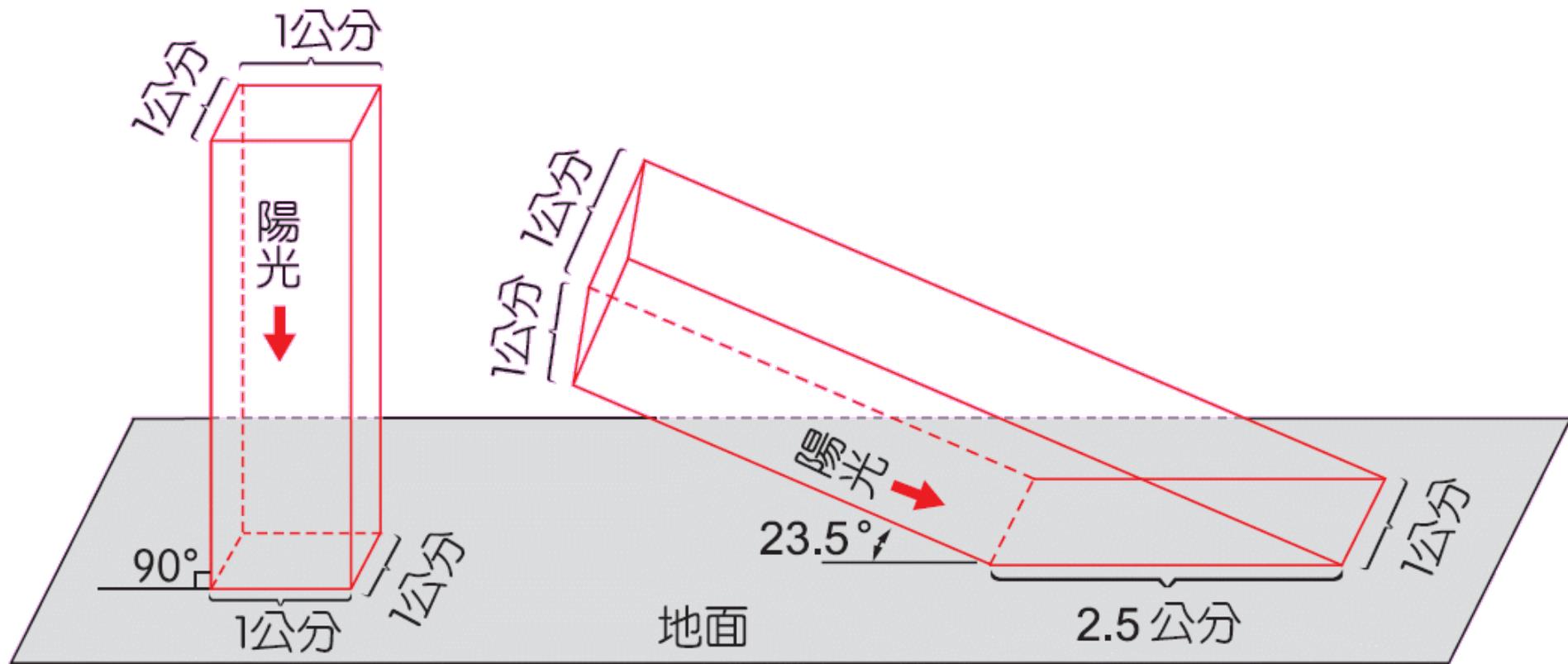
亮區較大
光量分散
較暗

四季變化原因

陽光斜射地表
光束照射面積大
一定面積得到能量少
地表溫度較低

陽光直射地表
光束照射面積小
一定面積的能量集中
地表溫度高





b. 截面積同為 1 cm^2 、能量相同的陽光，
因入射角度不同，照射到地表的面積並不同



圖 5-12

夏至時陽光入射北回歸線（直射）及北極（斜射）示意圖

四季變化原因

	太陽直射	北半球季節	北緯 23.5 度 晝夜長短比較
春分 約 3 月 21 日	赤道	春季	晝夜等長
夏至 約 6 月 22 日	北回歸線	夏季	晝長夜短
秋分 約 9 月 23 日	赤道	秋季	晝夜等長
冬至 約 12 月 22 日	南回歸線	冬季	晝短夜長

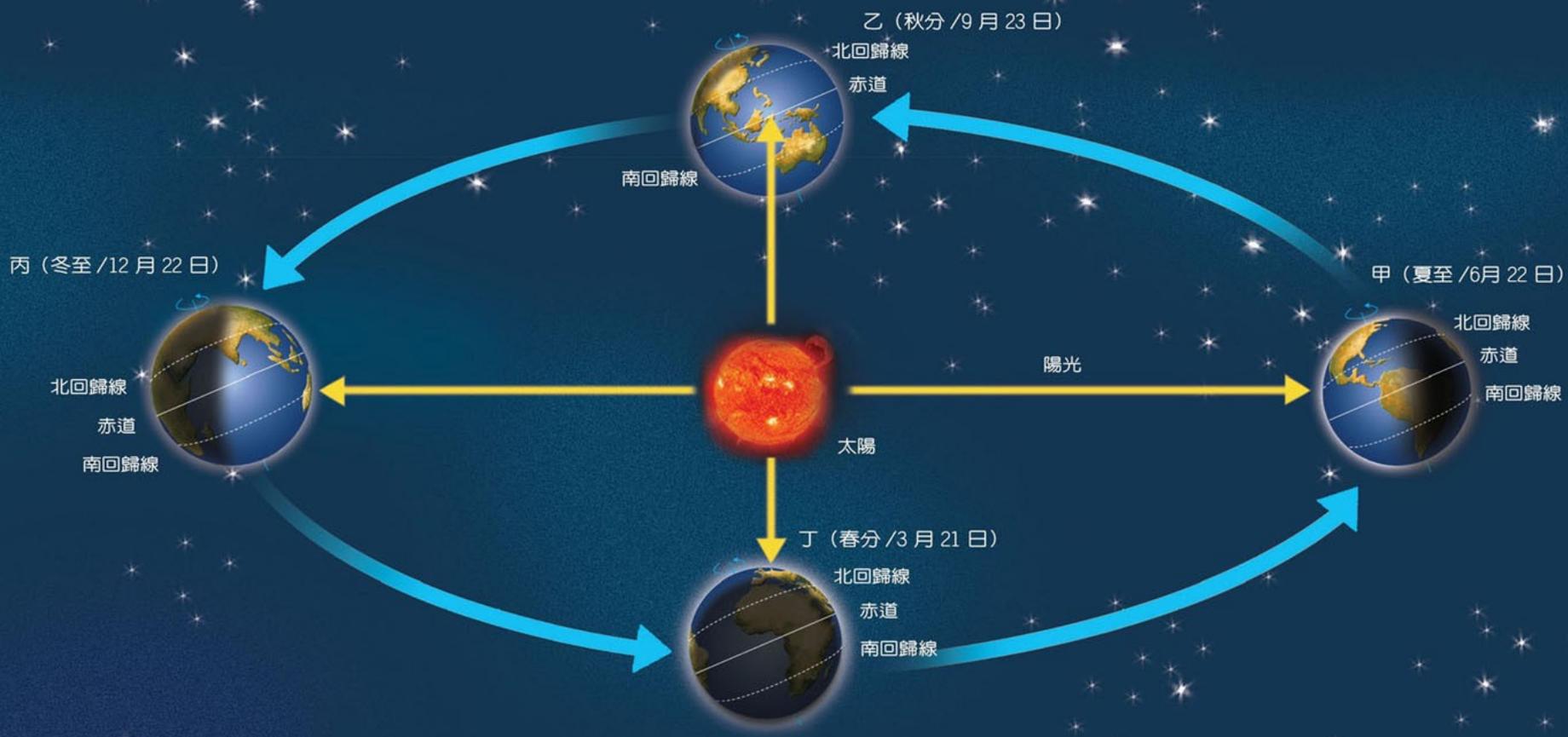
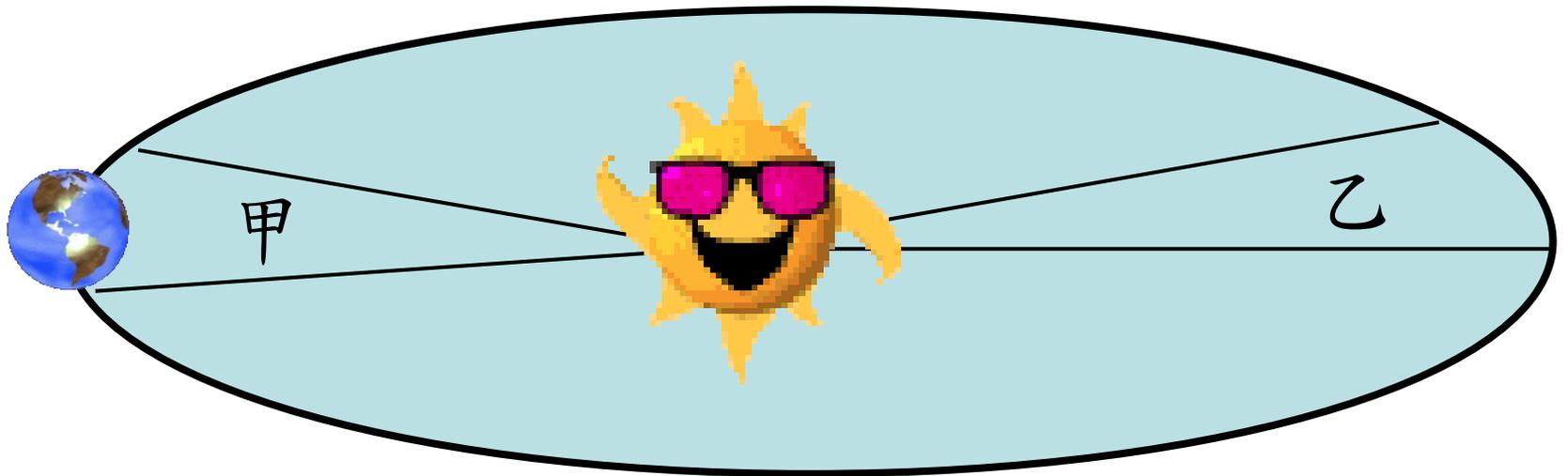


圖 5-13 地球繞行太陽的示意圖

(實際上，地球在冬至時靠近太陽，夏至時遠離太陽)

克卜勒定律 相同時間內地球公轉的面積相等
面積甲 = 面積乙



近日點

北半球冬季
公轉速度較快

遠日點

北半球夏季
公轉速度較慢

四季變化

以北極為例，在夏至（甲位置）當天，陽光仍以相當傾斜角度（太陽仰角 23.5 度）斜射，因此全年地表溫度偏低

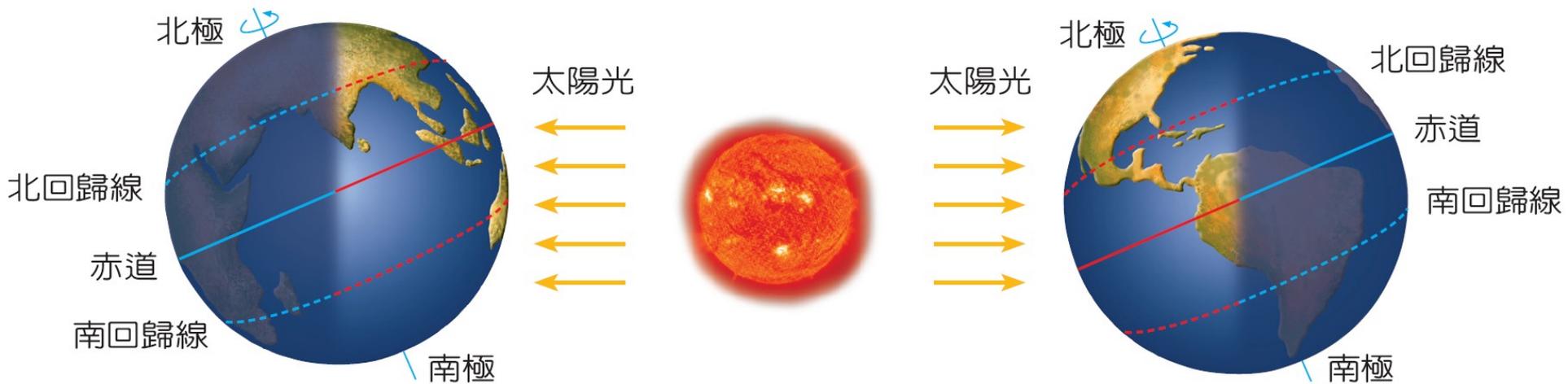
地表能量分布不均 * 地球大氣與海洋循環，影響人類生存環境



■ 表 5-2 嘉義日出及日沒時刻表

	日出	日沒	白晝時間	夜晚時間
二月四日（立春）	6：38	17：47	11 ^h 9 ^m	12 ^h 51 ^m
三月二十日（春分）	6：02	18：09	12 ^h 7 ^m	11 ^h 53 ^m
五月五日（立夏）	5：22	18：28	13 ^h 6 ^m	10 ^h 54 ^m
六月二十一日（夏至）	5：13	18：48	13 ^h 35 ^m	10 ^h 25 ^m
八月七日（立秋）	5：31	18：37	13 ^h 6 ^m	10 ^h 54 ^m
九月二十二日（秋分）	5：47	17：55	12 ^h 8 ^m	11 ^h 52 ^m
十一月七日（立冬）	6：07	17：16	11 ^h 9 ^m	12 ^h 51 ^m
十二月二十一日（冬至）	6：36	17：17	10 ^h 41 ^m	13 ^h 19 ^m

（資料來源：中央氣象局。※此表僅供參考，不必背誦。）



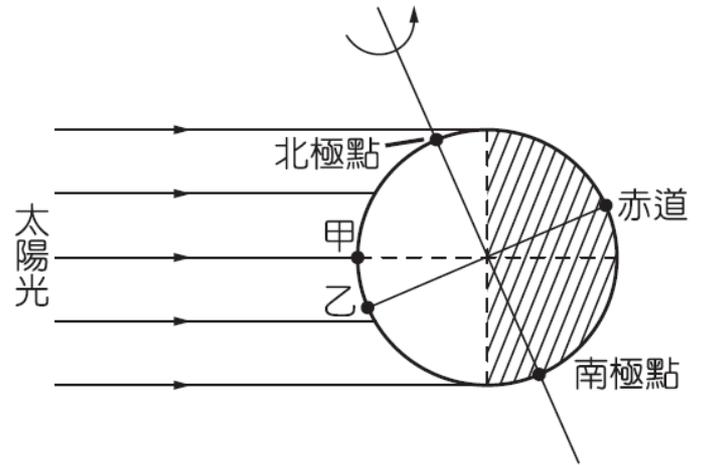
a. 冬至北半球晝短夜長

b. 夏至北半球晝長夜短

↑ 圖 5-14 冬至和夏至晝夜長短的比較
 (紅色線段表示白晝時間，藍色線段表示夜晚時間)

例題 5-2

右圖為一年中某日陽光照射地球的示意圖，由圖中所提供的資料判斷，下列何者正確？【94-2 基測】



- (A) 當天日照總時數比較， $乙 > 甲 > 北極點$
- (B) 當天日照總時數比較， $甲 > 乙 > 北極點$
- (C) 北極點當天完全看不到太陽
- (D) 南極點當天完全看不到太陽

例題 5-2

解答

地球自轉一周時，北極點不會進入夜晚陰影區，全日可見太陽

甲地日照時數超過當天一半

乙地日照時數剛好為當天的一半

南極點當天完全在夜晚陰影區，全日看不到太陽
當天日照時數比較，北極點 $>$ 甲 $>$ 乙。

答案為 (D)。



活動與觀察

5-2 旗竿的竿影變化

1. 選一天晴朗、陽光普照的日子，利用每節下課時間，觀察校園旗竿竿影的長短及方位變化情形。
2. 約一個月後，再找一天晴朗的日子，比較正午時與前一個月正午，校園旗竿竿影的長短及方位有無不同？

解答

步驟 1. 一般而言，在一天內早上竿影在西方較長、正午竿影在北方最短、下午竿影在東方較長，推知太陽由東方升起，由西方落下。

步驟 2. 可發現在一個月後，正午竿影或許變長，或許變短。在一年中，每天正午太陽的位置不同。

古代利用 **竿影** 間接觀察太陽方位與高度

太陽升起

竿影很長

太陽升高

竿影縮短

太陽升到最高

竿影最短，稱為正午

太陽落下

竿影又變長



	太陽直射	北半球 季節	北緯 23.5 度 晝夜長短比較	北緯 23.5 度 正午竿影長度
春分 3 月 21 日	赤道	春季	晝夜等長	約為竿高長度一
夏至 6 月 22 日	北回歸線	夏季	晝長夜短	無竿影 (太陽於頭頂)
秋分 9 月 23 日	赤道	秋季	晝夜等長	約竿高長度一半
冬至 12 月 22 日	南回歸線	冬季	晝短夜長	約與竿等高



