

# 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。



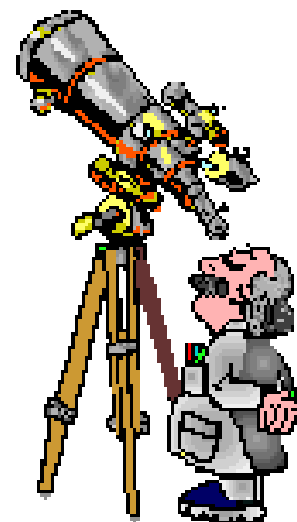
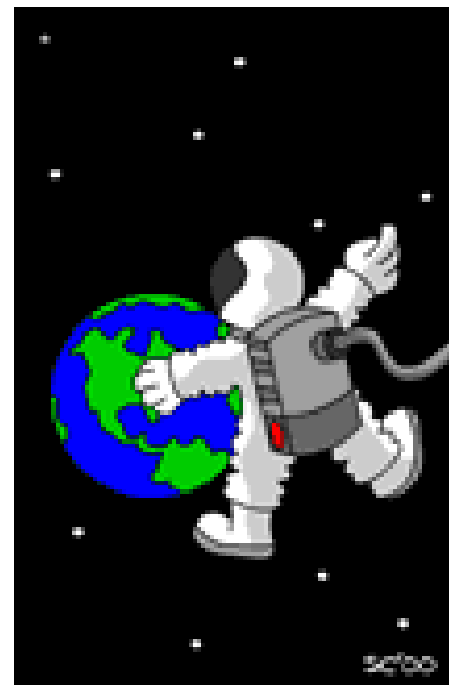