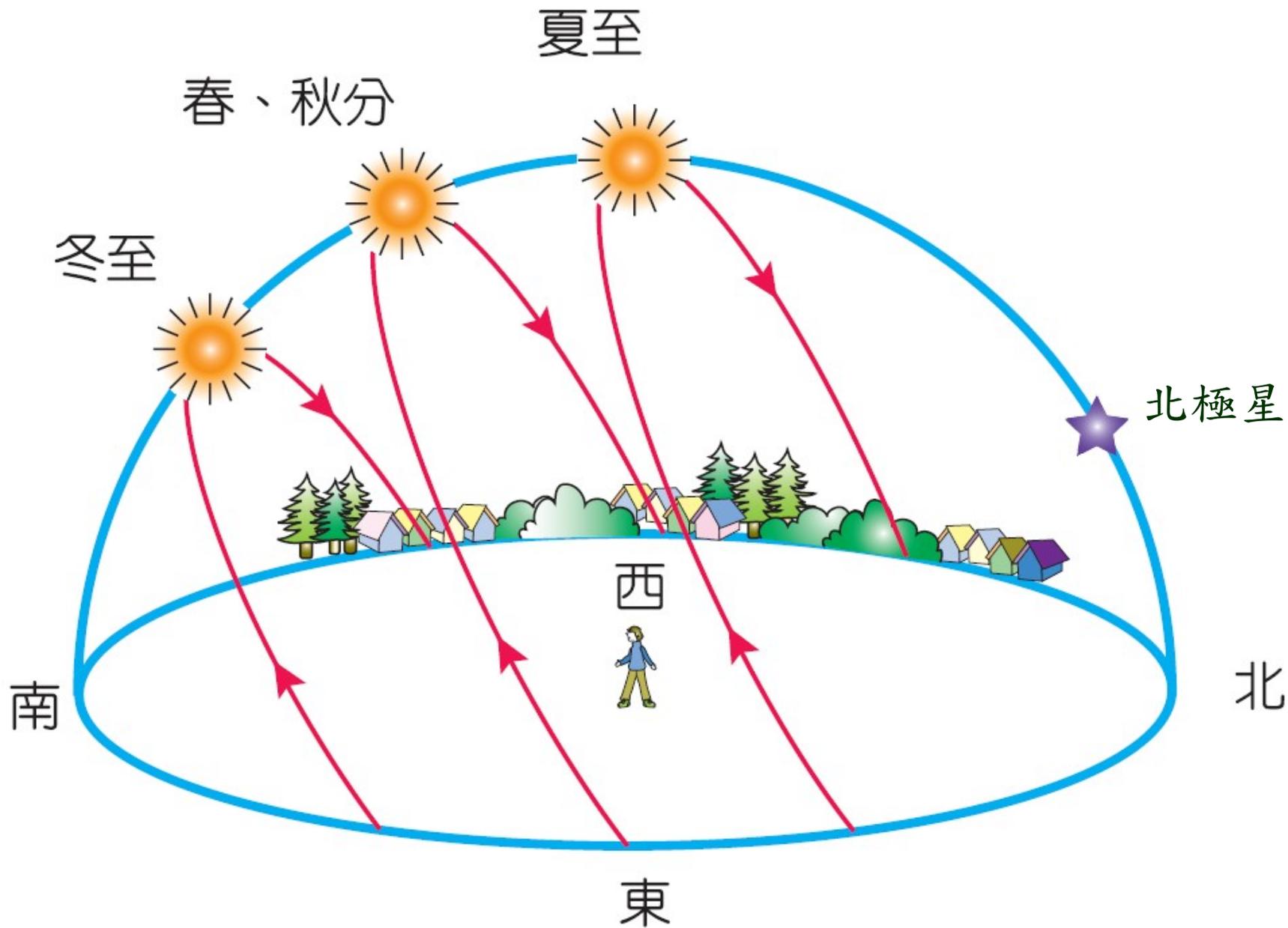
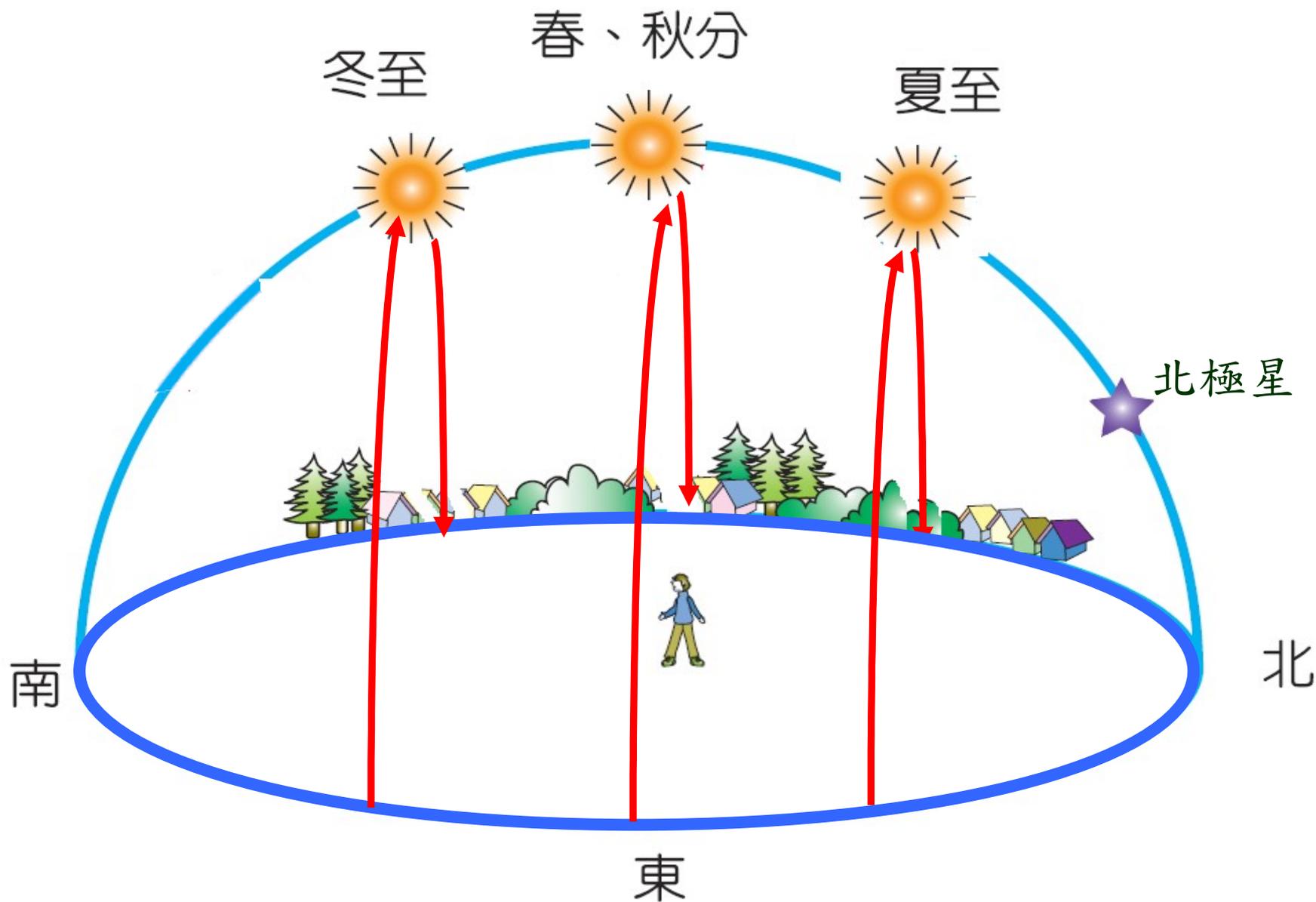
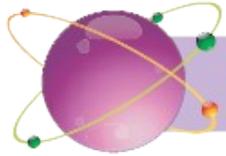


圖 5-15 臺灣所見 (以嘉義為例)

正午時太陽在天空中位置示意圖



↑ 圖 5-15 觀測者在赤道所見
正午時太陽在天空中位置示意圖



活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

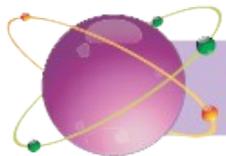
目的：透過簡單的記錄活動，來了解一日中太陽在天空位置的變化情形。



一日中太陽在天空位置的變化



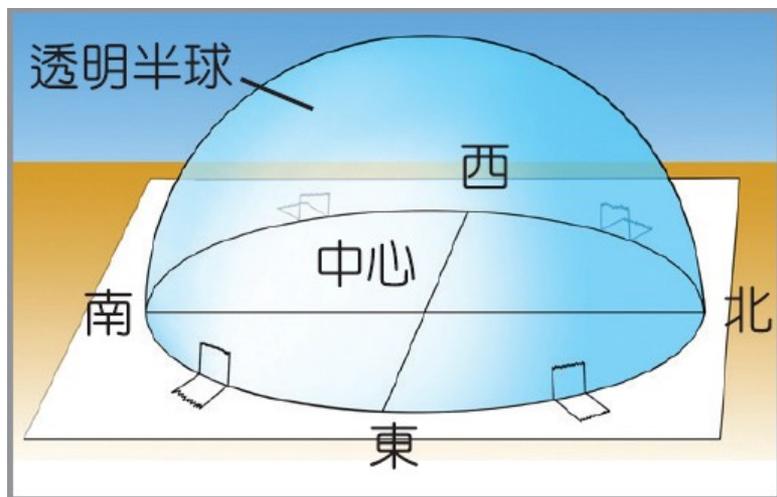
一日中太陽在天空位置的變化



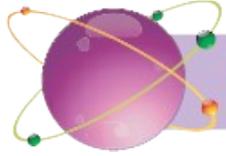
活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

器材：

名稱	數量	名稱	數量
透明半球	1 個	標示方位的 厚紙板	1 張
油性筆	1 枝		
膠帶	1 捲	指北針	1 個



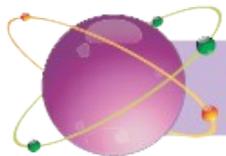
活動裝置示意圖



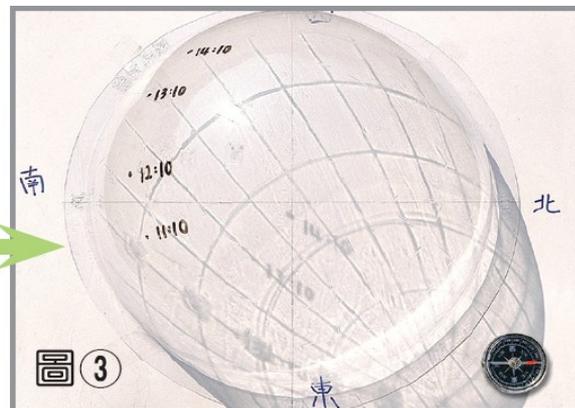
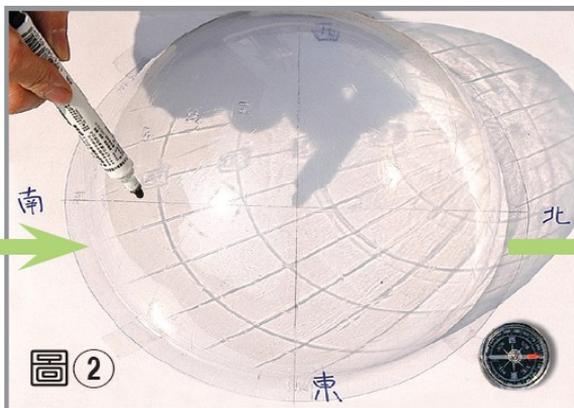
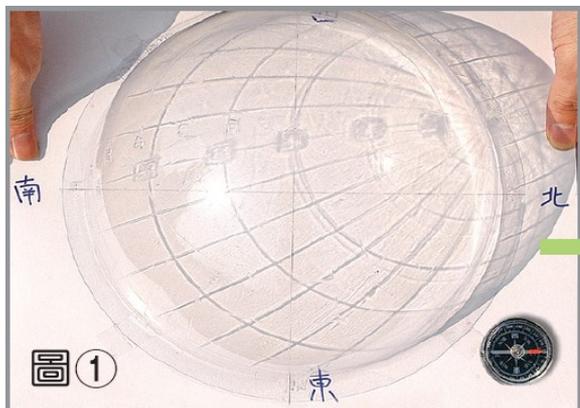
活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

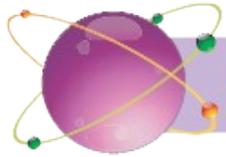
步驟：

1. 選一天陽光普照的日子，把透明半球置於標有東、西、南、北方位的厚紙板上，並將透明半球的中心對準四個方位連接的十字中心，再以膠帶黏貼固定。
2. 將透明半球拿到戶外可以產生影子的地方，利用指北針找出北方，並將厚紙板轉成相同方向（圖 1）。



活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

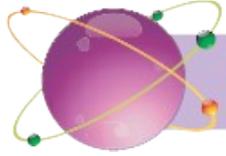




活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

步驟：

3. 將油性筆慢慢靠近透明半球，待陽光照射筆尖的影子對到厚紙板十字中心時，在透明半球上標上記號，並記錄當時時間（圖 2）。
4. 利用每節下課（約每間隔一小時）依此方法記錄一次，由此得到一日中太陽在天空的位置（圖 3）。
5. 將每一點連接起來，觀察連出來的曲線，並嘗試延伸曲線找出當天日出及日的方位。



活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

問題與討論：

1. 觀察連接各點所得到的曲線，判斷當天太陽是否由正東方升起？正午時位置是否在頭頂正上方？是否由正西方落下？
2. 當天正午時若太陽位置不在頭頂正上方，那是偏向哪一方？試討論正午時太陽在天空中的位置，和當天的季節或測量者所在的地點有什麼關係？

解答：

3/21~9/23（春分~秋分）

太陽由東偏北方升起，西偏北方落下

9/23 ~ 隔年 3/21（秋分~隔年春分）

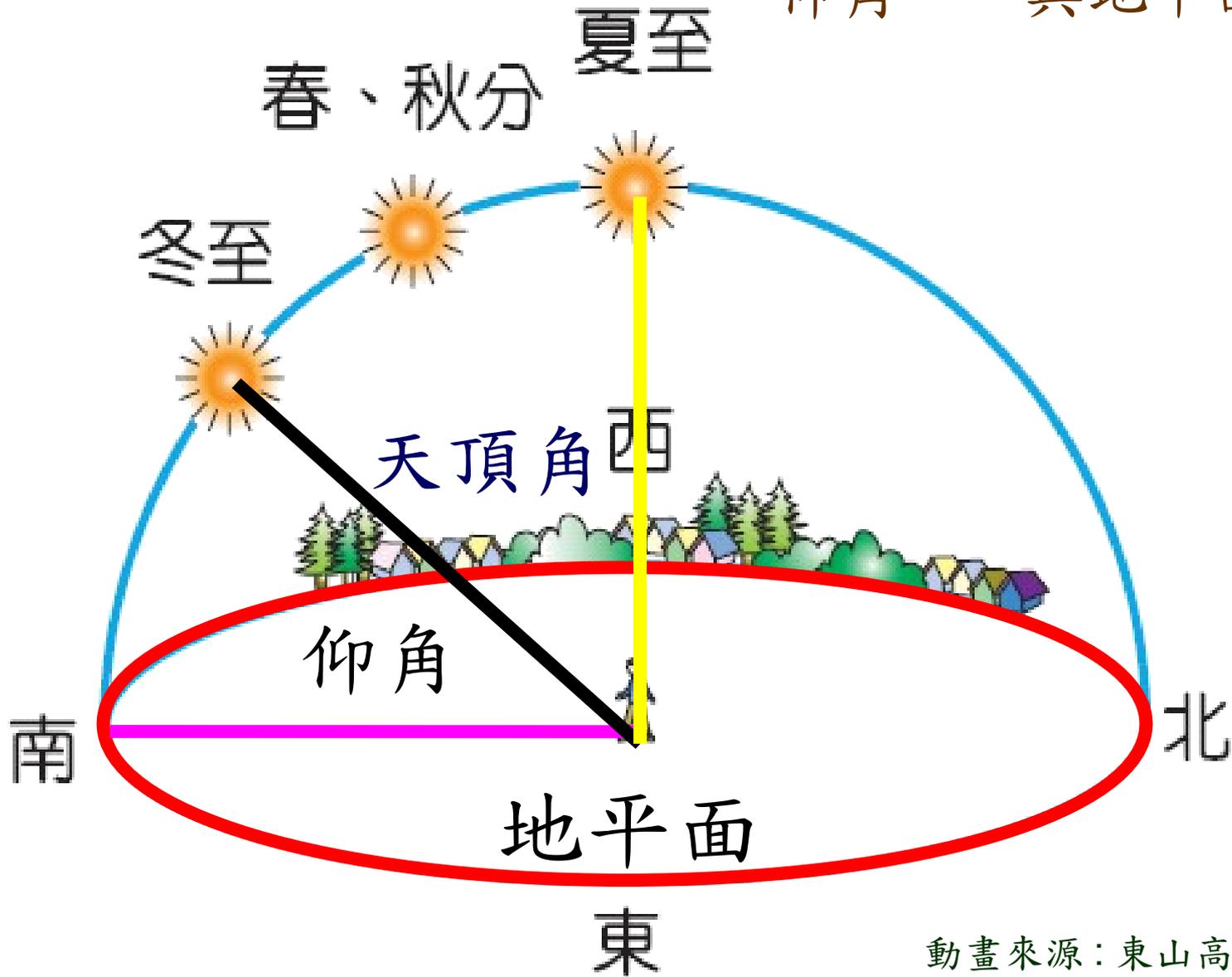
太陽由東偏南方升起，西偏南方落下

只有在 3/21 和 9/23（春分、秋分兩天）

太陽由正東方升起，正西方落下。

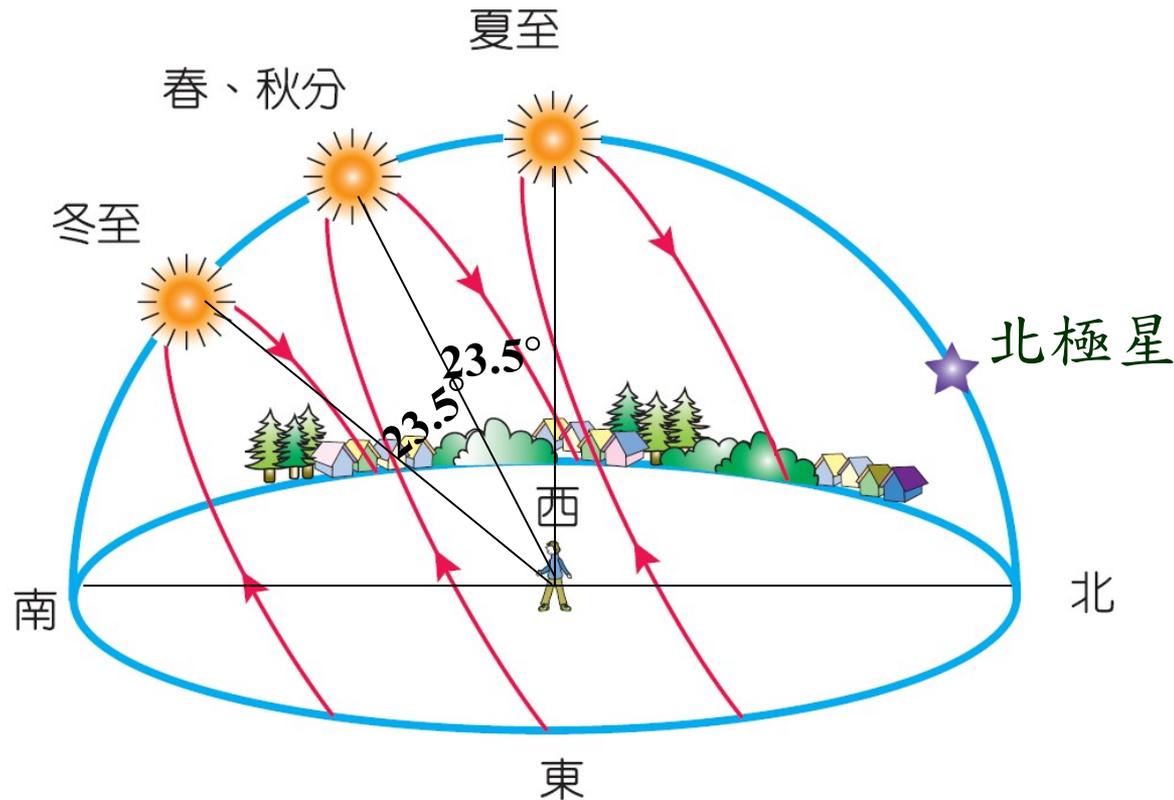
天頂角 = 與天頂的連線夾角

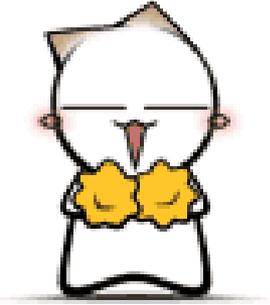
仰角 = 與地平面的連線夾角



嘉義正午太陽仰角變化

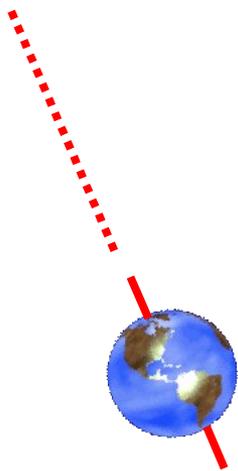
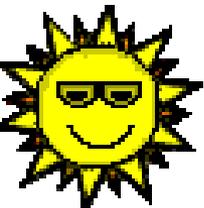
- 夏至：太陽仰角 90°
春秋分：太陽仰角 $66.5^\circ (90 - 23.5^\circ)$
冬至：太陽仰角 $43^\circ (90 - 23.5^\circ - 23.5^\circ)$