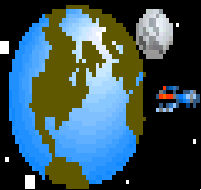
## 5-1 浩瀚的宇宙

★ 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

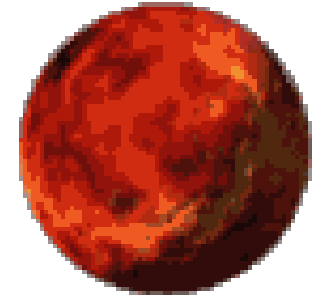
1. **本身發光能力不同**
2. 受到**恆星與地球距離遠近**的影響



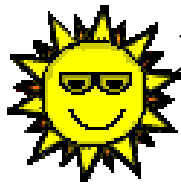
溫度高低影響**顏色**（溫度愈高愈多藍白色 / 愈低愈多紅橙色），而非亮度。



# 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

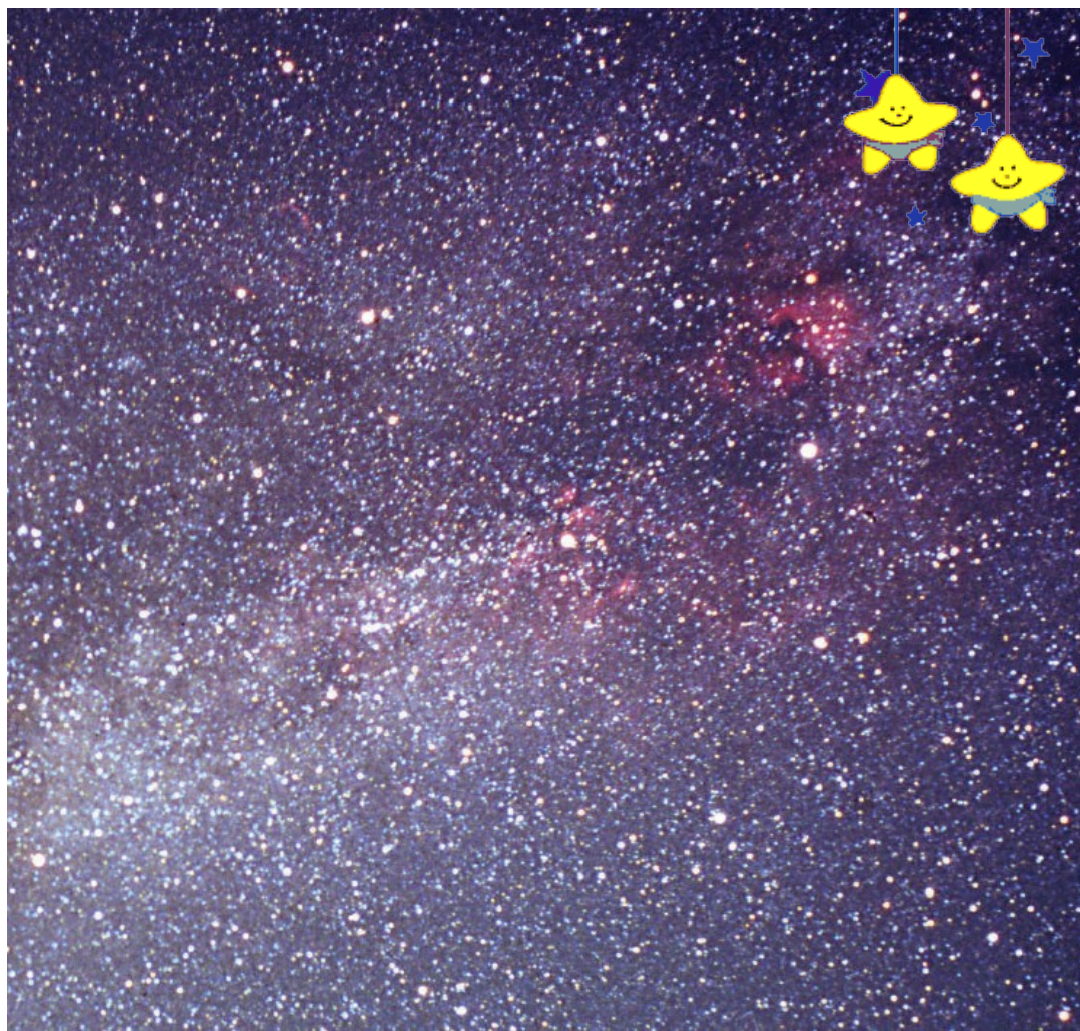





圖 5-1 夜晚所見的滿天星斗，大部分是會自行發光的恆星

# 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



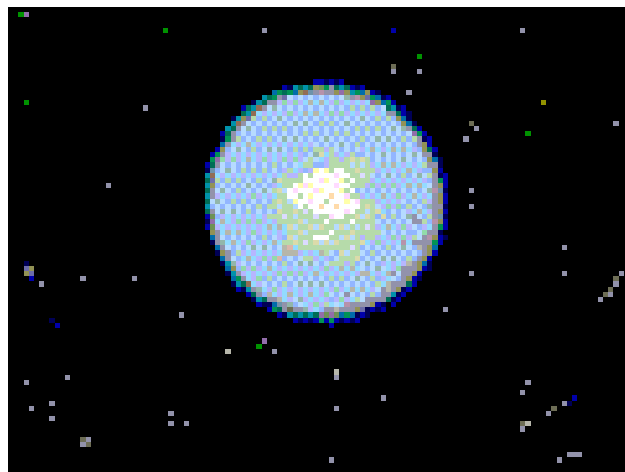
## 補充資料

# 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)

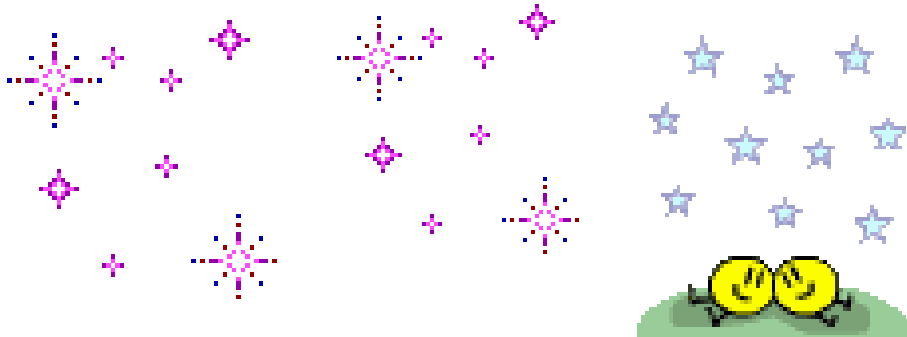


# 星系

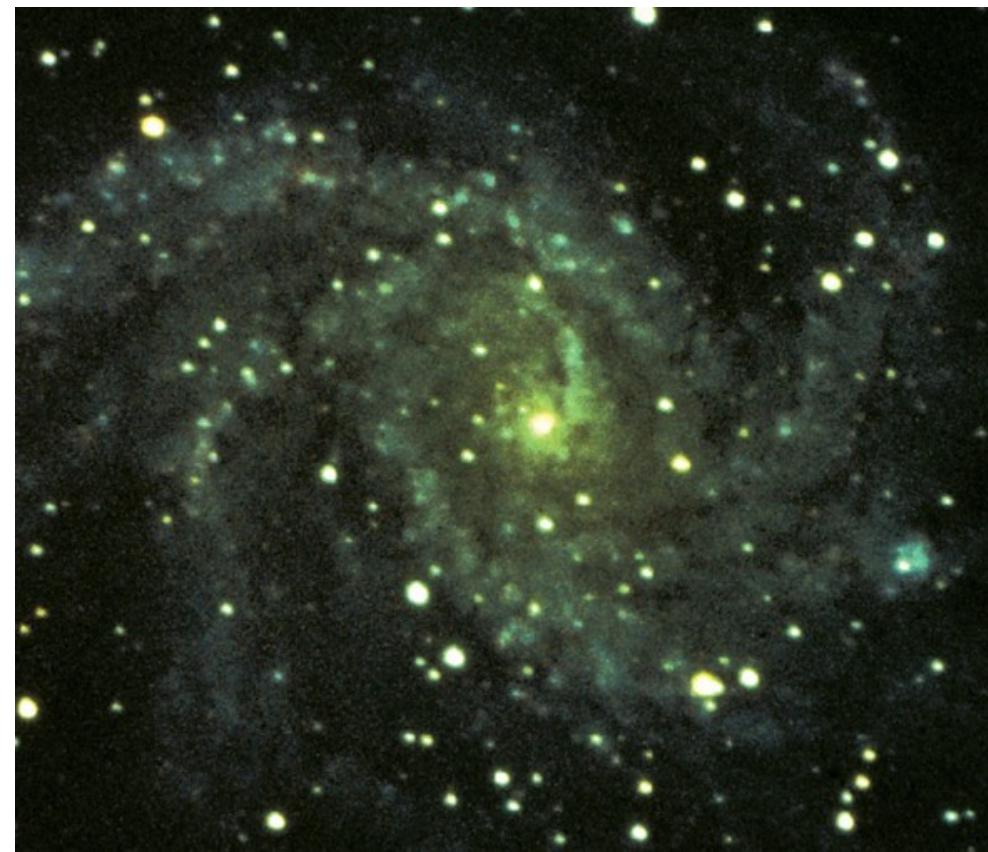
★ 宇宙中恆星分布不均，有些地方有很多恆星、星團與星雲聚集，形成**星系**

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

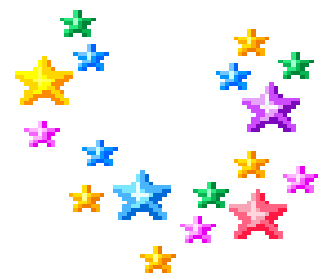
地球屬於銀河系，故地球上的太空望遠鏡無法拍攝到銀河系外觀；此兩張圖是類似銀河系外觀的星系  
**太陽系位於銀河系的獵戶座旋臂上**



圖 5-2

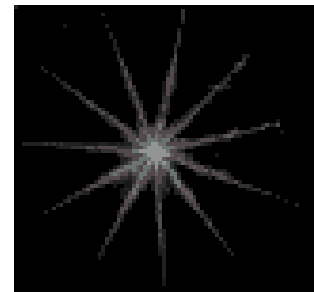
銀河系形狀示意圖，俯視呈現漩渦狀，側視如同一個荷包蛋

## ? 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。







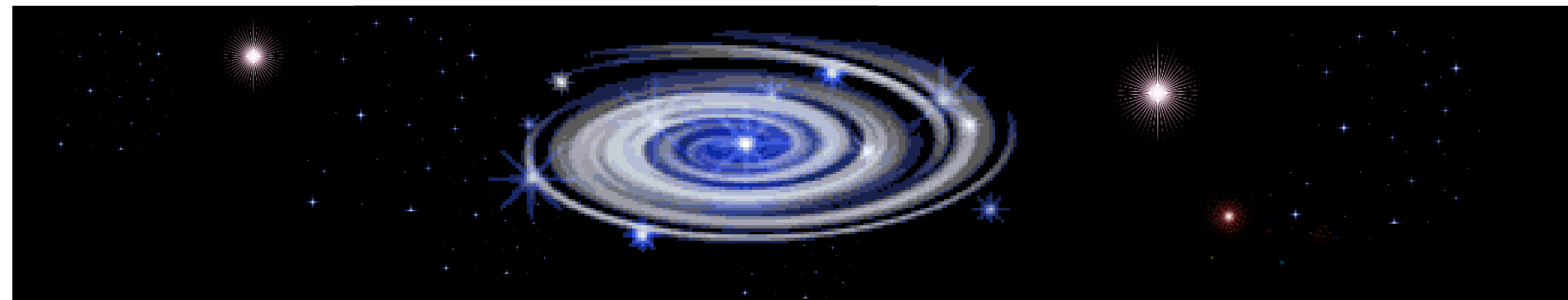
## 補充資料

### 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





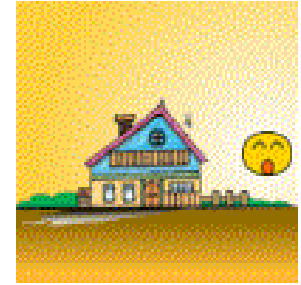
## 補充資料

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

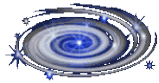
自古以來，人類看著太陽規律地東昇西落，  
以為地球是宇宙中心，其他星體都繞著地球  
運轉

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

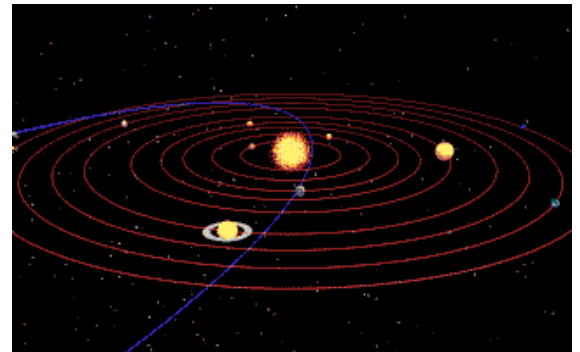


## 星雲學說

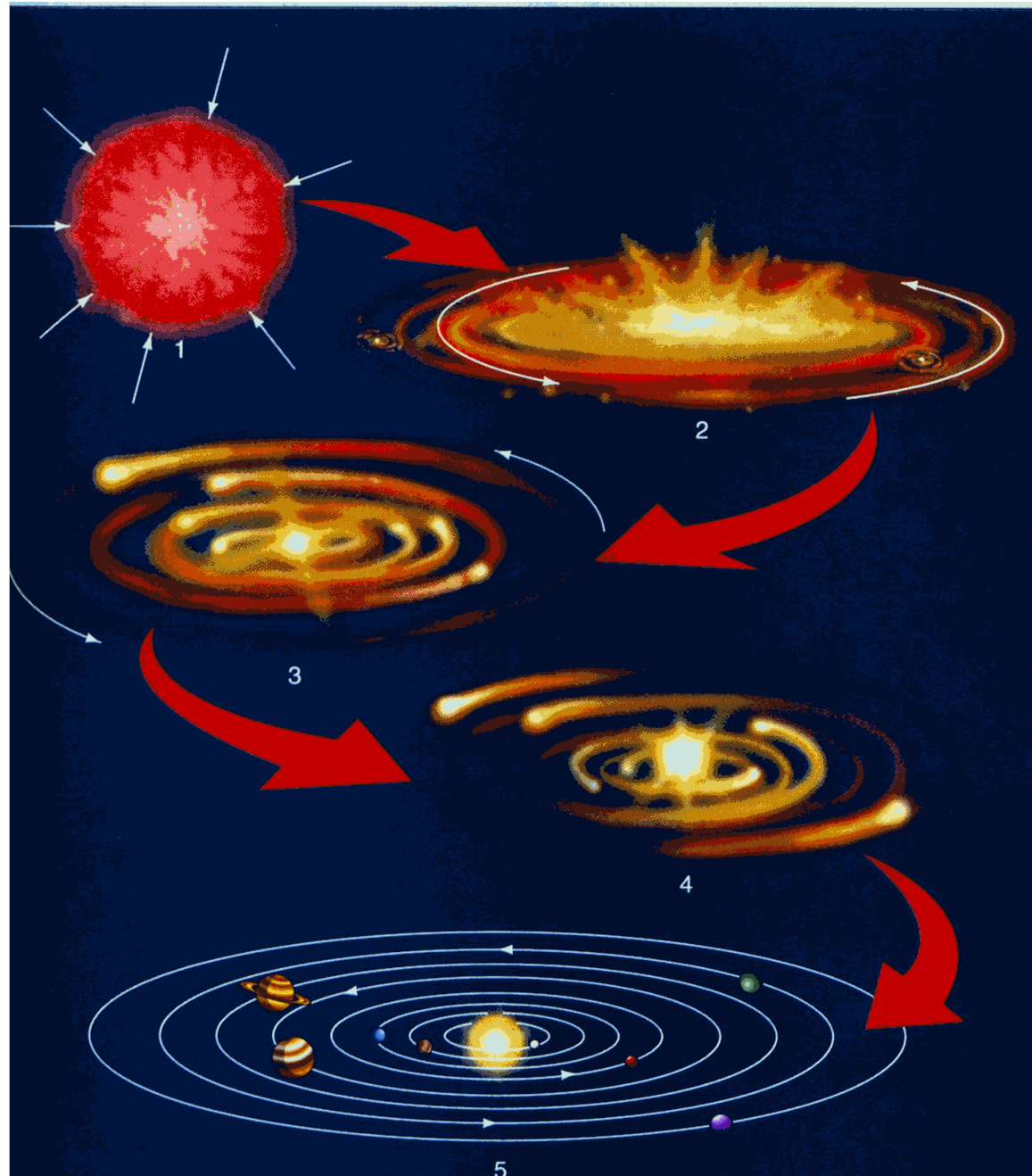
「太陽系約在四十六億年前，由一堆星際間微塵與氣體，互相吸引聚集形成」。



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

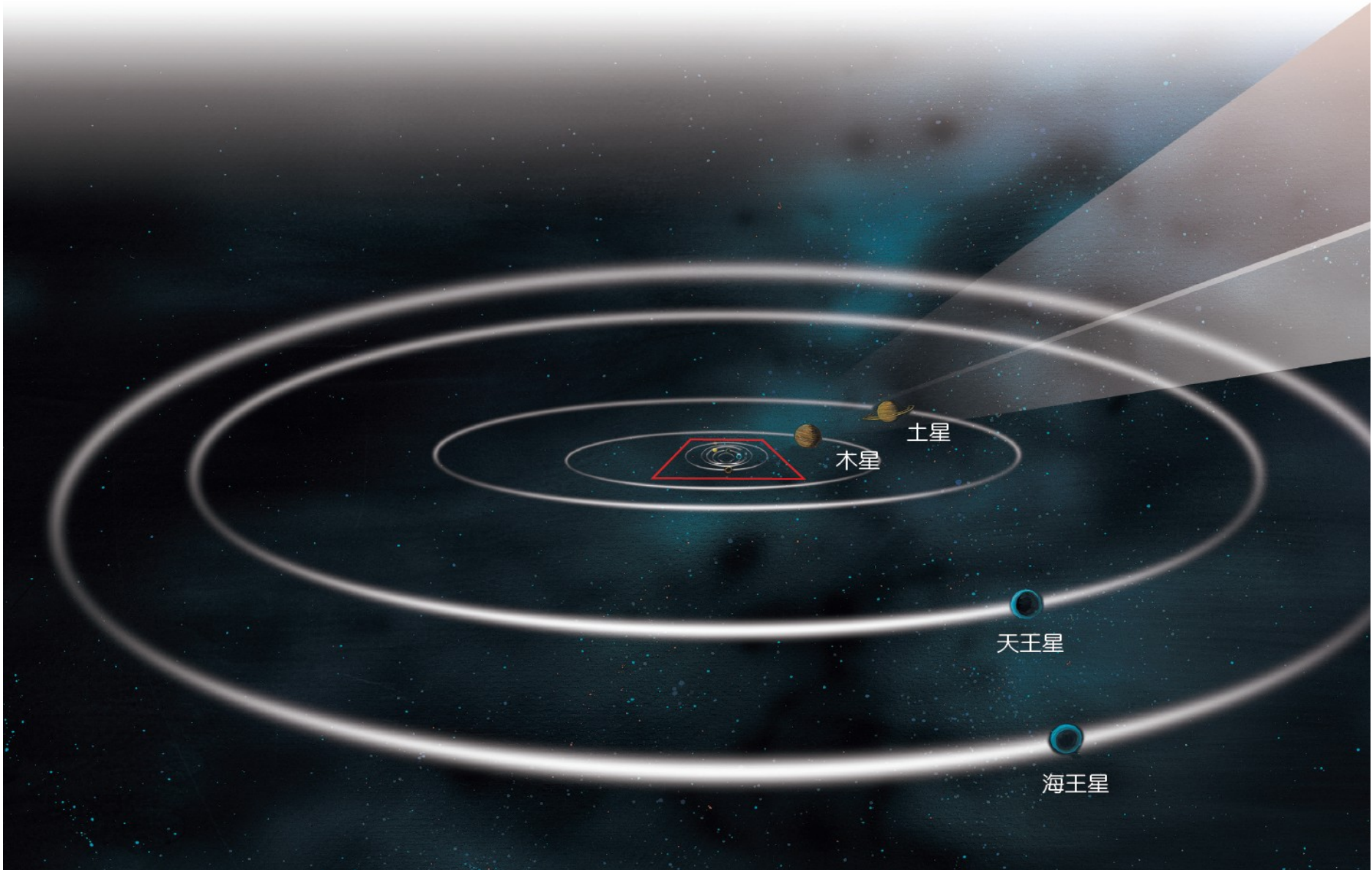


# 星雲學說 示意圖

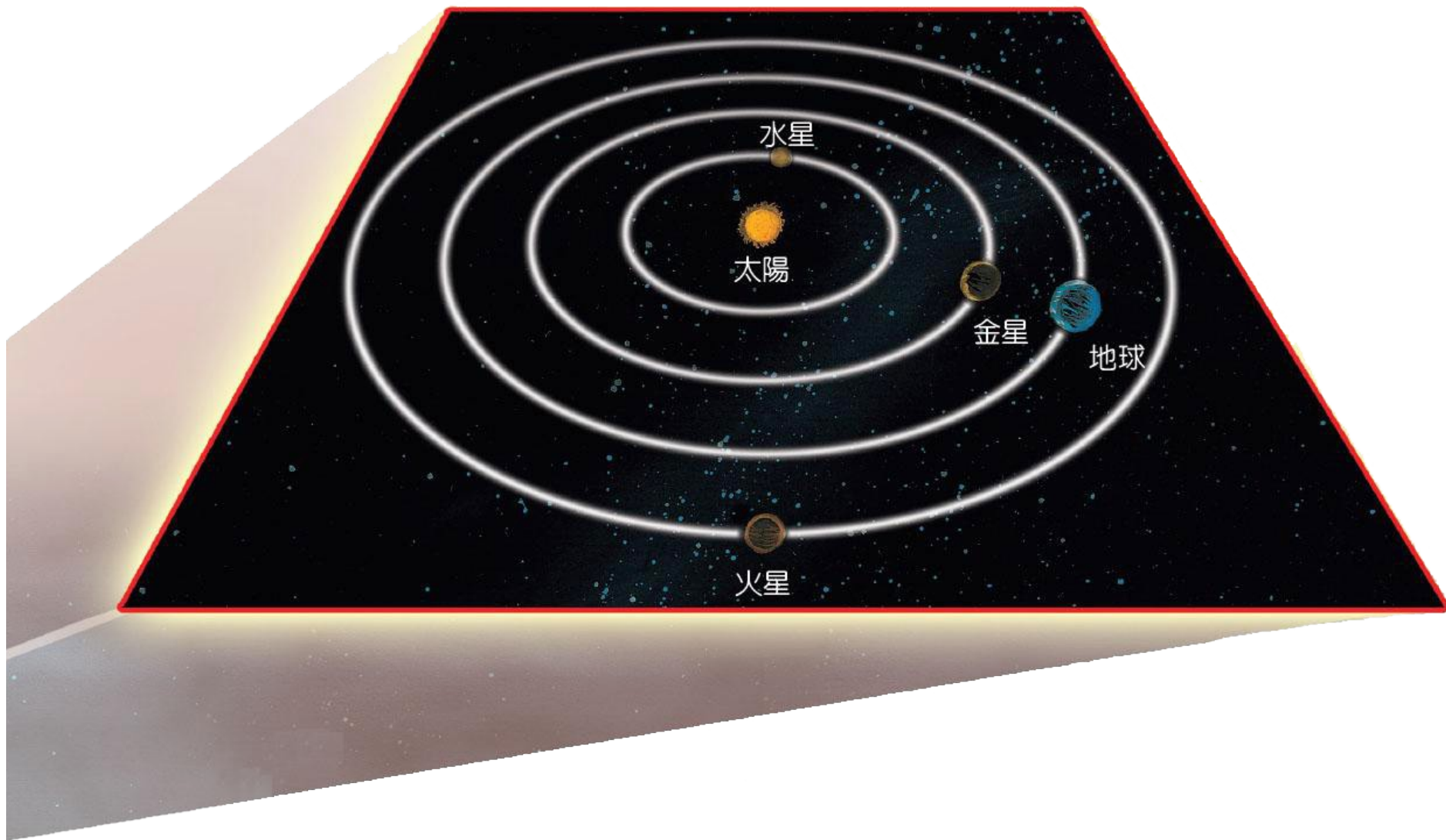


來源：[http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/wp\\_chen/essay/universe.htm](http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/wp_chen/essay/universe.htm)