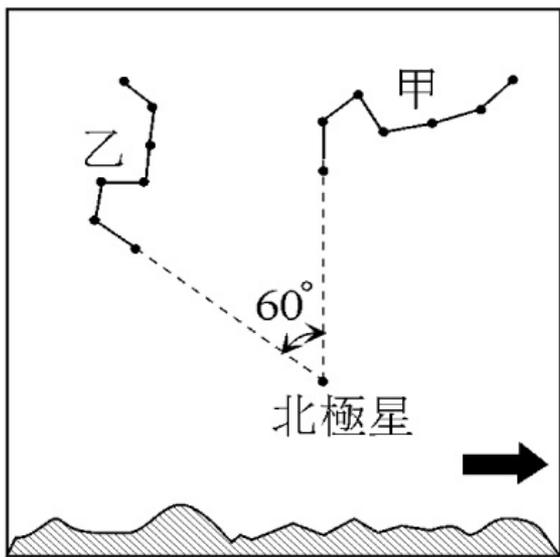
觀測者位置	正午時太陽位置 	
北回歸線以北 (嘉義以北)	一年中任一天皆 在頭頂偏南方	
北回歸線上 (如嘉義)	6/22 (夏至) 時 在頭頂正上方	其餘日子在 頭頂偏南
北回歸線以南 (嘉義以南)	接近 6/22 (夏至) 時， 在頭頂稍偏北方	其餘日子在 頭頂偏南

☆ 北極星

地球的自轉軸對著遙遠的北極星
在地球上看到星星移動每 1 小時 15°



周日運動：海爾·波普彗星、仙后座及大小北斗繞北極星

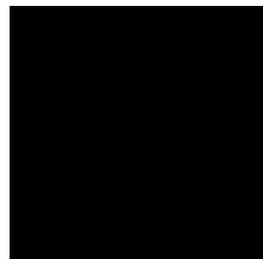


北斗七星從甲移動到乙的時間
為 $60^\circ / 15^\circ = 4$ (小時)



圖文來源：東山高中詹宗穎老師

月相盈虧



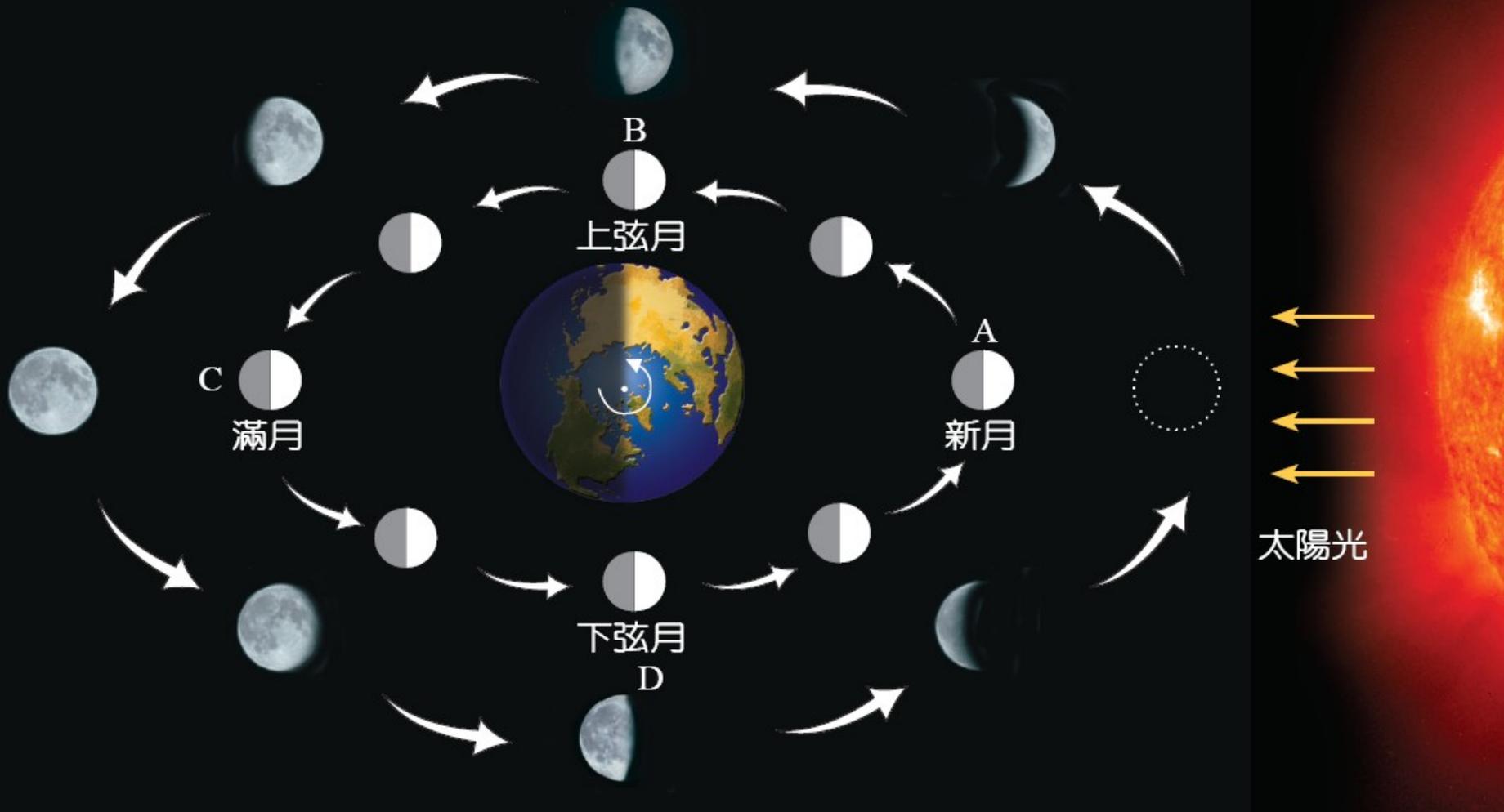
月球和地球一樣，本身不會發光，
可看見月球是因陽光照射月表面，
光線反射。



月球是地球衛星，繞地球逆時鐘公
轉，也跟著地球繞太陽轉。



月球、太陽和地球相對位置會改變
，從地球看月球有盈虧現象。



⬆ 圖 5-16 太陽、地球和月亮的相對位置關係圖

位在北半球，面向南方

初一

看不見月球 *朔 / 新月

初七~八

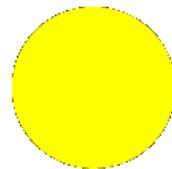
月球西亮東暗 *上弦月

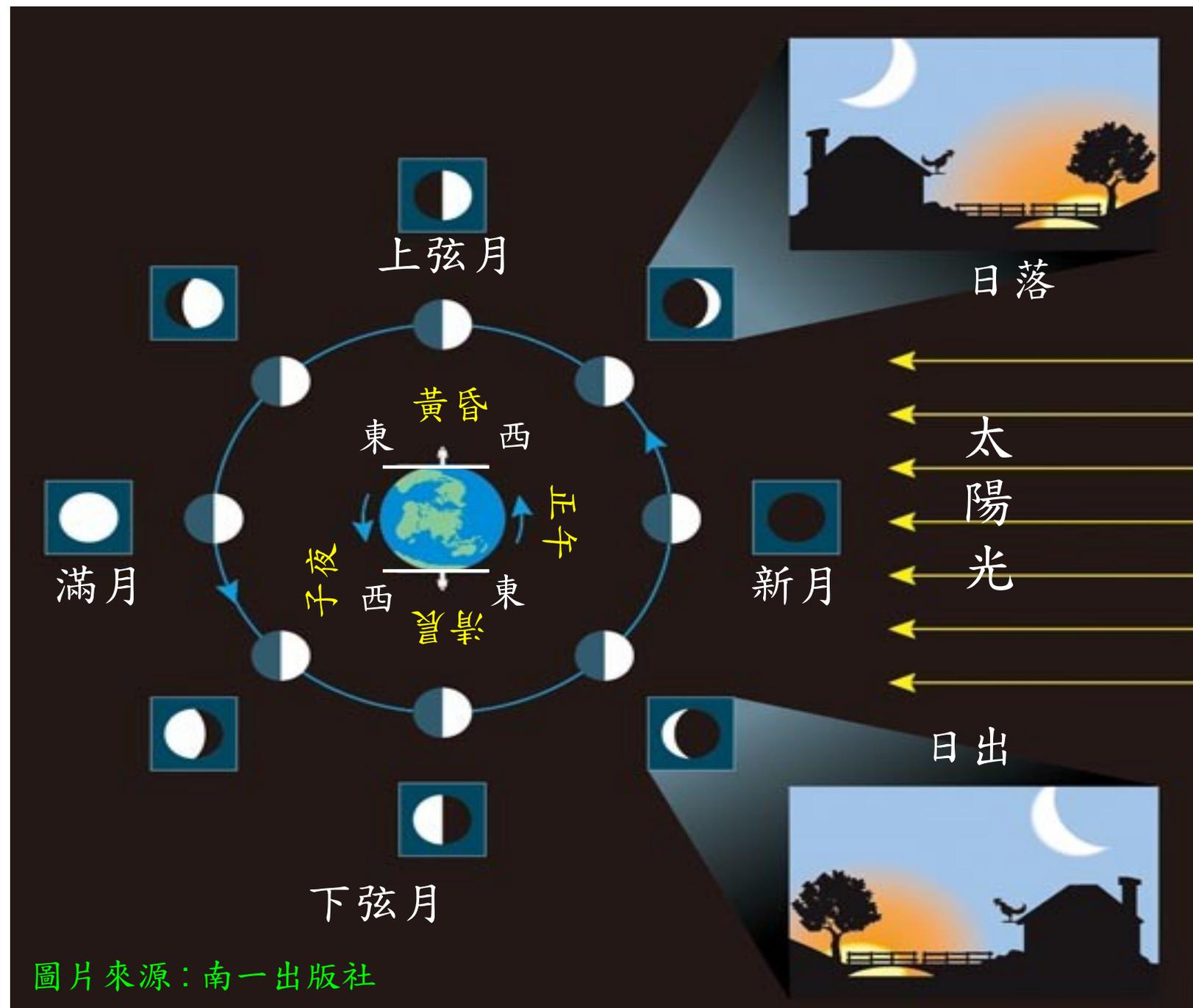
初十五

月球又圓又大 *望 / 滿月

初二十二~三

月球東亮西暗 *下弦月

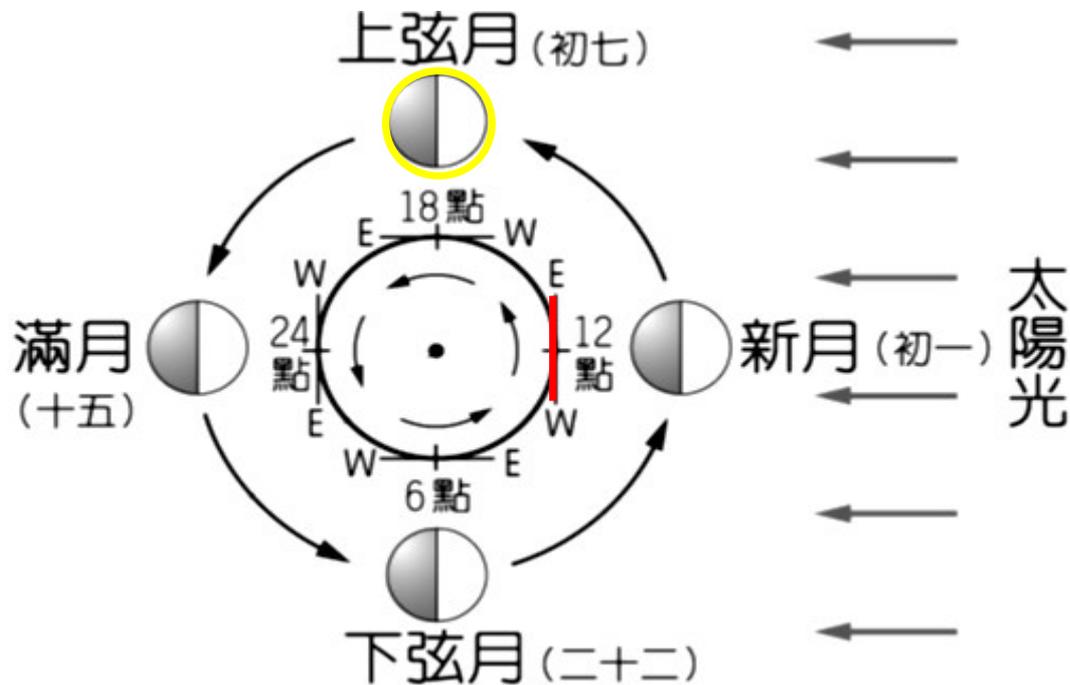




圖片來源：南一出版社

		時間	升起	頭頂	落下	月相	潮汐
新月 (朔)		初一				日食	大潮
上弦月	東暗西亮	初七 ~ 初八	12:00	18:00	24:00		小潮
滿月 (望)		初十五	18:00	24:00	6:00	月食	大潮
下弦月	西暗東亮	初二十三	24:00	6:00			小潮