↑ 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

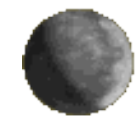
# 類地行星、類木行星



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**

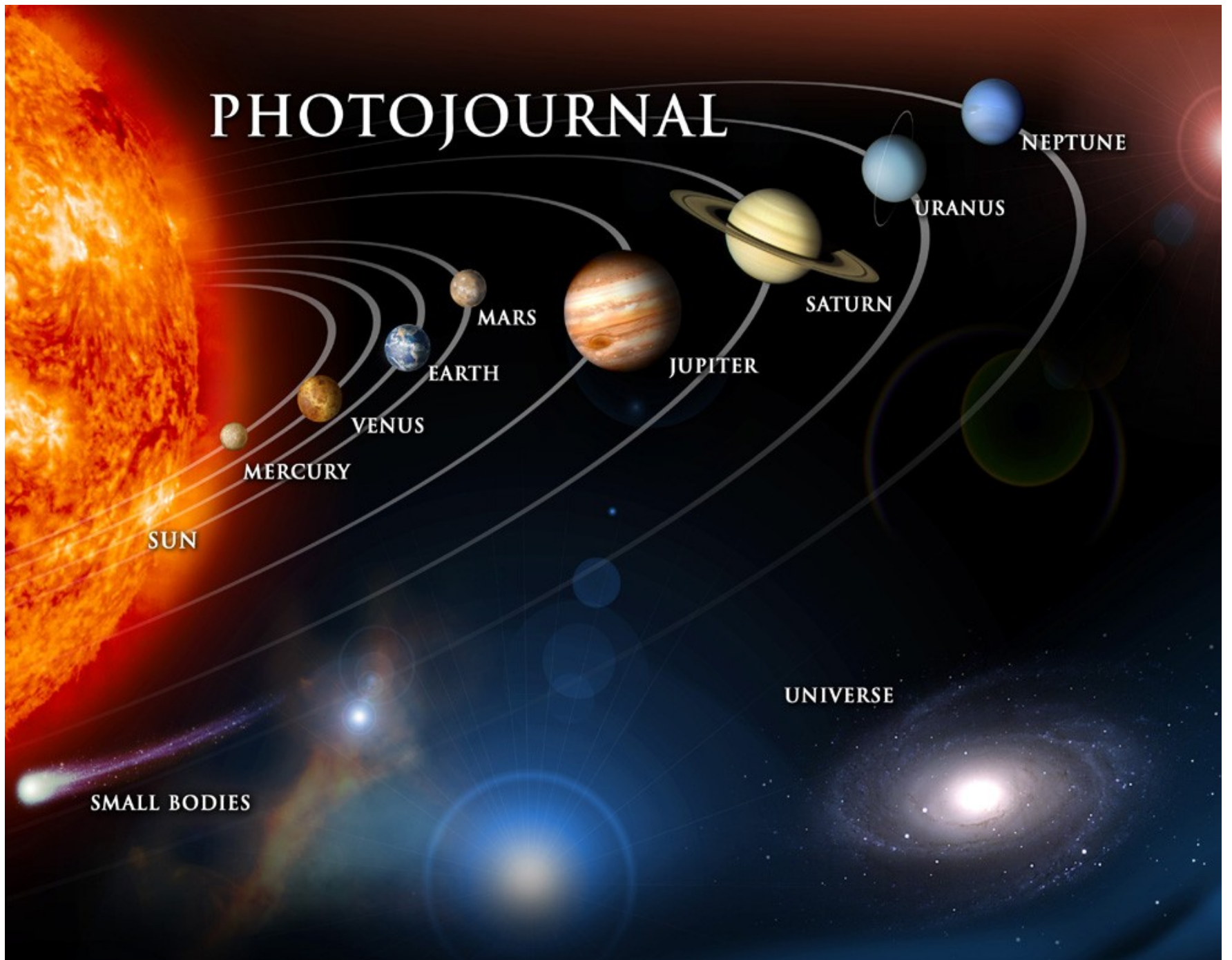


較輕物質聚集在外圈，組成**木星、土星、天王星及海王星**，稱為**類木行星**





# PHOTOJOURNAL



SUN

MERCURY

VENUS

EARTH

MARS

JUPITER

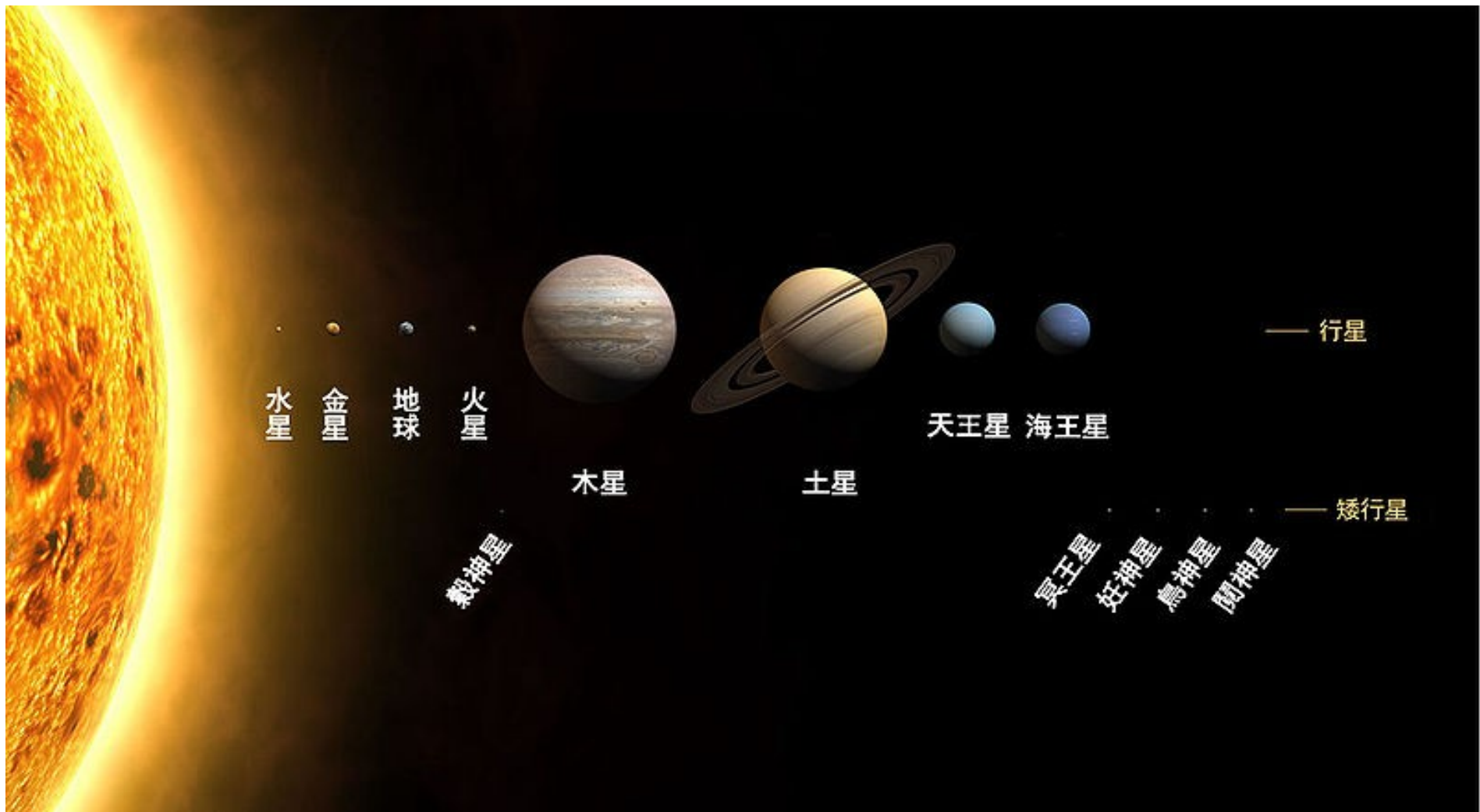
SATURN

URANUS

NEPTUNE

SMALL BODIES

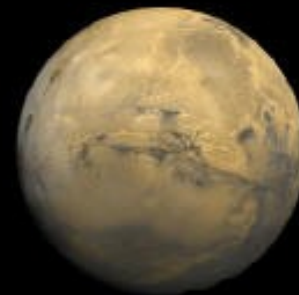
UNIVERSE



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 <sup>3</sup> )	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。



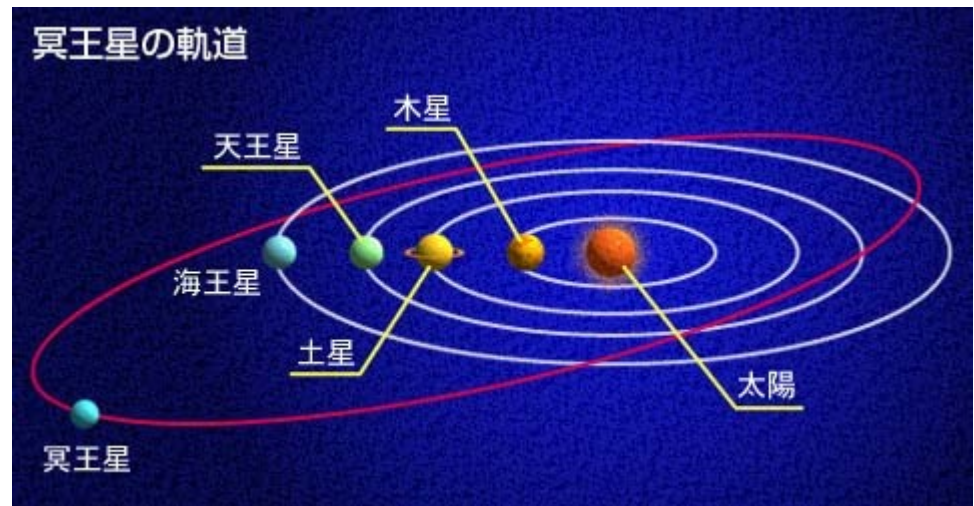


## 補充資料

# 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

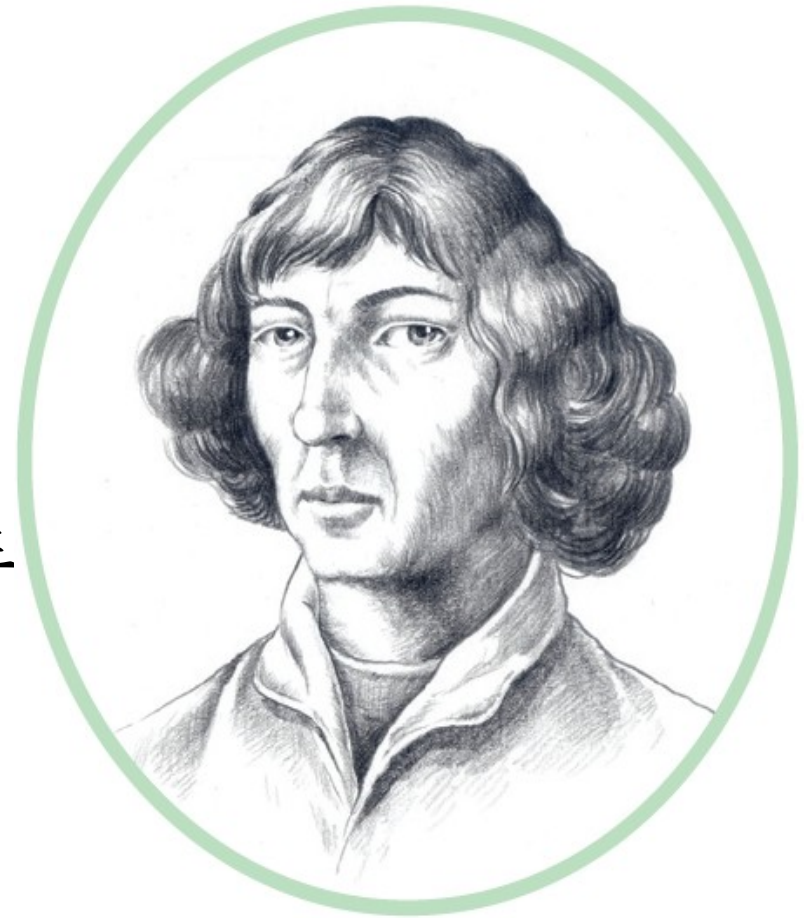




## 科學家小傳

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。





## 科學家小傳



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。

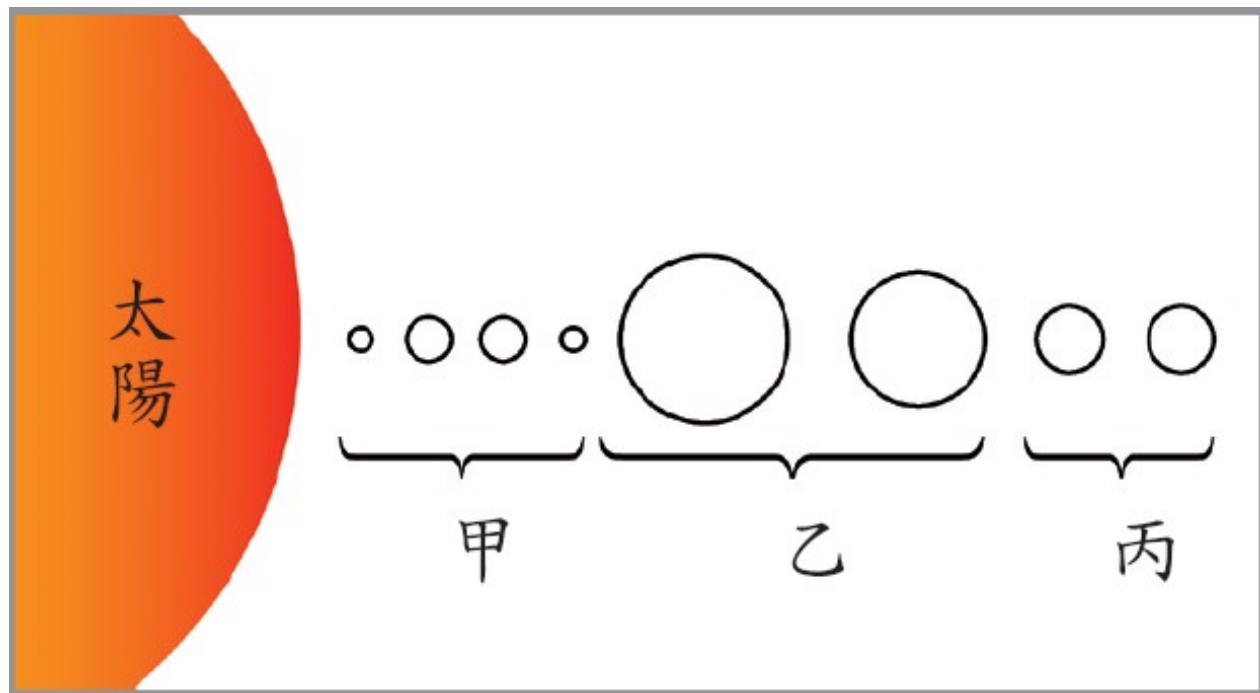
直到西元 1539 年，一位德國數學教授閱讀哥白尼論文深受感動，親自拜訪哥白尼，並一起討論長達兩年。最後當完整的天體運行論終於出版時，哥白尼雙眼早已失明並重病在床，且在當天與世長辭。