月亮每天
在天空移動約 12 度
升起的時間慢約 50 分鐘



月相變化

月球繞地球公轉一周時，地球上見到由新月
米滿月米恢復新月，約 29.53 天

農曆大月 30 天，小月 29 天：由月相變化
週期延伸而來



↑ 圖 5-17 月相變化

♥ 位在北半球，面向南方 →

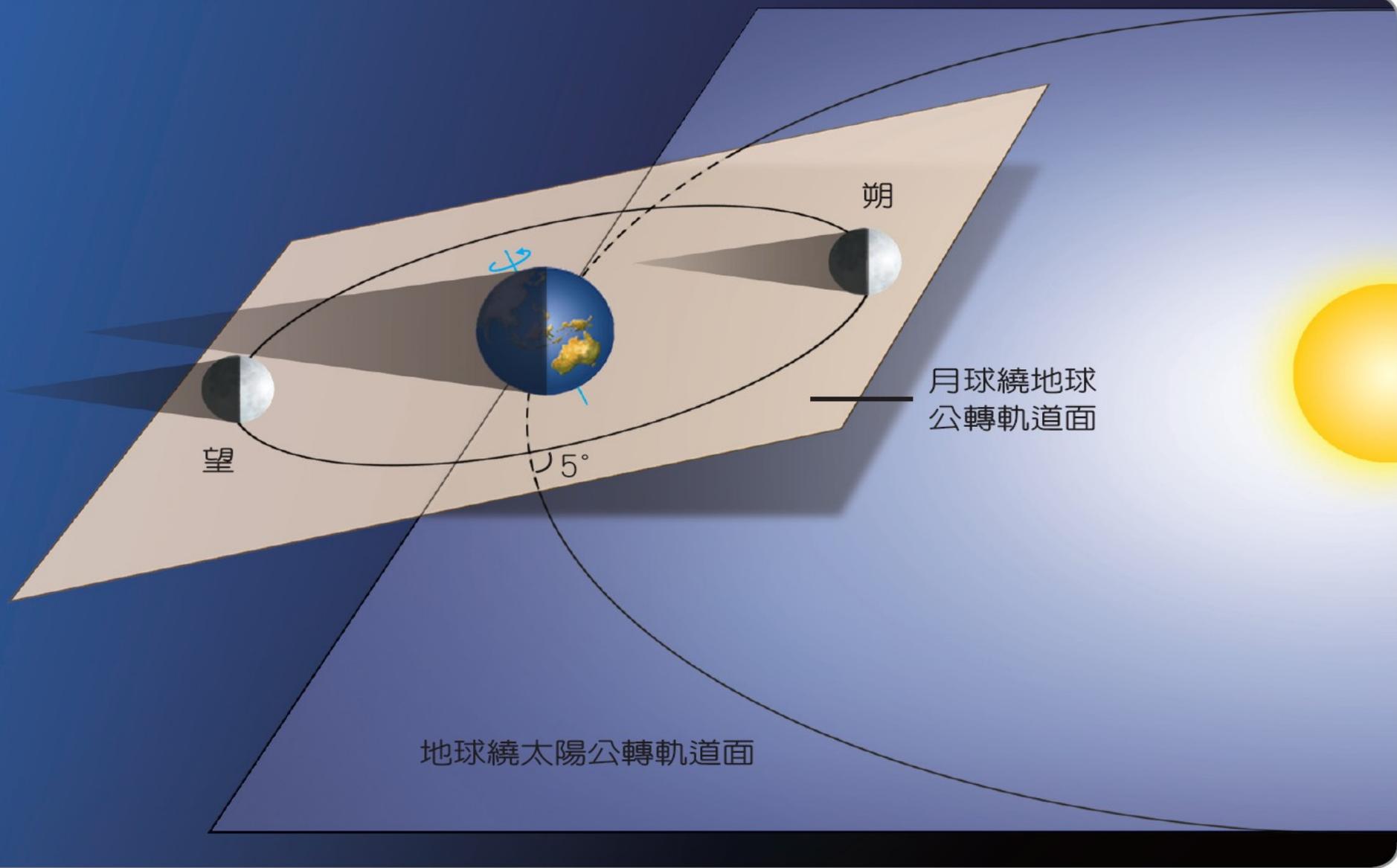
♥ 位在南半球，面向北方 ←

日食和月食

圖 5-16 月球運行至 C 位置，因月球繞行地球公轉平面與地球繞行太陽公轉平面未重合，太陽能照亮半個月球，地球上的人仍可見到滿月



當三者運行至排列呈一直線，地球和月球會相互遮蔽日光，發生日食 / 月食



↑ 圖 5-18 月球繞行地球公轉的平面與地球繞行太陽公轉的平面並非重合（未按實際比例繪製）

日食和月食

日、月食發生與日 / 地 / 月相對位置有關。



日食

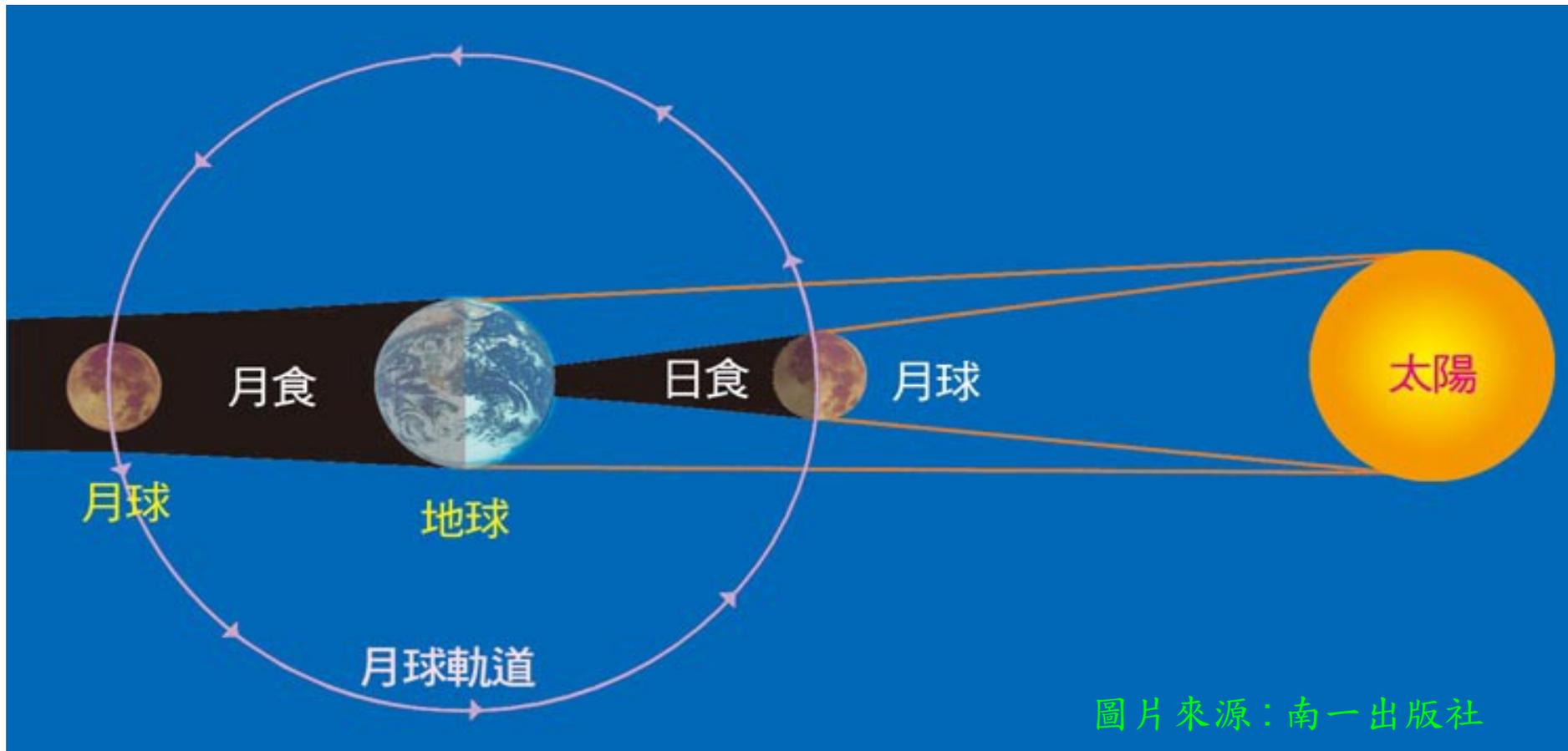
月球在太陽和地球中間，
三者成一直線 發生在朔（農曆初一）

月食

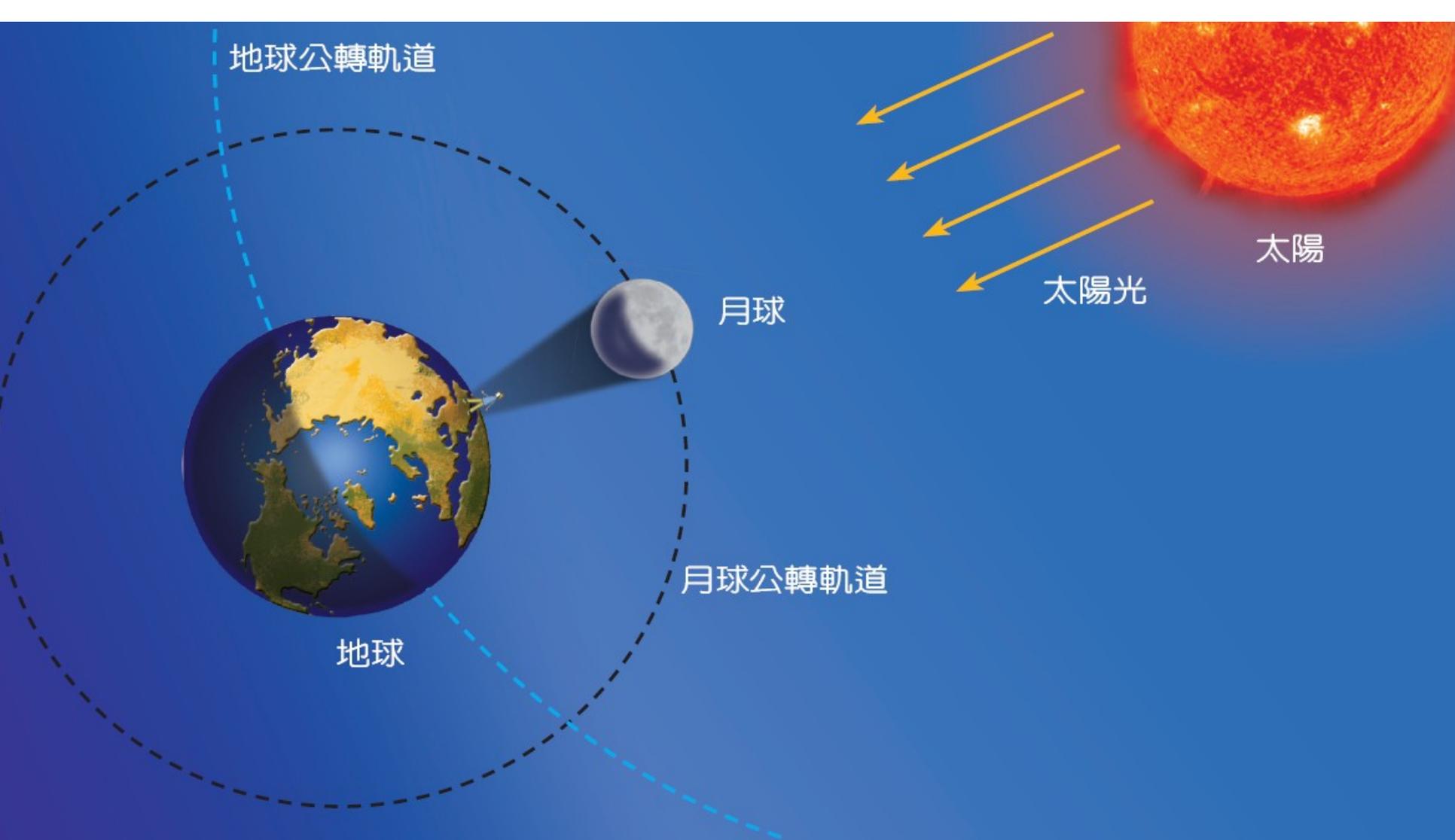
地球在太陽和月球中間，
三者成一直線 發生在望（農曆十五前後）

日食成因

月球運行到太陽和地球間且三者為一直線，地球上的觀測者因月球擋住全部或部分太陽，而可看到日食，約發生在農曆初一的白天。



圖片來源：南一出版社



⬆ 圖 5-20 日食示意圖

日全食

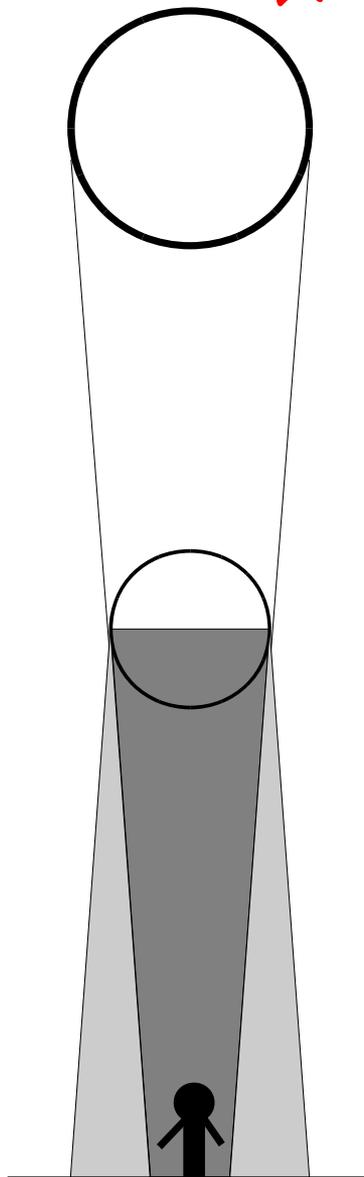
日偏食

日環食

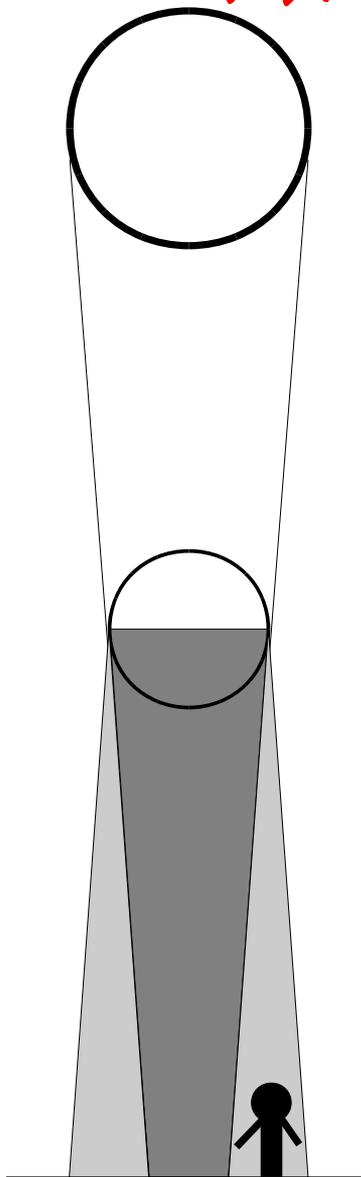
太陽

月亮

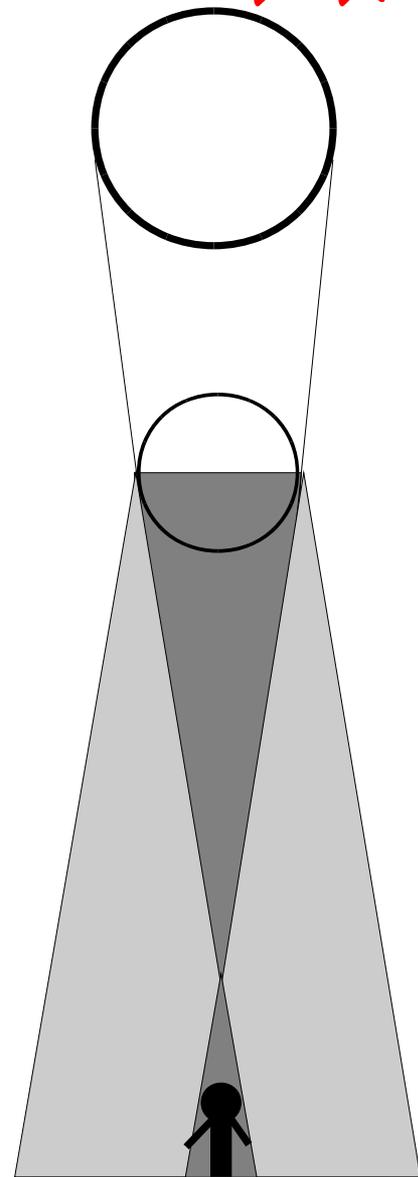
地球



觀測者在本影區



觀測者在半影區

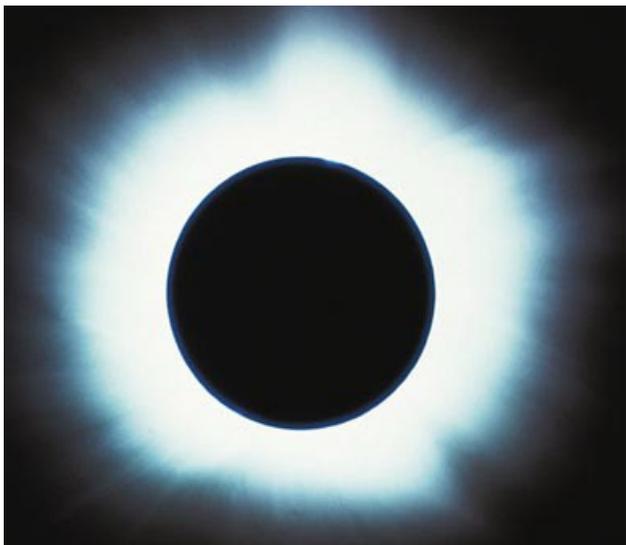


觀測者在本影區

日全食



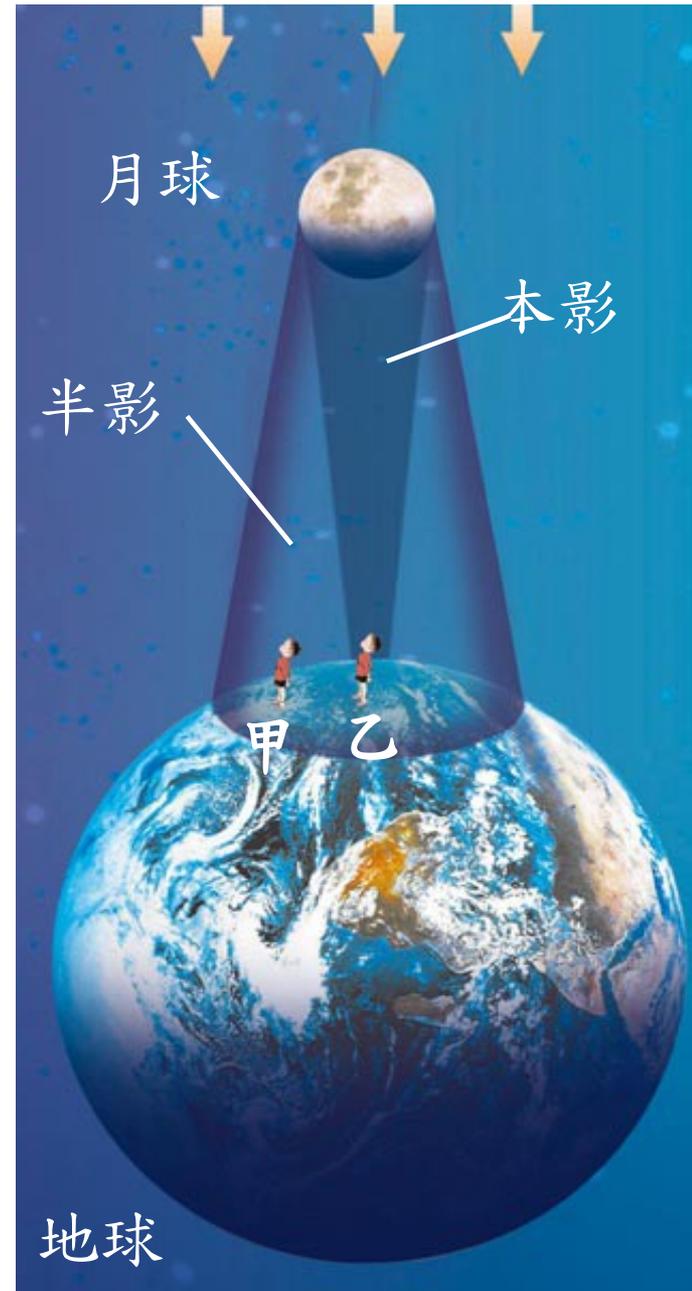
圖 5-19 日全食



觀測者在
月球的本
影區乙

太陽全部
被月球遮
住

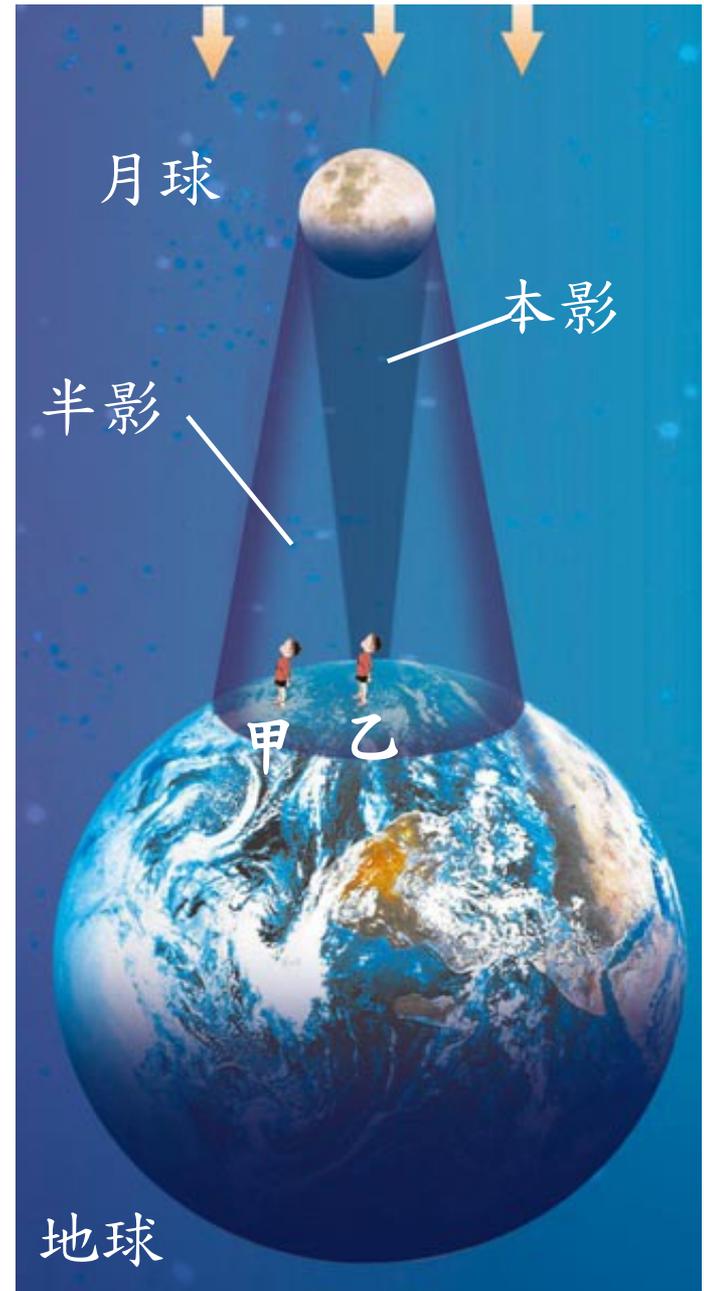
但可以看
見外圍氣
體一日冕



左下圖片與右方圖片來源：南一出版社

日偏食

觀測者在月球的半影區甲，看到太陽部分被月球遮住



圖片來源：南一出版社

07 : 48 08 : 13 08 : 33 09 : 23 09 : 38

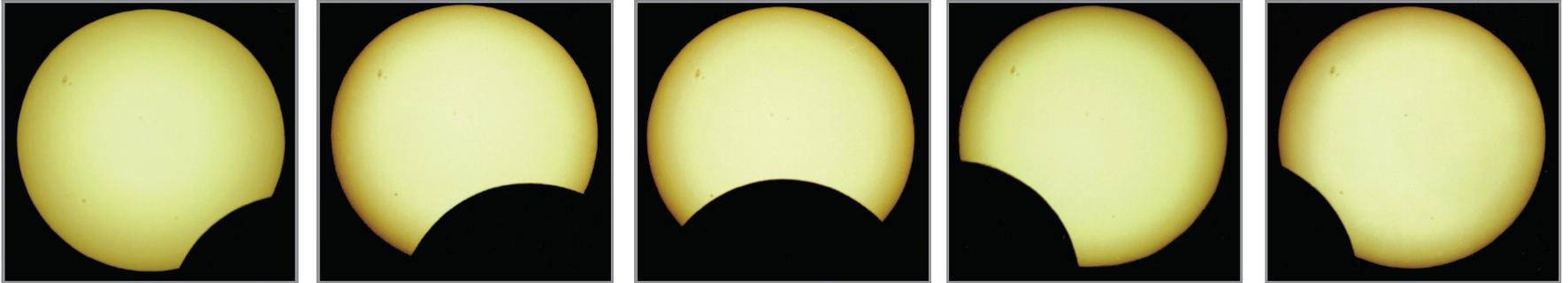
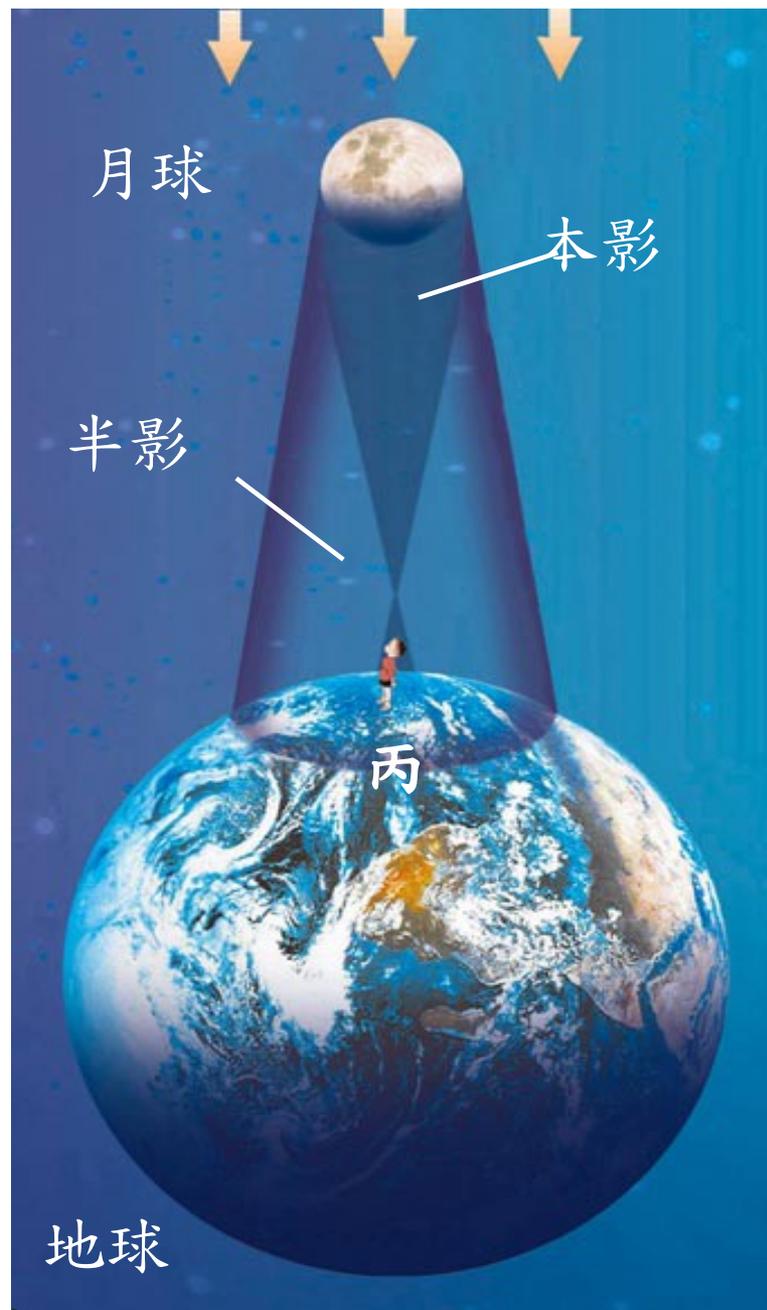


圖 5-21 日偏食過程

(西元 1998 年 8 月 22 日攝於大雪山)

日環食

月球距離地球較遠時，遮住太陽中心，無法把整個太陽全部遮住，觀測者可看見太陽外圍的一圈光環



圖片來源：南一出版社

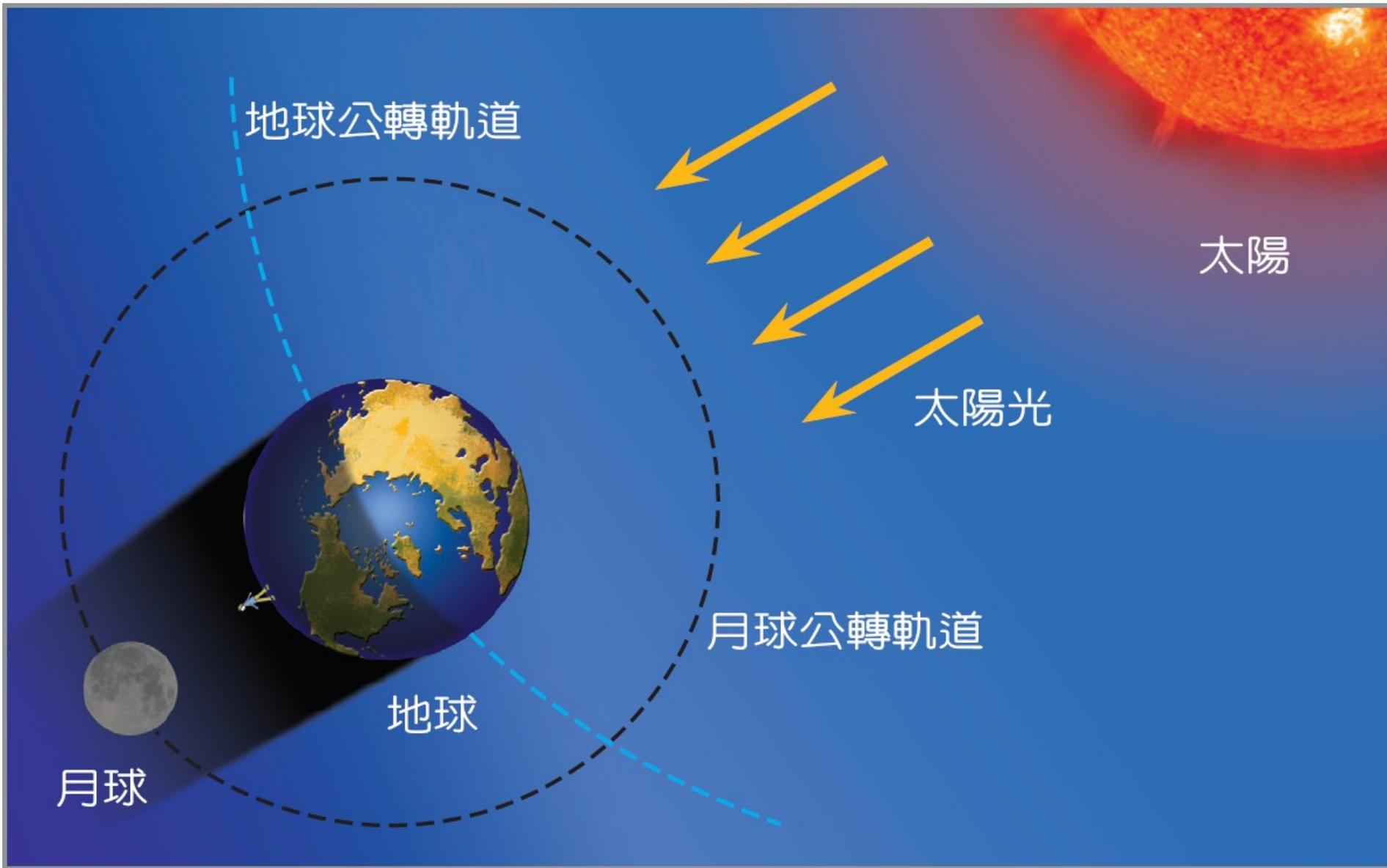
月食



地球運行至太陽與月球間，排列成一直線，月球通過地球的影子形成月食，地球上凡位在夜半球的人都可見到月食



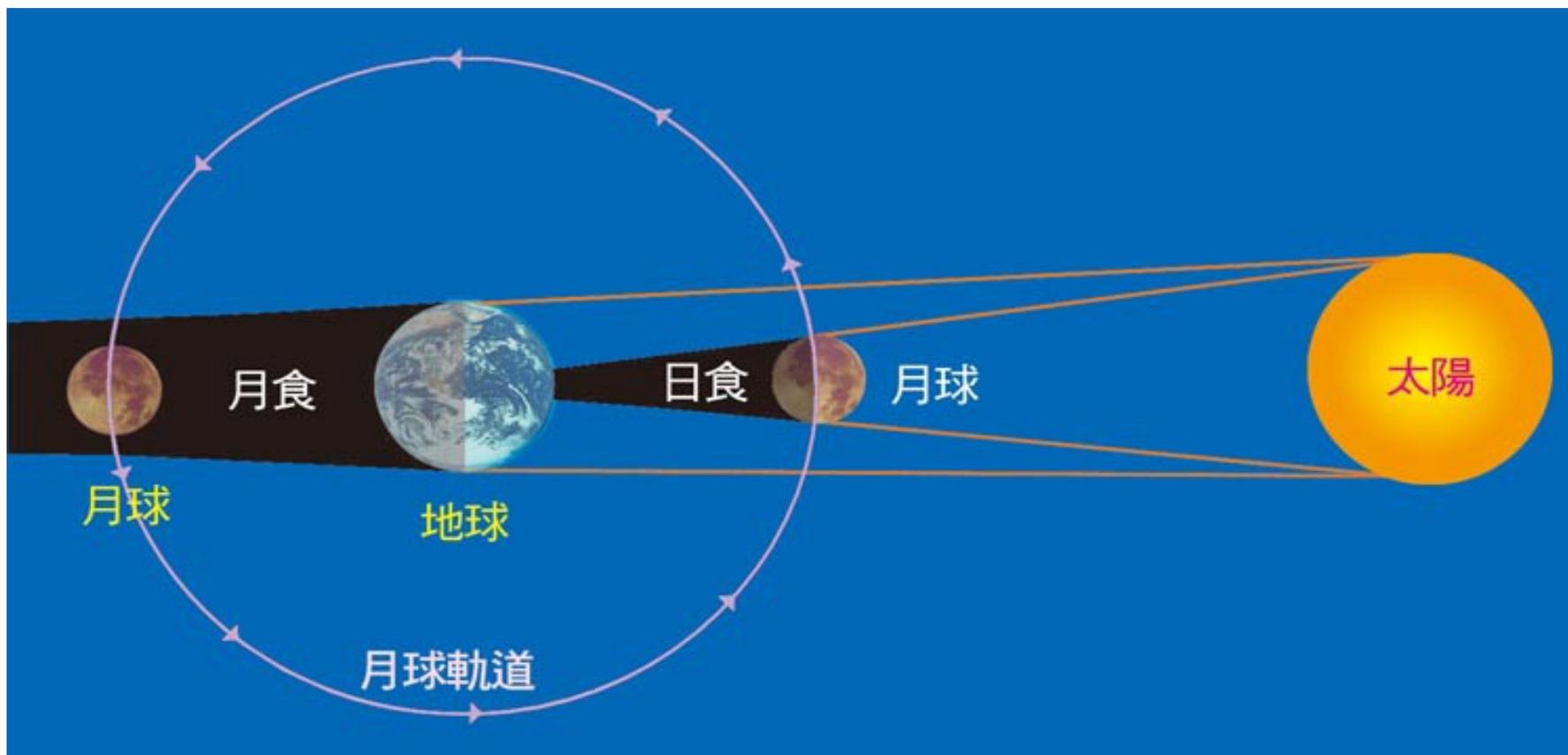
月全食仍有部分太陽光經地球大氣層折射到月球表面，肉眼可見到古銅色月面
(圖 5-23c)