## 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

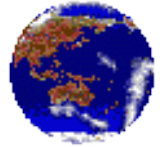
(含木星、土星、天王星、海王星) ，

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**。

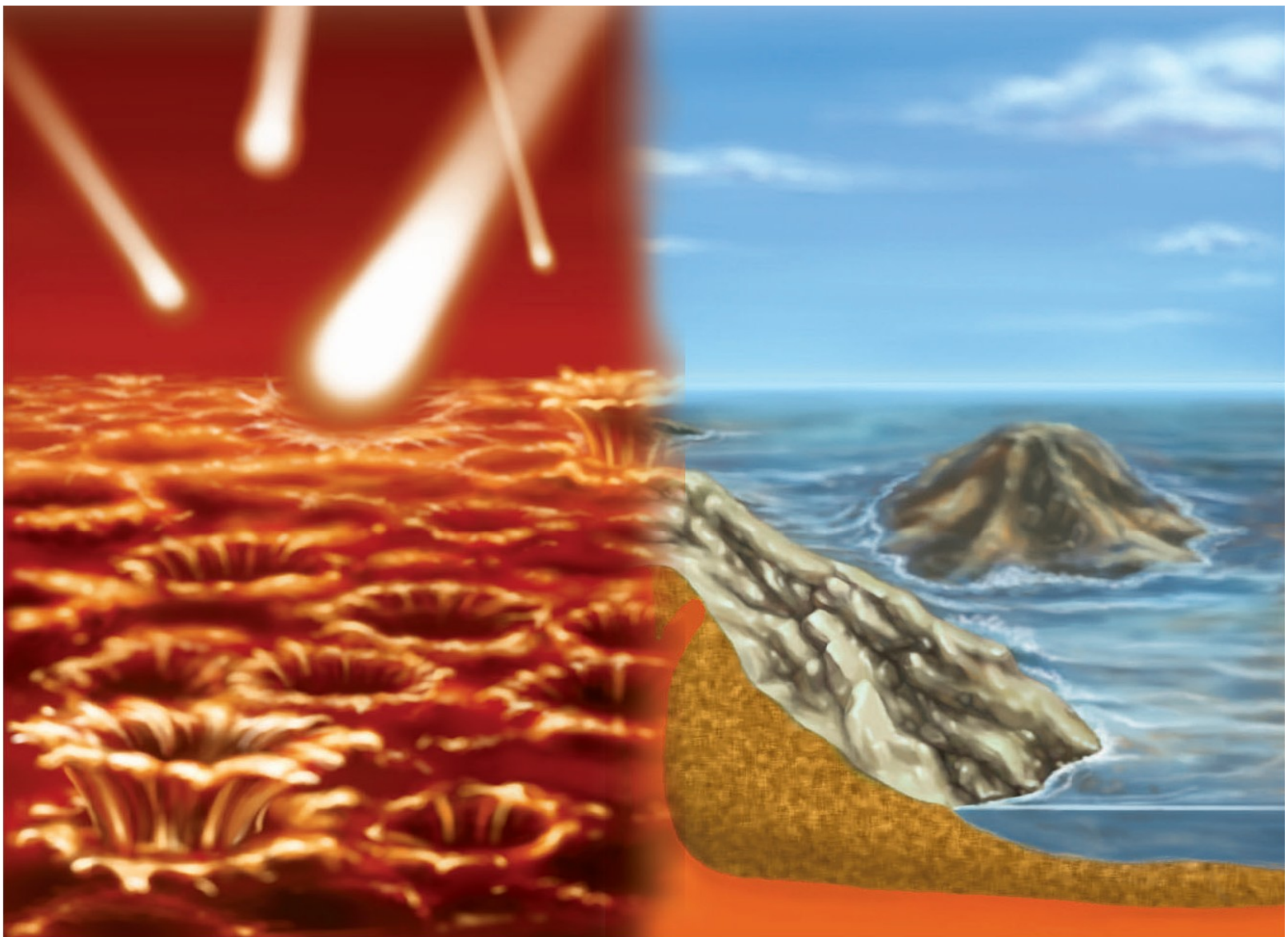


陽光、空氣、水和土壤，能孕育出各式各樣生命，成為目前發現唯一具有生命現象的獨特星球



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  $15^{\circ}\text{C}$  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