↑ 圖 5-22 月食示意圖

月食成因

地球在太陽與月球間，月球運行到地球的陰影區，會有月食，約發生在農曆十五夜晚。



圖片來源：南一出版社

月食種類



陽光照射地球，在地球背向太陽的一面形成半影及本影陰影區。



月球行經地球的半影區

半影月食



一部分月球進入地球本影陰影區

月偏食

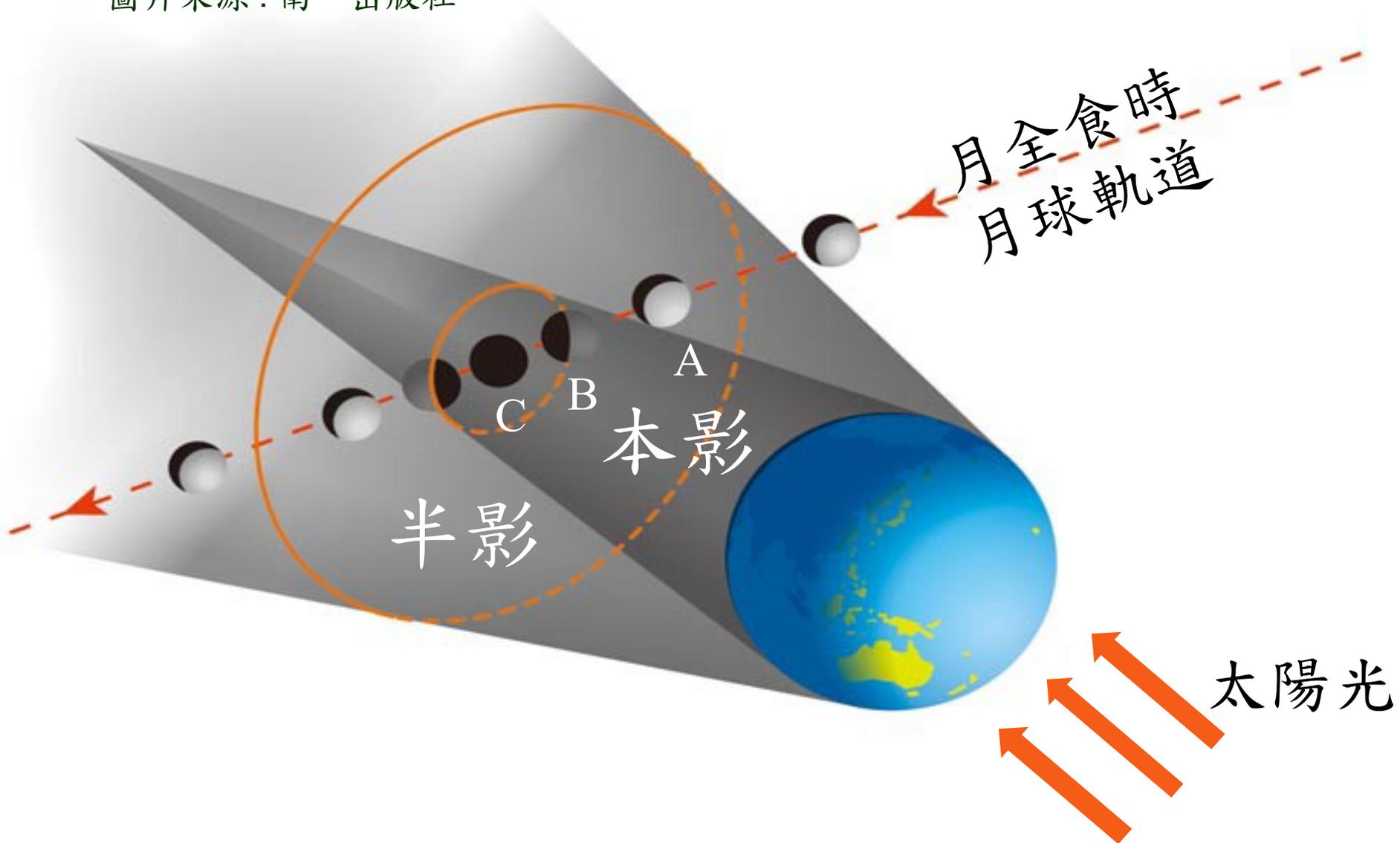


整個月球進入地球本影陰影區

月全食

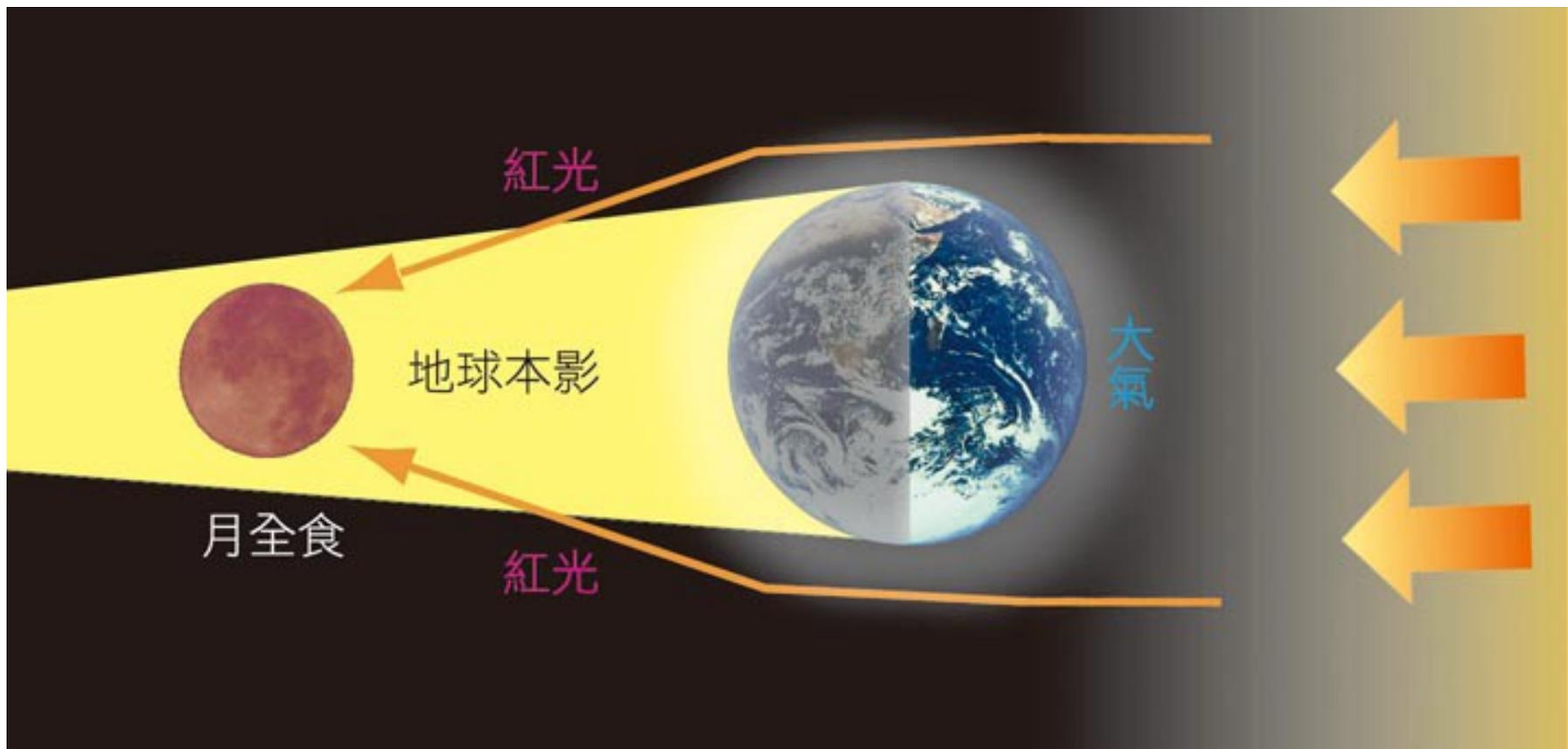


圖片來源：南一出版社



月食示意圖：A 半影月食 B 月偏食 C 月全食

月全食時，陽光穿過地球大氣層，偏紅色光線折射照到月球表面。月球並非全黑看不見而是變成暗紅色



圖片來源：南一出版社

01 : 09

01 : 31

02 : 45

04 : 01

04 : 26

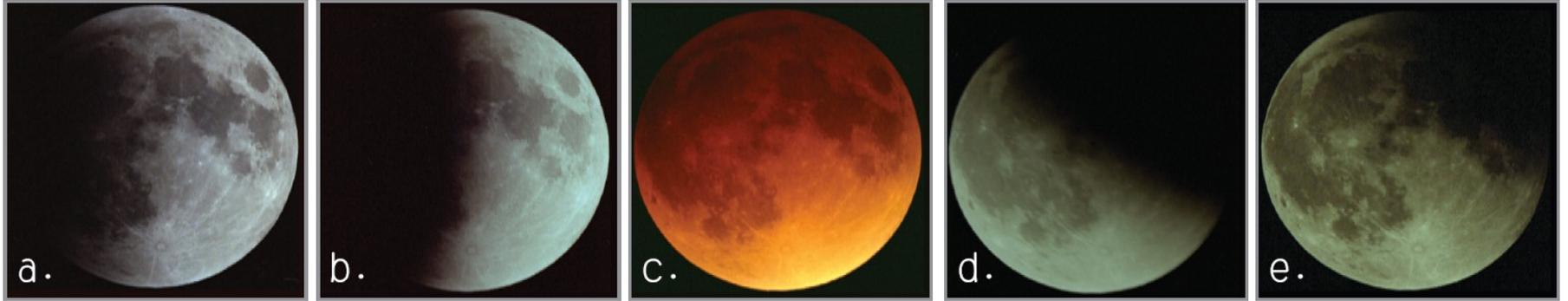


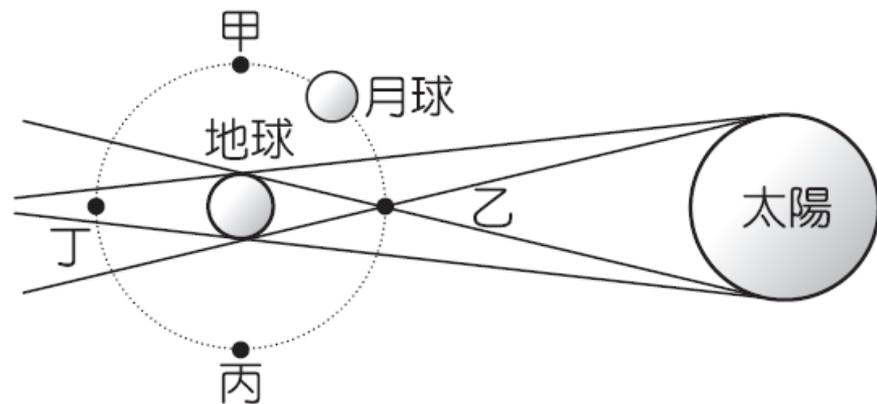
圖 5-23 月全食的過程

(西元 1997 年 9 月 17 日攝於臺北)

例題 5-3

右圖為太陽、地球與月球運行時相對位置的示意圖，當月球運行到下列哪一個位置時，會出現月全食的天文景象？【94-1 基測】

- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁



解答

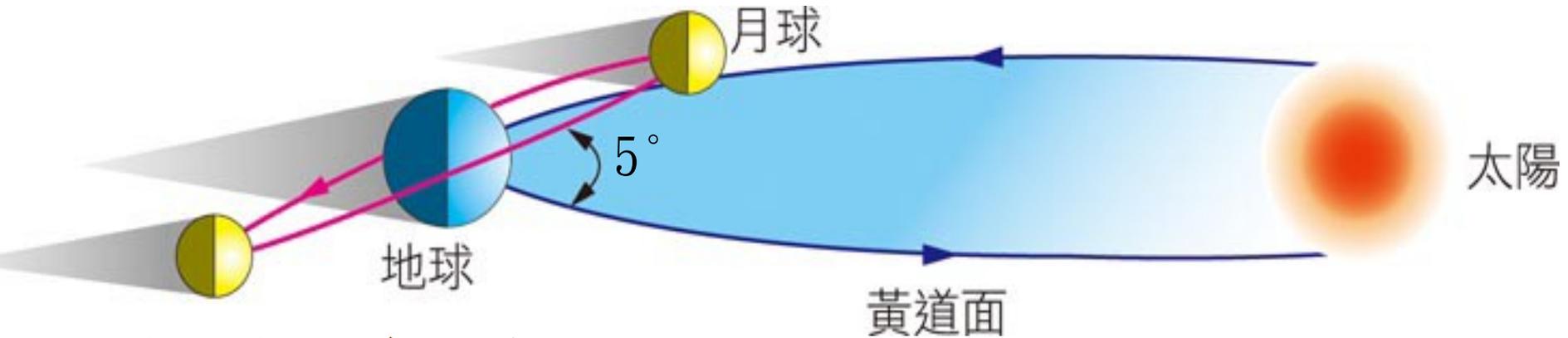
當月球在丁位置時，進入地球的影子內，會出現月全食。

答案為 (D)。

朔、望月時一定產生日、月食？

月球軌道（白道）和黃道交角 5° ，所以不是每次朔、望月的時候三者成一直線，當然就不一定會產生日、月食了！

朔，無日食現象



望，無日食現象

潮汐現象

地表面海水因太陽和月球的引力及相對位置改變，使海水面產生週期性升降

太陽質量雖大，但因距離地球較遠，離地球較近的**月球對潮汐影響力較大**



潮汐現象

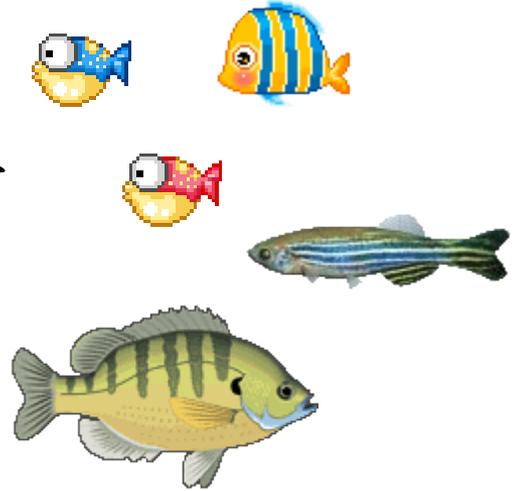
滿潮：海水面升到最高水位

乾潮：下降至最低水位時

潮差：滿、乾潮間水位差

漲潮：海水面從乾潮逐漸上升的期間

退潮：海水面從滿潮逐漸下降的期間



潮汐

滿潮

潮差

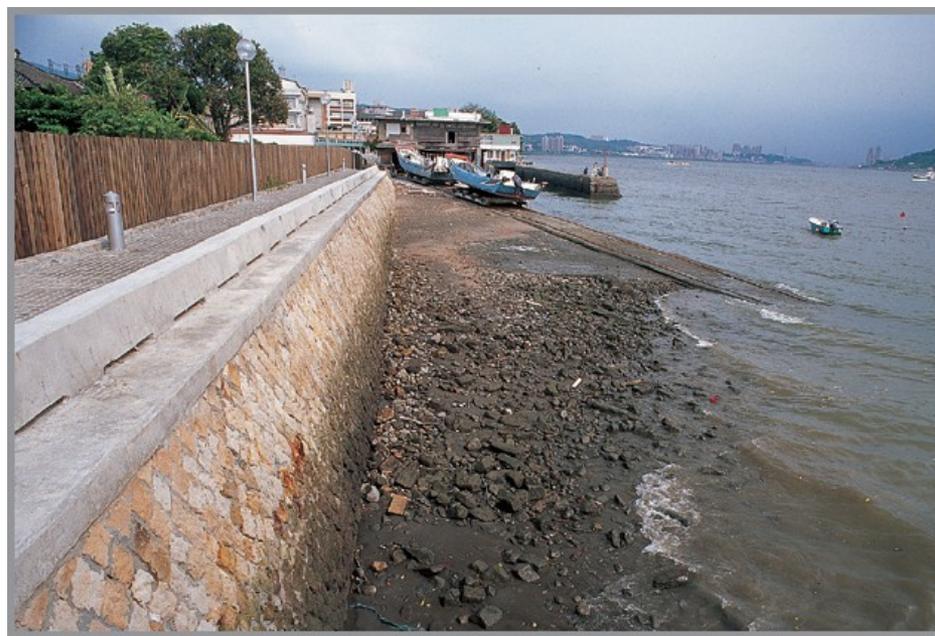
乾潮

潮間帶

來源：泰宇出版社



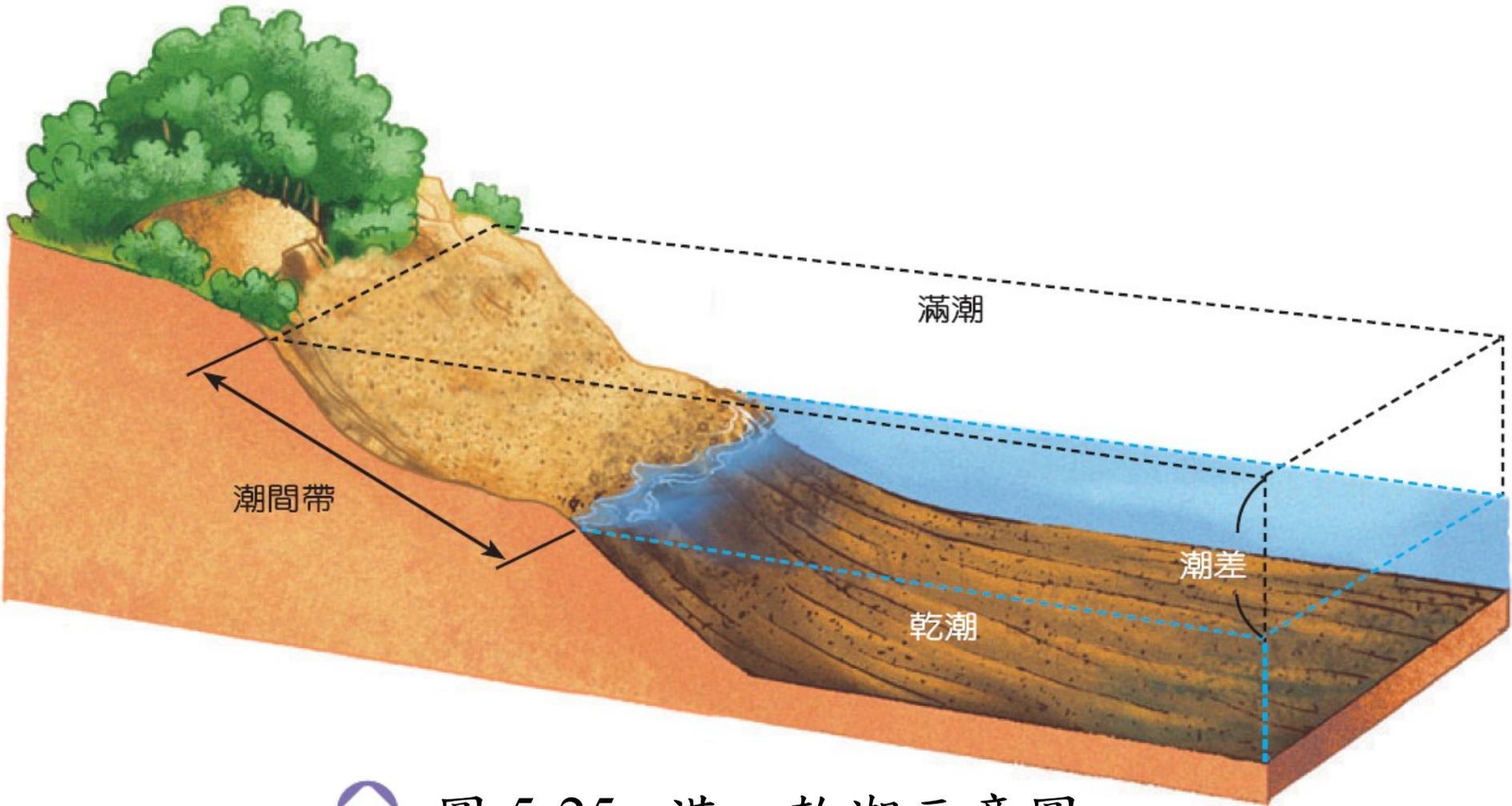
a. 滿潮



b. 乾潮

⬆ 圖 5-24 同一地點滿潮與乾潮景觀（攝於淡水）

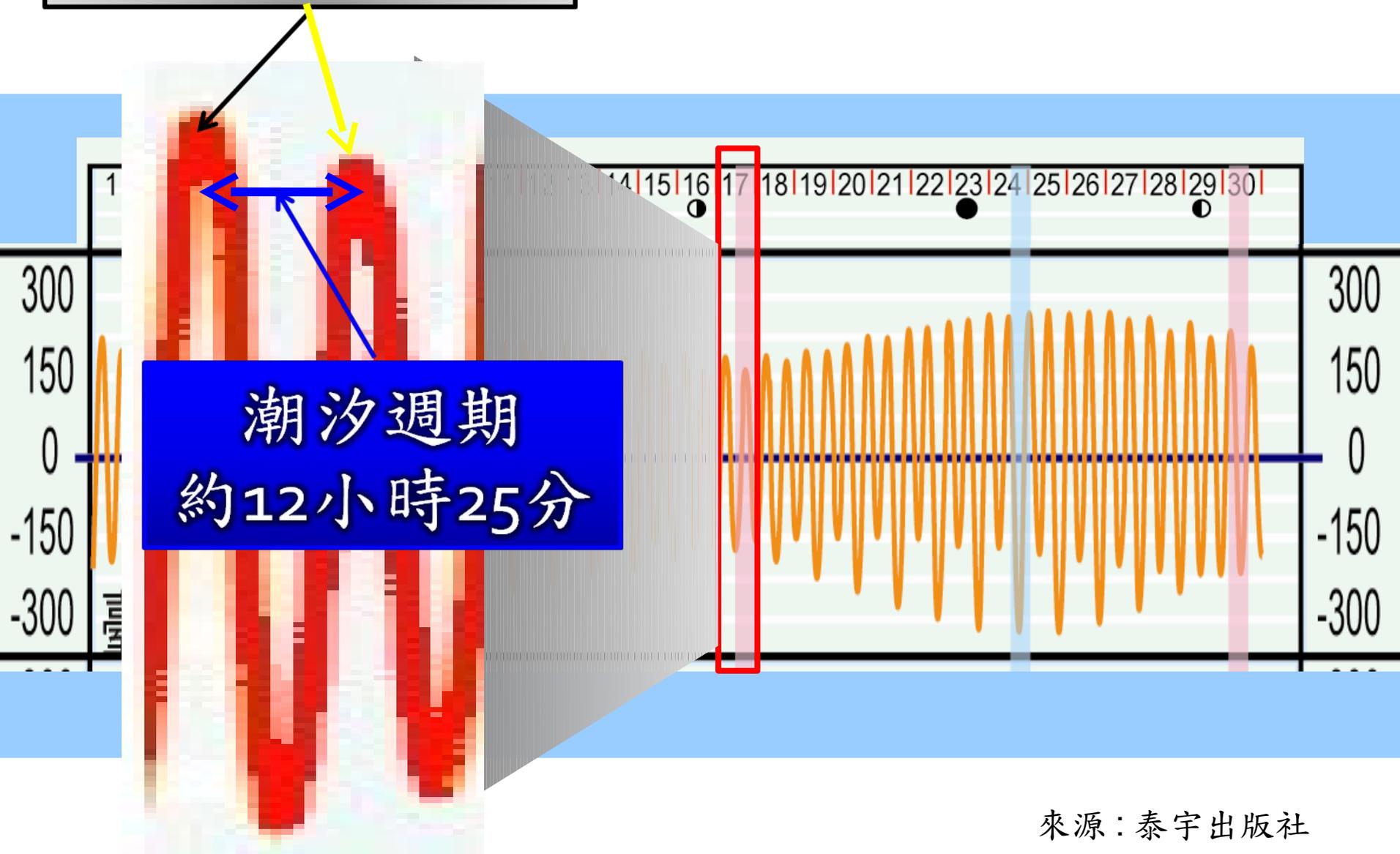
大潮時高水位更高，低水位更低



↑ 圖 5-25 滿、乾潮示意圖



一天有2次滿潮



來源：泰宇出版社

大潮與小潮

大潮

朔 / 望時，月球、地球及太陽在一直線上，月球及太陽對地球海水引力相加結果，會發生一個月中兩次最高水位滿潮



小潮

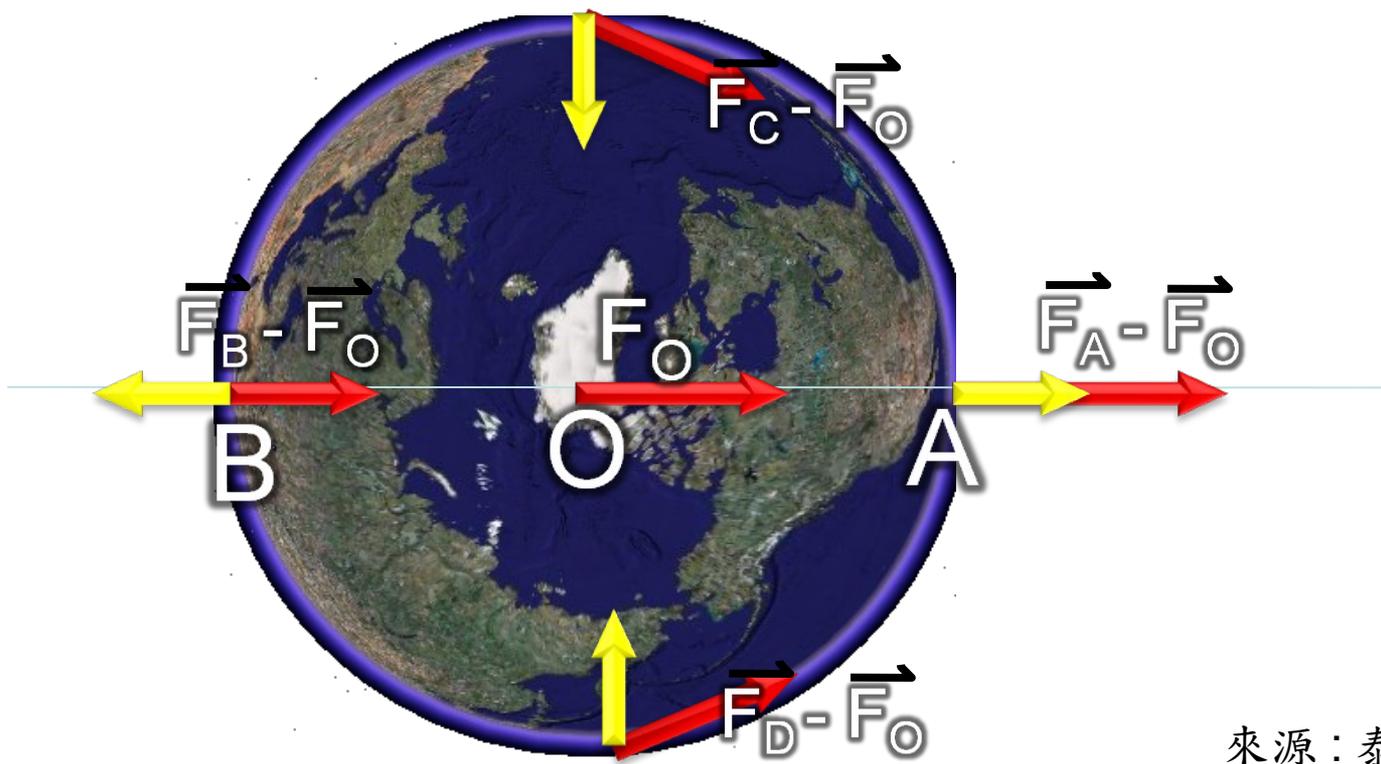
上、下弦月時，月球、地球及太陽呈垂直夾角，使月球 - 地球及太陽 - 地球海水引力互相抵消，發生一個月中兩次最低水位的滿潮