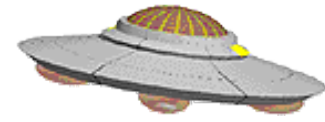
# 能量來自於太陽



 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

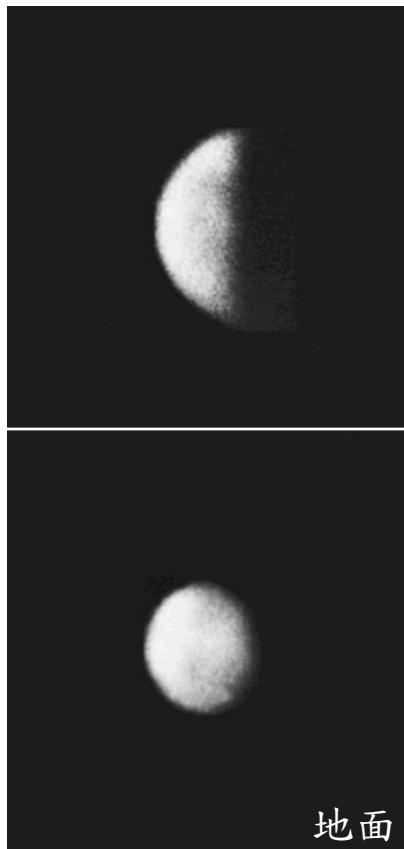


目前已對鄰近星球進行探測，尤其是與地球環境較為接近且曾有水存在的**火星**，是積極探索的目標

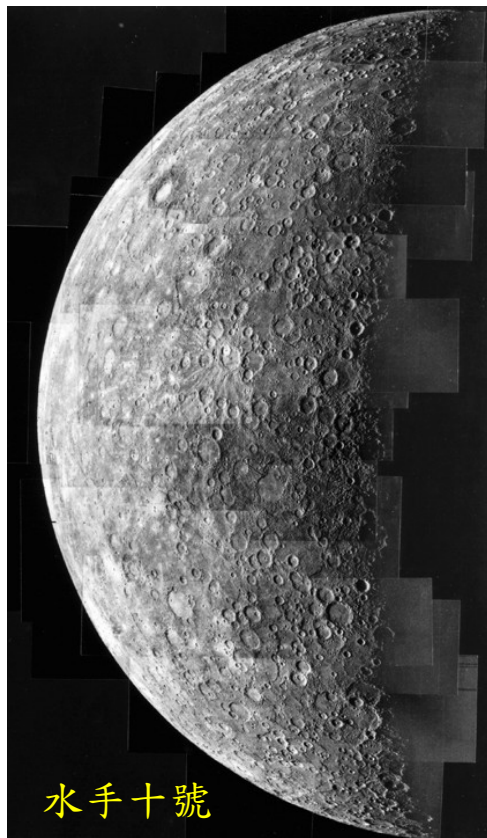




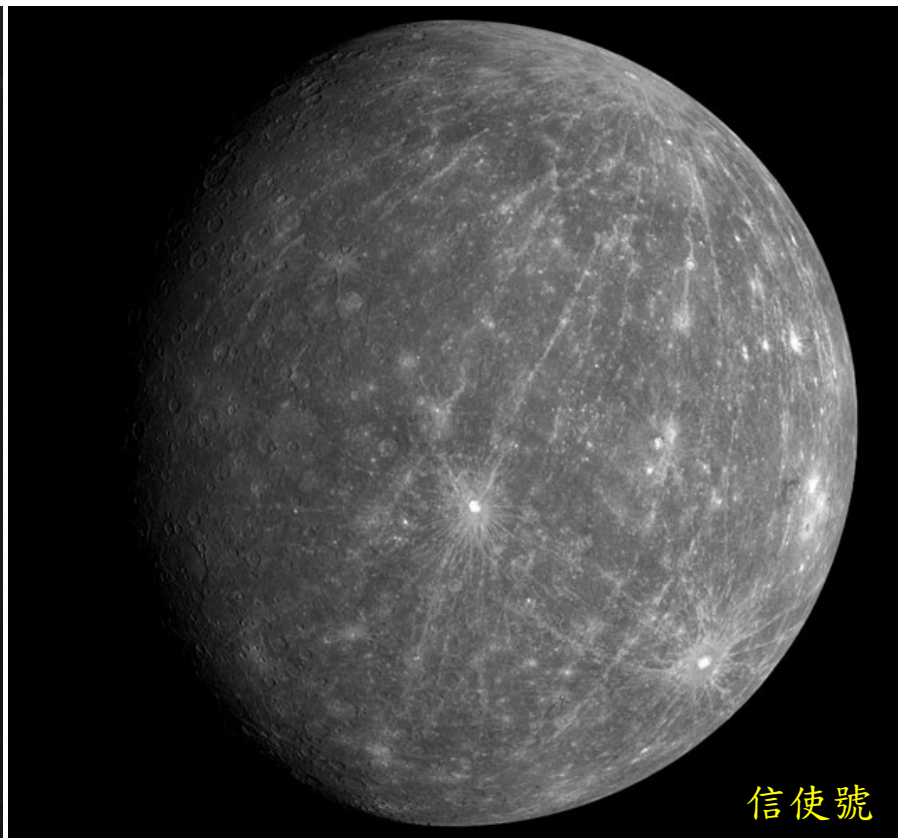
# 水星



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。

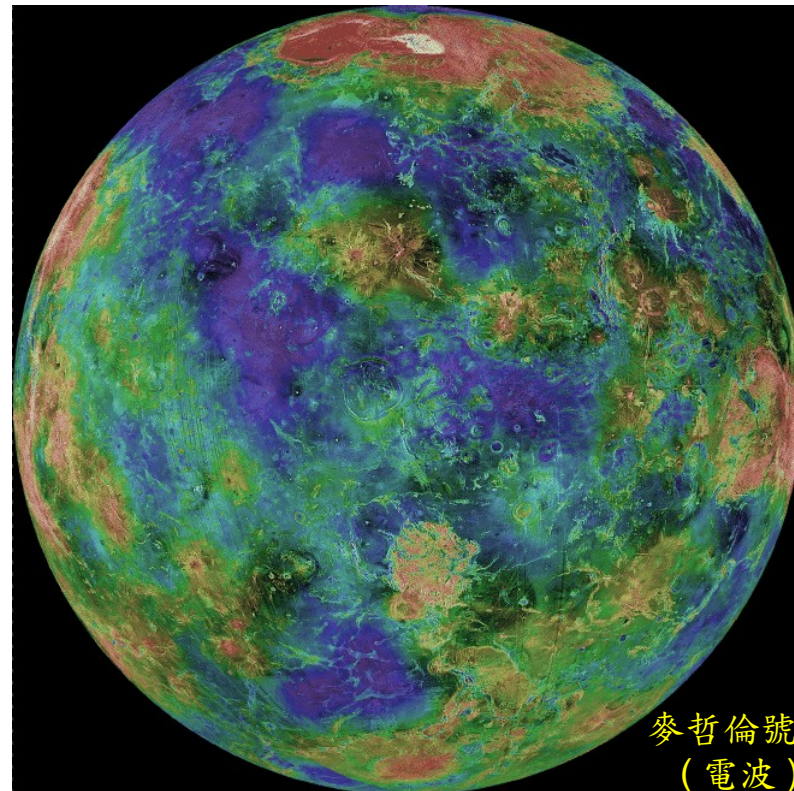


圖文來源：  
成大物理系  
許瑞榮教授

# 金星



補充

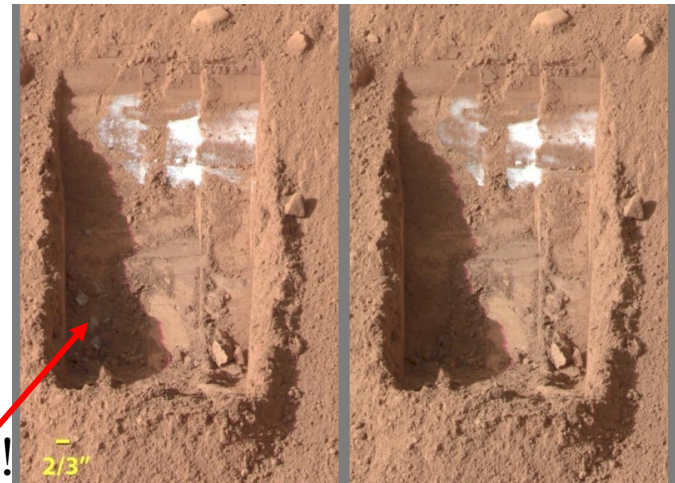
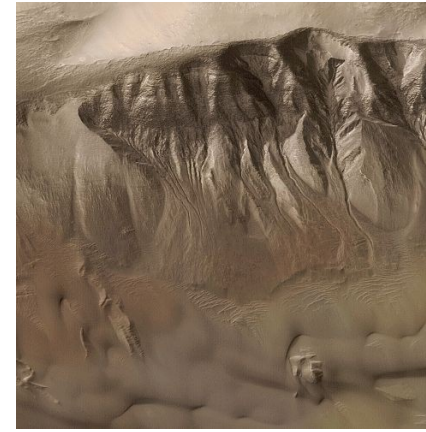


地球的姐妹行星(半徑、質量、密度、化學組成)。大氣以二氧化碳為主(96%)、氮佔3.5%、水氣+硫酸+鹽酸(0.5%)。表面氣壓是地球的90倍，溫度達攝氏482度。自轉為逆轉，無磁場。



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

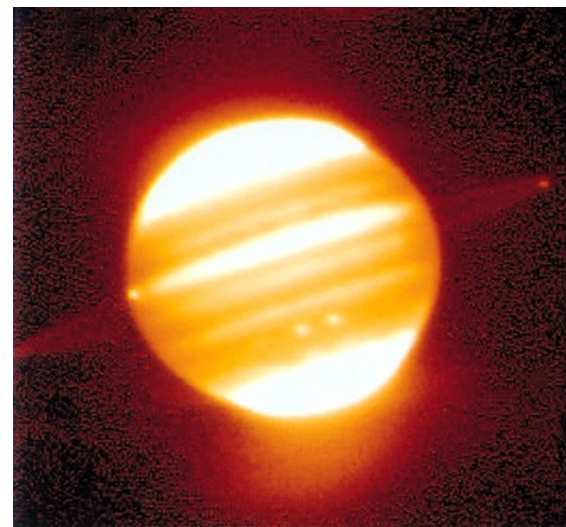
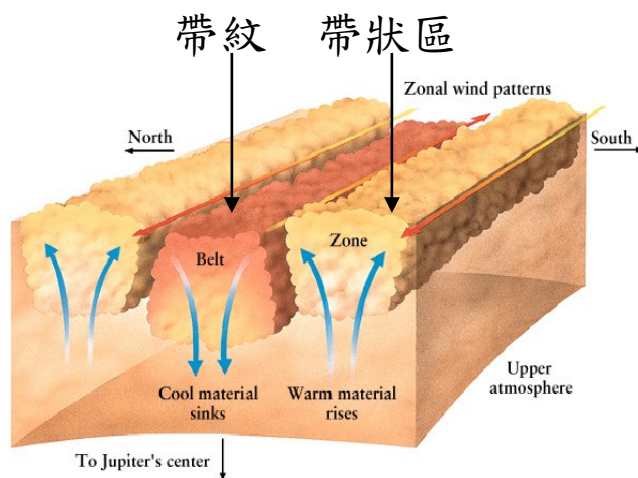
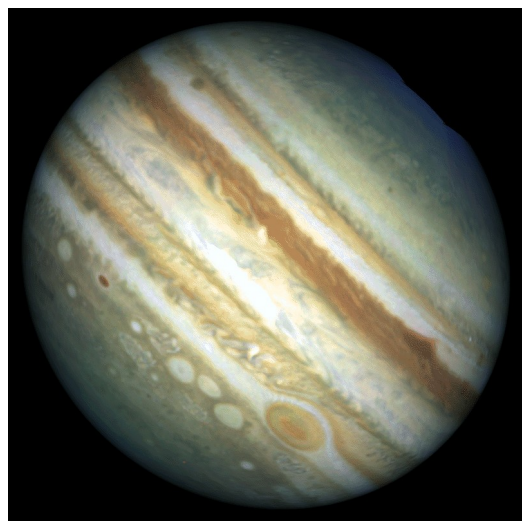


火星鳳凰號登陸船下的水冰

- 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)