補充

引潮力

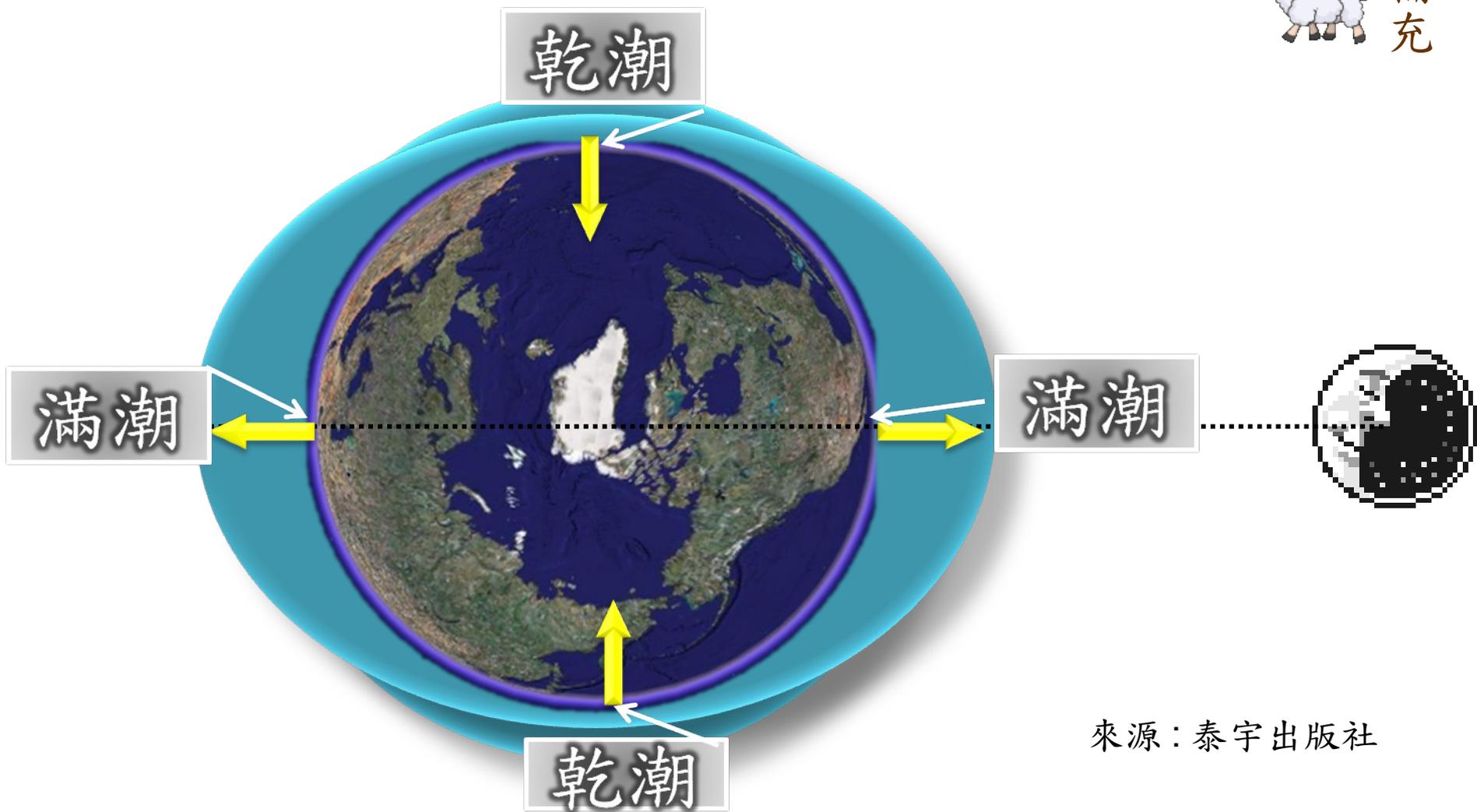
引力的差量即為引潮力 →



來源：泰宇出版社

引潮力

引力的差量即為引潮力



影響潮汐的主要因素

1. 月球引力

2. 太陽引力

3. 海底海岸的地形

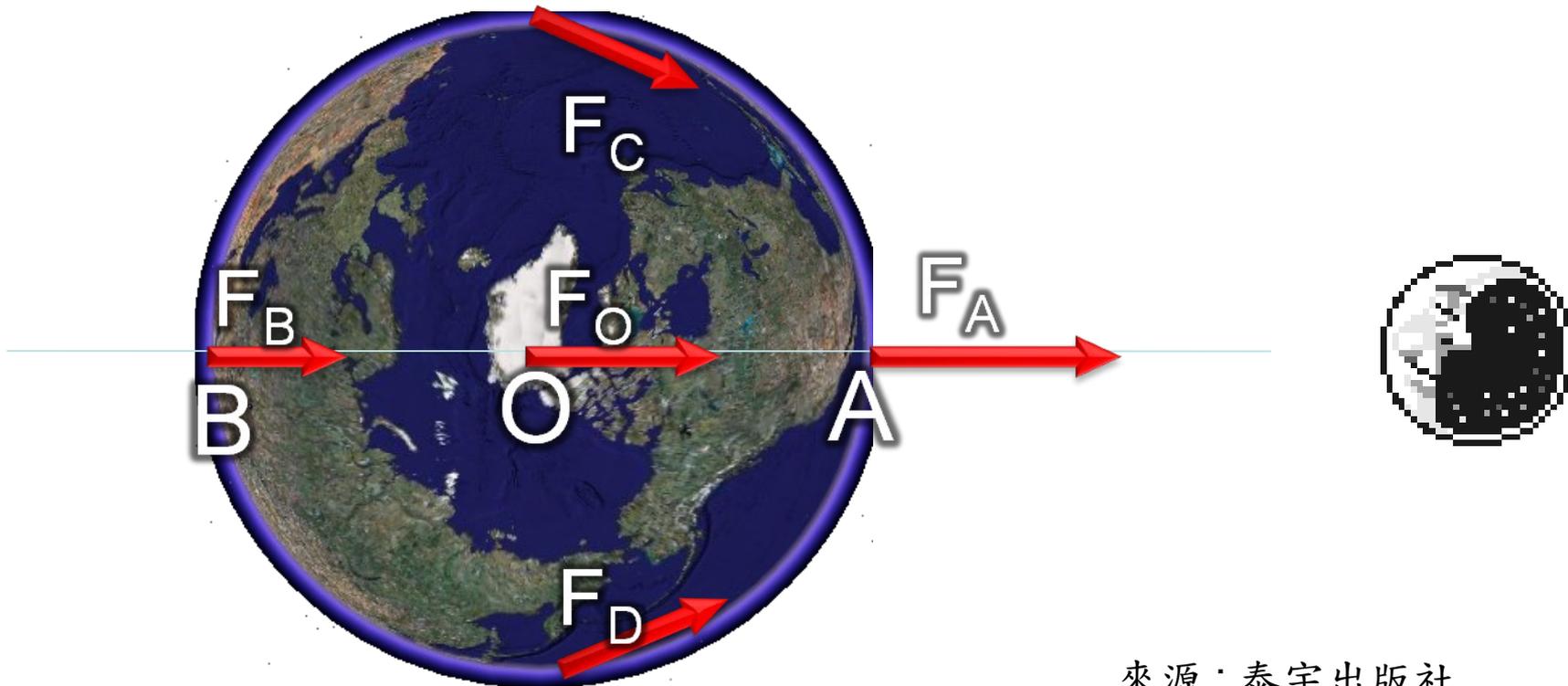
引力與引潮力



補充

一個星體上各點所受的引力不同 →

$$F_A > F_O > F_B$$

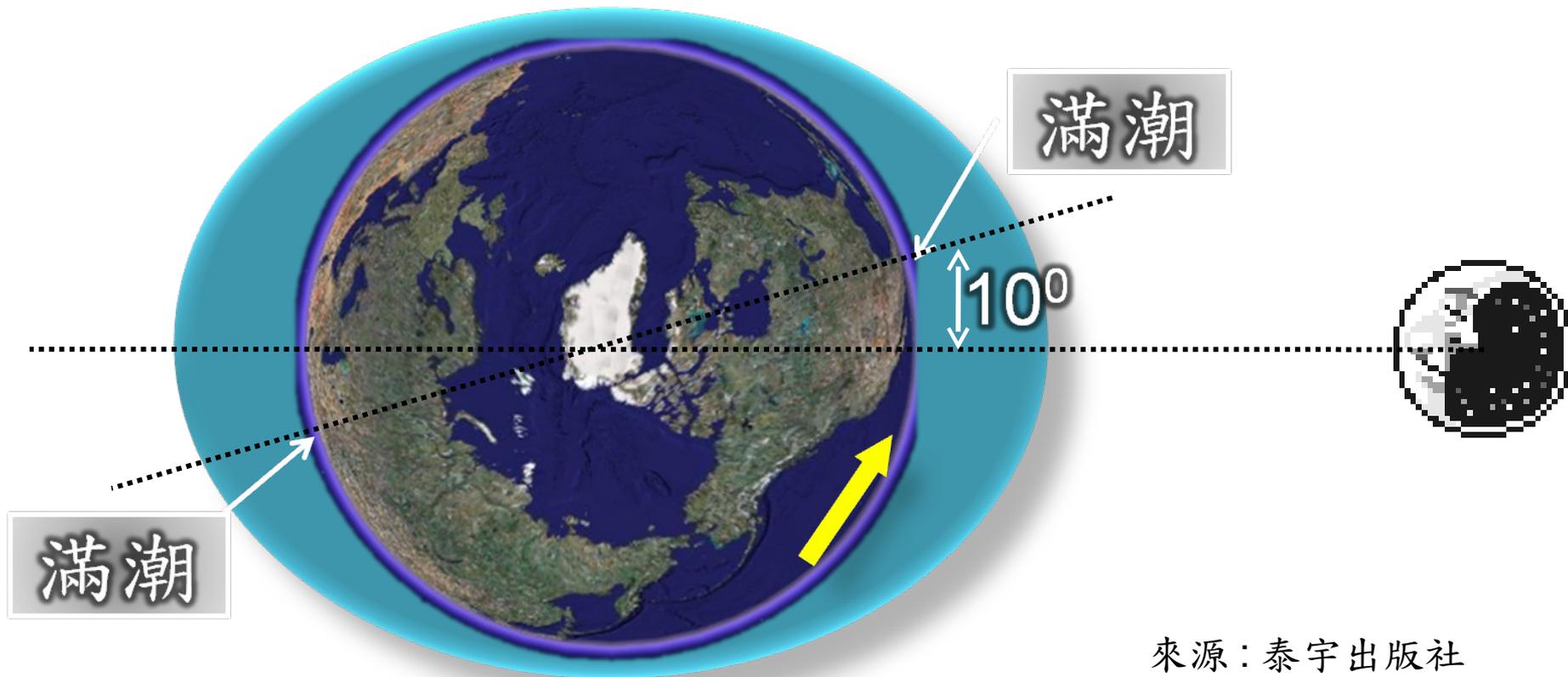


來源：泰宇出版社



因地球自轉

海水與地表間的摩擦力推擠海水



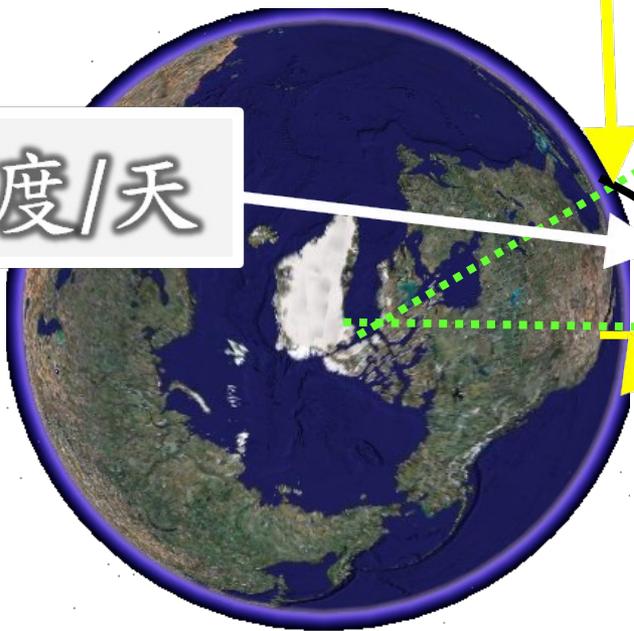
來源：泰宇出版社

不考慮摩擦力

滿潮

第2天

$$360/30=12\text{度/天}$$



第1天

滿潮



補充

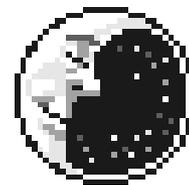
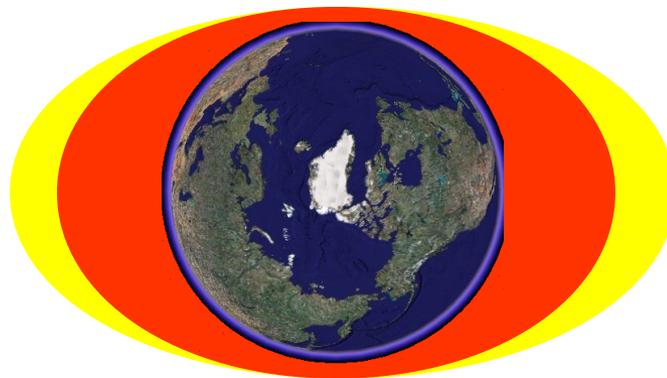
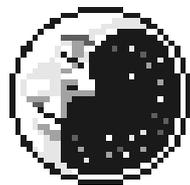
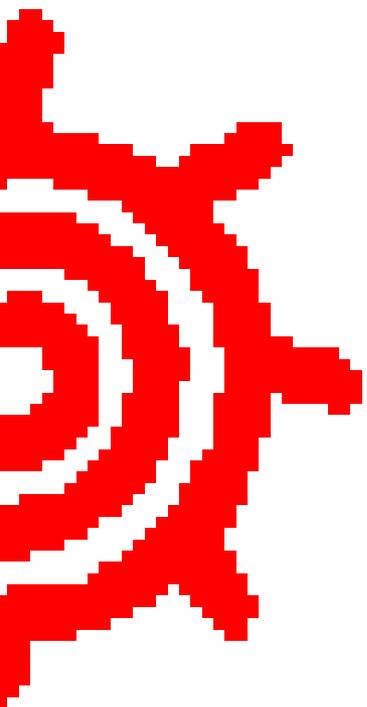
$$\text{自轉12度需時}$$
$$12 \times (1440/360) = 48\text{分}$$

來源：泰宇出版社

太陽的引潮力 < 月球的引潮力



∴ 引潮力 與M成正比, R^3 成反比



初一

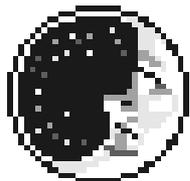
十五

大潮

大潮

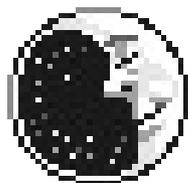
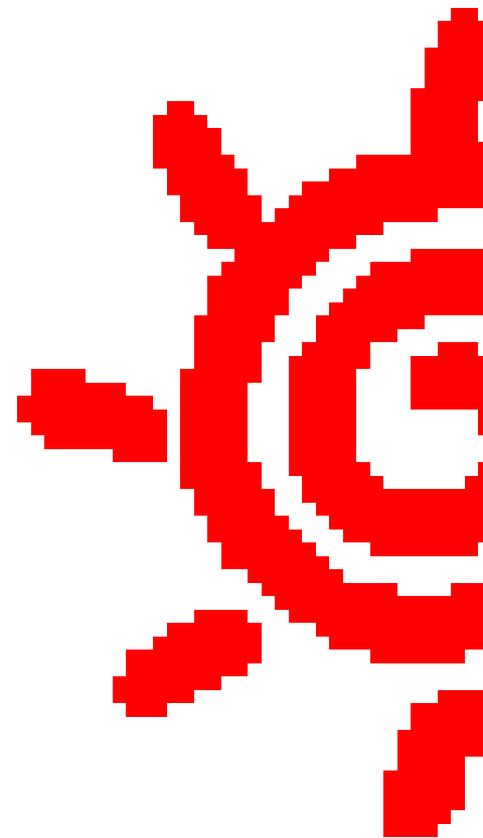
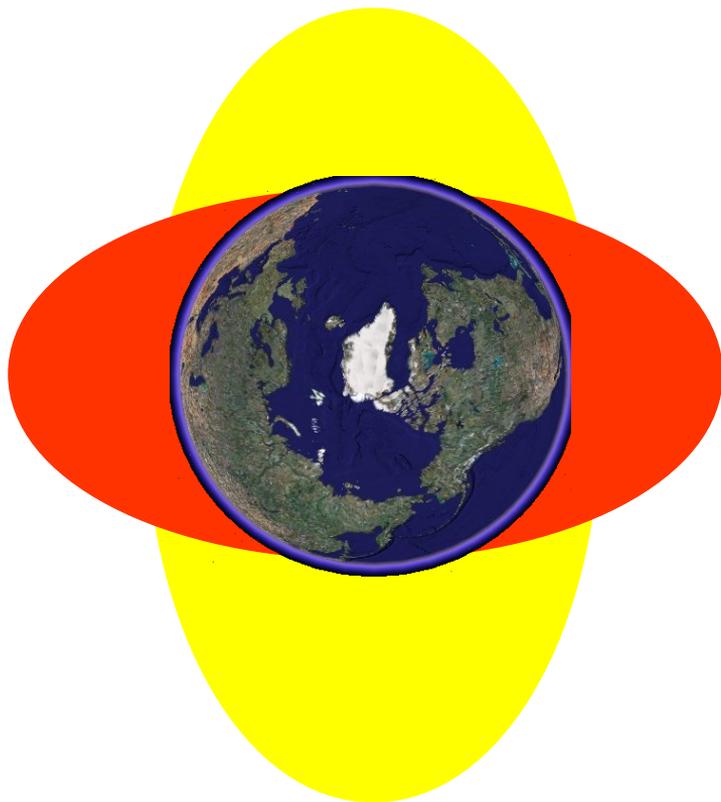


補充



上弦月

小潮



下弦月

小潮

潮汐現象

臺灣沿海各地每日約有兩次滿潮及乾潮，實際海水面漲退情形會受到海底、海岸地形以及海流影響而有差異，各地潮差不同
(圖 5-26)

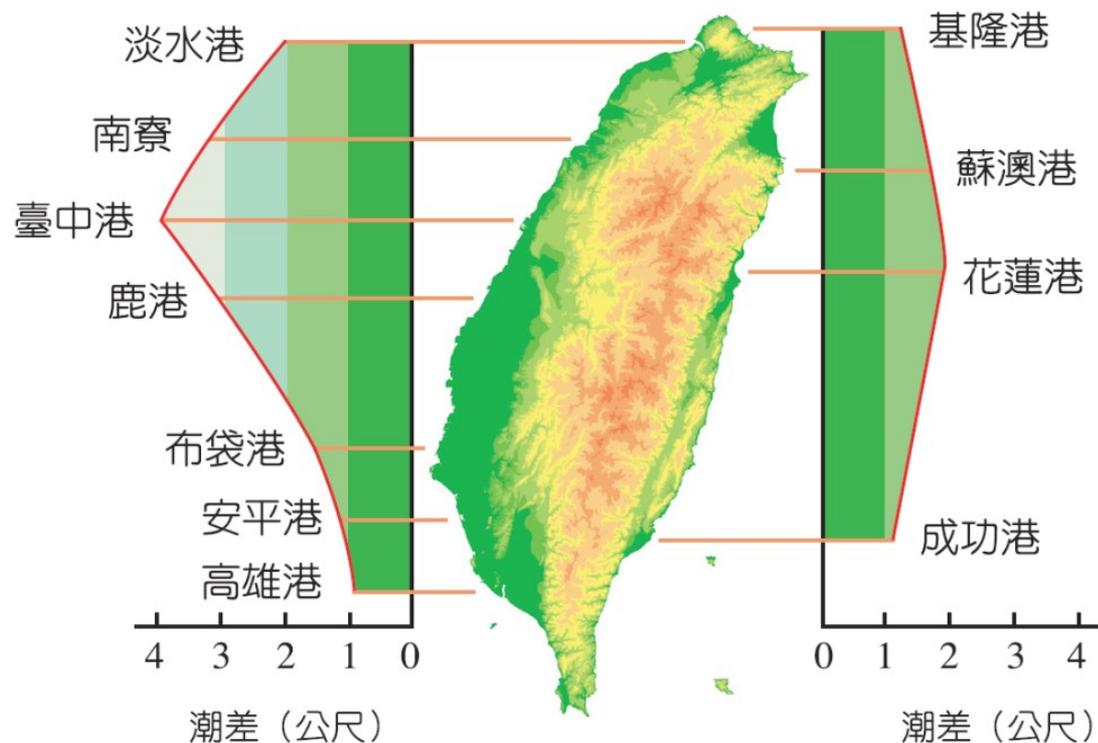


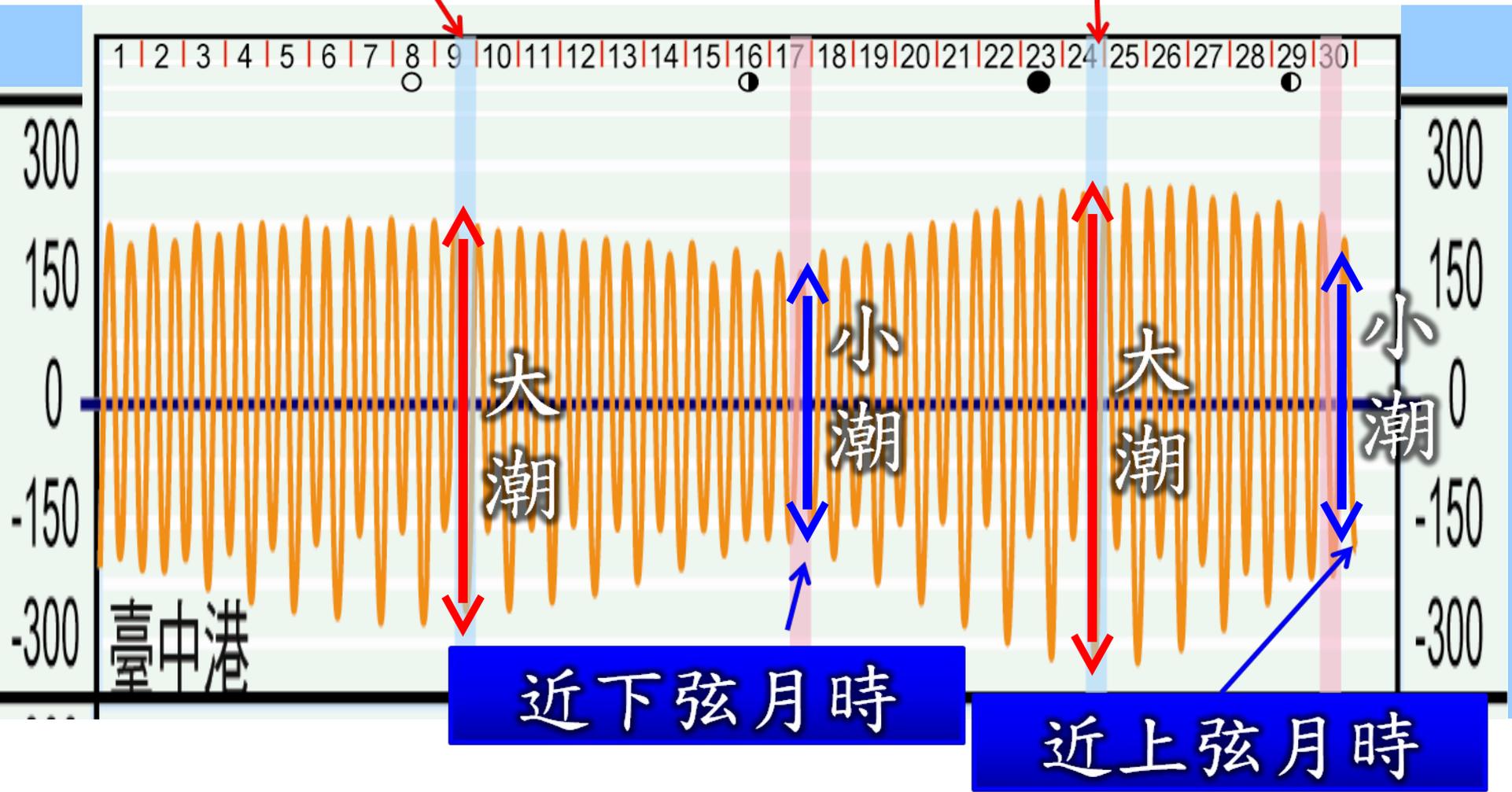
圖 5-26

臺灣各地的潮差示意圖



近望月時

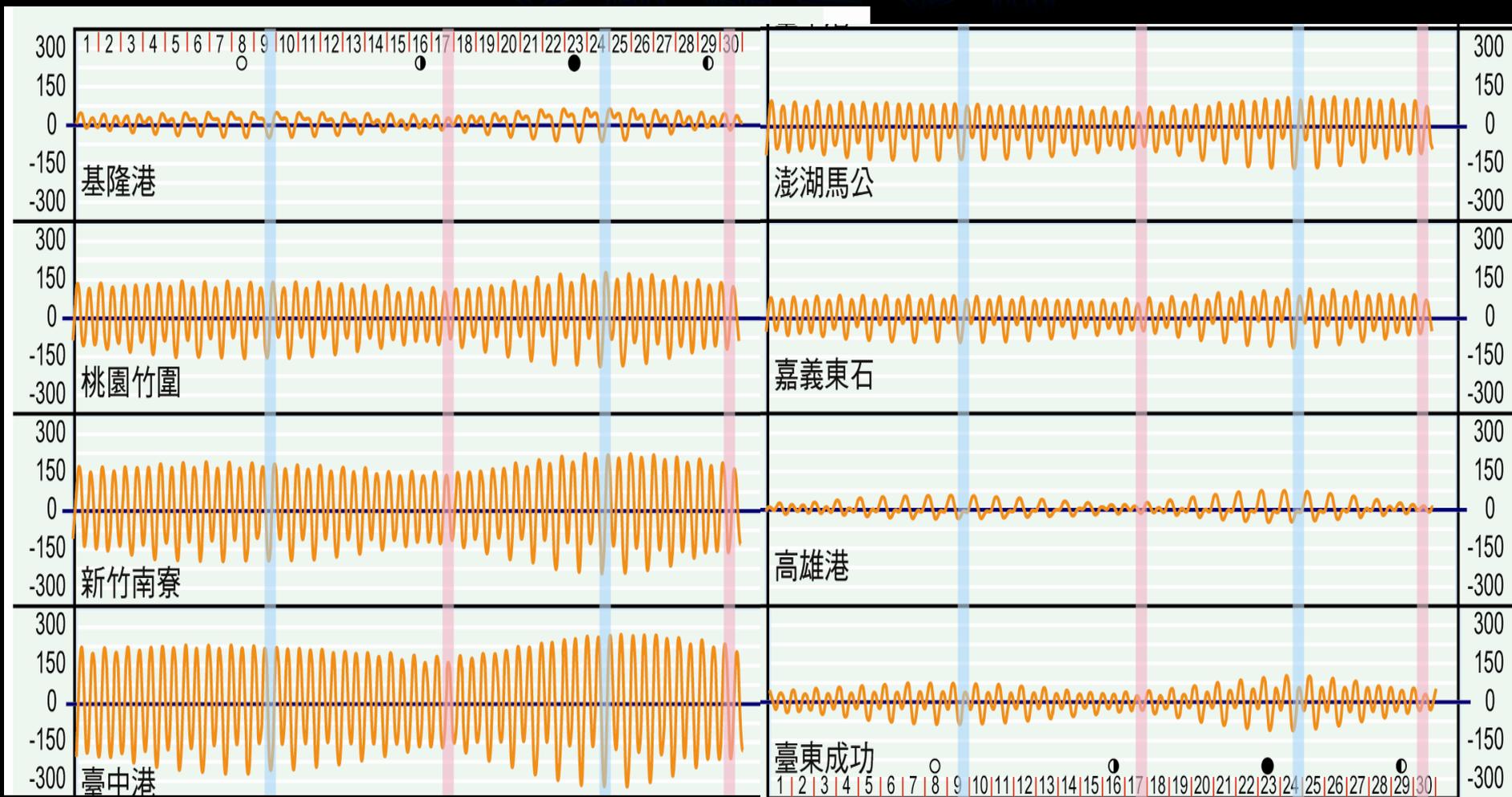
近朔月時



受海底海岸地形影響 各地潮差不同



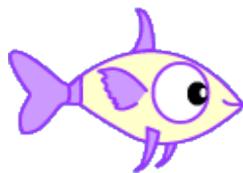
補充



例題 5-4

當日、地、月相對位置排列約成一直線，當天潮汐水位變化最大，稱為大潮。颱風侵襲臺灣時若適逢大潮，常由於潮水高漲無法迅速將大量雨水排除，造成水患。由下列颱風侵襲臺灣的日期判斷，何者最可能曾遇上大潮？【97-2 基測】

- (A) 賀伯颱風，民國 85 年 7 月 31 日（農曆 6 月 16 日）
- (B) 象神颱風，民國 89 年 10 月 30 日（農曆 10 月 4 日）
- (C) 桃芝颱風，民國 90 年 7 月 30 日（農曆 6 月 10 日）
- (D) 康森颱風，民國 93 年 6 月 9 日（農曆 4 月 22 日）



解答

大潮發生時，日、地、月排列約成一直線，月相為朔或望，約是農曆初一或十五前後。答案為(A)。





潮汐現象



潮汐現象和生活息息相關，如：可利用漲、退潮時水位變化捕魚、清淨河川及發展養殖漁業



船隻在航行或靠、離碼頭時，要考慮吃水深度，通常在較淺水的區域，船必須利用漲潮時進出港口，才不會擱淺

潮差較大海域能發展潮汐發電



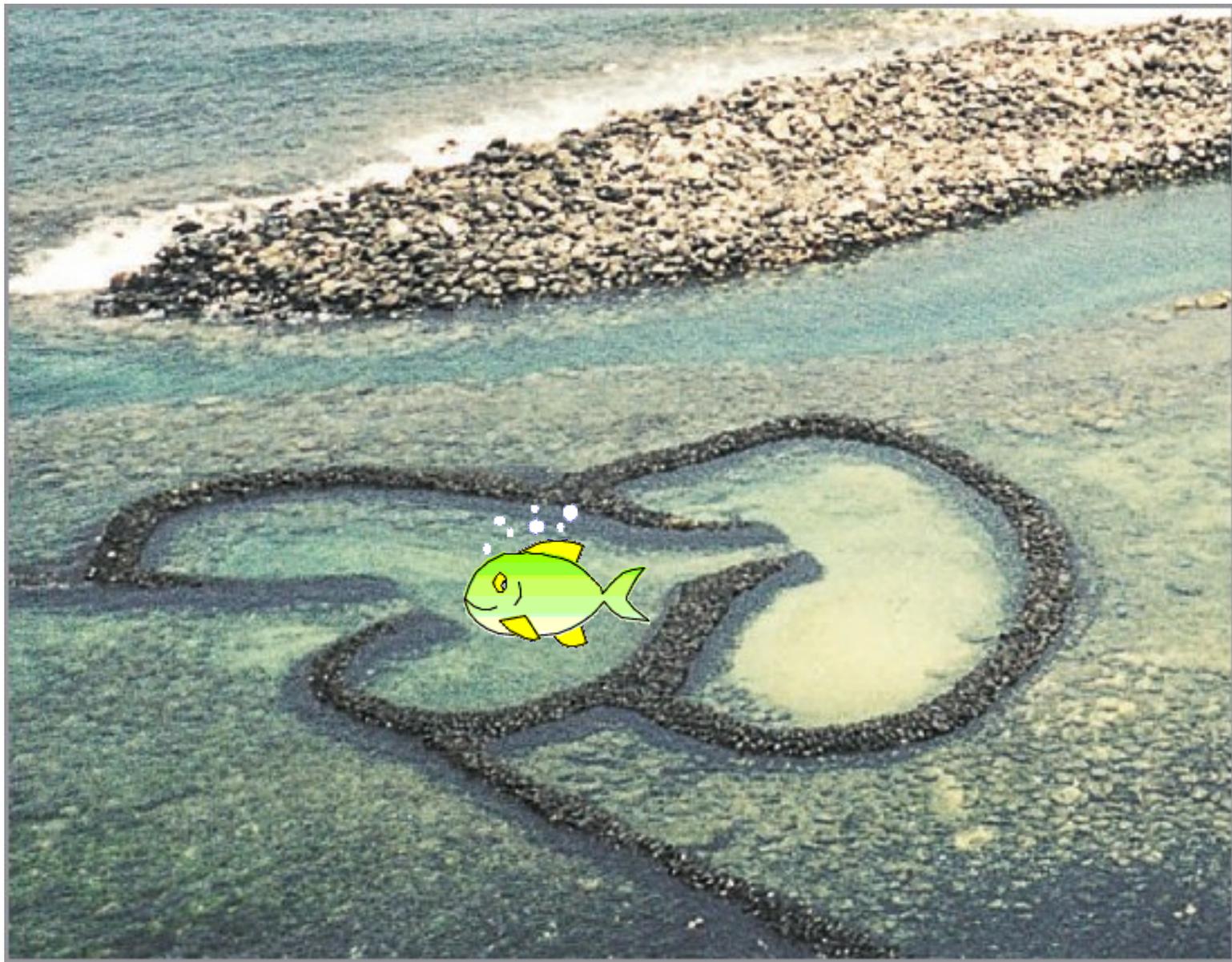


圖 5-27 澎湖雙心石滬利用潮差捕魚



活動與觀察

5-3 潮汐預報表的觀察

下表為臺灣某日六個地點的潮汐預報表，試由此表回答下列問題：

	第一次乾潮		第一次滿潮		第二次乾潮		第二次滿潮	
	潮時	潮高 (cm)	潮時	潮高 (cm)	潮時	潮高 (cm)	潮時	潮高 (cm)
淡水	05 : 26	-183	11 : 54	165	18 : 05	-94	23 : 43	127
梧棲	05 : 41	-296	12 : 02	245	18 : 07	-187	23 : 58	229
高雄	03 : 06	-47	09 : 09	3	12 : 54	-11	20 : 11	62
蘇澳	00 : 51	-104	07 : 22	45	12 : 32	-30	18 : 34	85
花蓮	00 : 52	-108	07 : 29	51	12 : 41	-35	18 : 47	82

註：臺灣地區的潮高以基隆平均海平面為起算點



活動與觀察

5-3 潮汐預報表的觀察

1. 依上表的潮高資料來推測，臺灣北、中、南及東部沿海，何處可能有較大的潮差？

解答

從滿潮和乾潮的潮高水位來看，梧棲的潮差最大，因此臺灣中部沿海的潮差較大。





活動與觀察

5-3 潮汐預報表的觀察

2. 依據上表的資料，臺灣北、中、南及東部沿海，當天何處最晚發生滿、乾潮？可能的原因為何？

解答

1. 從表中觀察可知，當天臺灣中部（梧棲）發生滿潮和乾潮時間最晚。
2. 臺灣附近海域潮汐大部分地區每日有兩次漲退潮，漲潮時太平洋海水自臺灣海峽南北兩端湧入海峽內，交匯於中部外海一帶，造成當天中部發生滿潮時間最晚；退潮時海水由臺灣中部海峽內往南北端湧入太平洋，方向與漲潮時相反，造成當天中部發生乾潮時間最晚。



3. 當天下午三點時，淡水港口正在漲潮還是退潮？

解答

此時正值退潮。



4. 潮間帶在乾潮時能完全露出海面，若當日白天希望能到花蓮觀察潮間帶生物，約何時到達最為合適？

解答

需選擇水位最低接近乾潮的時刻，大約 12:30 較合適。



活動與觀察

5-3 潮汐預報表的觀察

5. 有一艘郵輪只能在漲潮時進出港口，若今必須於中午十二點入港，並於晚上十一點出港，則選擇哪些港口較為適合？

解答

船隻入港需要足夠的吃水深度，需選擇在水位最高接近滿潮時，在兩個時間皆要符合條件的情形下，選擇淡水或梧棲較合適。