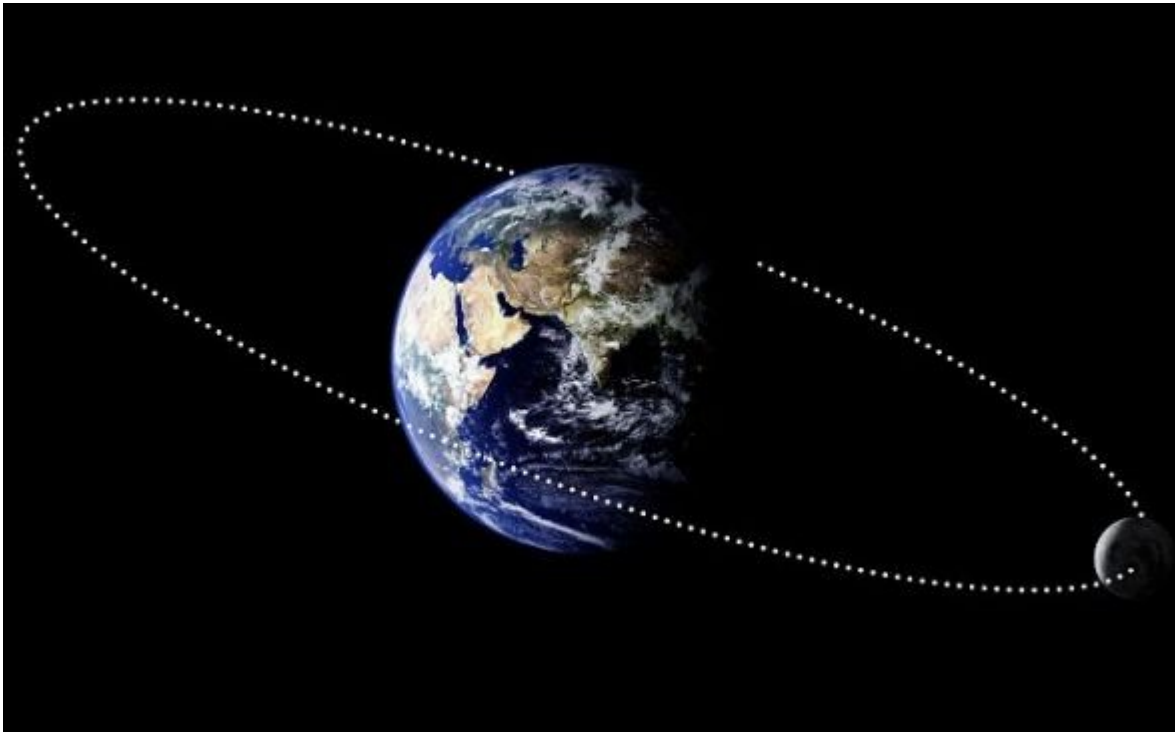
質量佔全部行星 71%，組成和恆星很像。有色彩鮮明的**帶狀區 (zones)** 與**帶紋 (belts)**，帶狀區為亮黃白色的高壓區域，氣體由此向外流。帶紋是低壓區，顏色較暗，通常是紅 / 棕色或藍綠色，下降氣流由此進入木星。著名的大紅斑約是地球兩倍大，已存在超過 300 年，是個逆時鐘旋轉的高壓氣旋，溫度稍微比周圍低。

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。

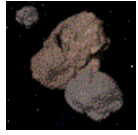
# 太陽系其他成員

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

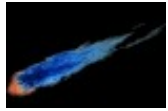


## 小行星帶

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**」



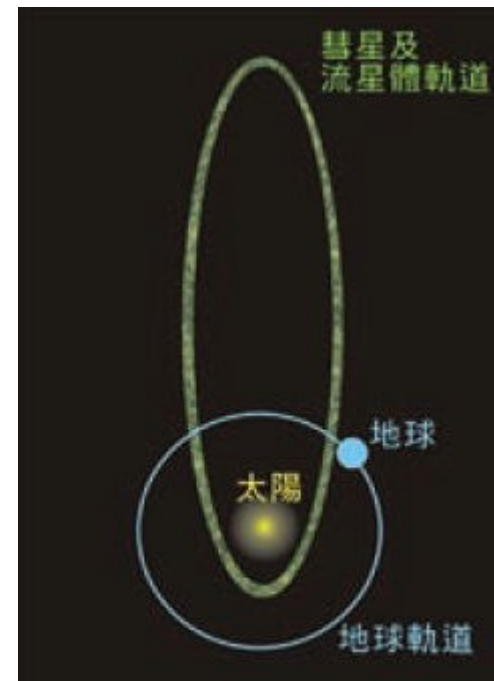
彗核	冰、氨、甲烷、乾冰	
彗髮		
彗尾	離子尾	太陽風接觸彗髮時，帶電氣體離子在背向太陽方向形成離子尾
	塵埃尾	1. 太陽輻射的光子所產生的光壓，將彗髮上的小粒子推離太陽；質量較大 2. 慣性作用呈彎曲現象

## 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

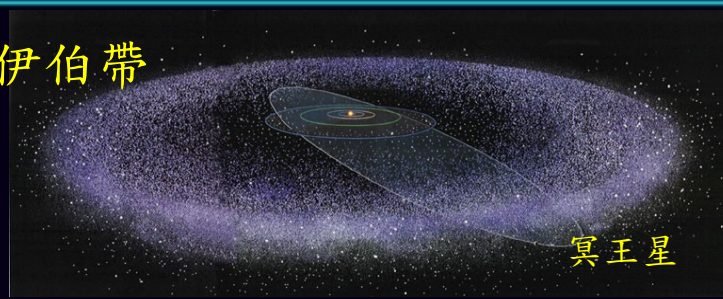
↓  
大量碎片進入地球大氣



圖來源：中央氣象局

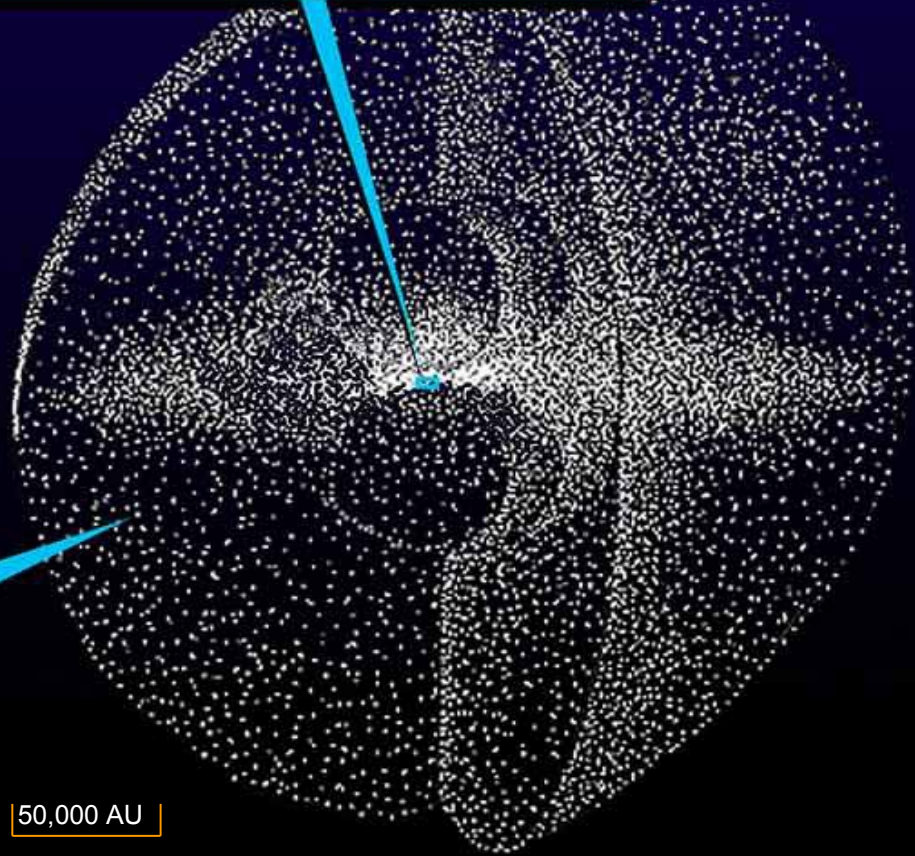
柯伊伯帶 Kuiper belt : 短週期彗星故鄉、天體數量未知，已經觀測證實。  
歐特雲 Oort cloud : 長週期彗星故鄉、天體數量未知，尚未有觀測證據。

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

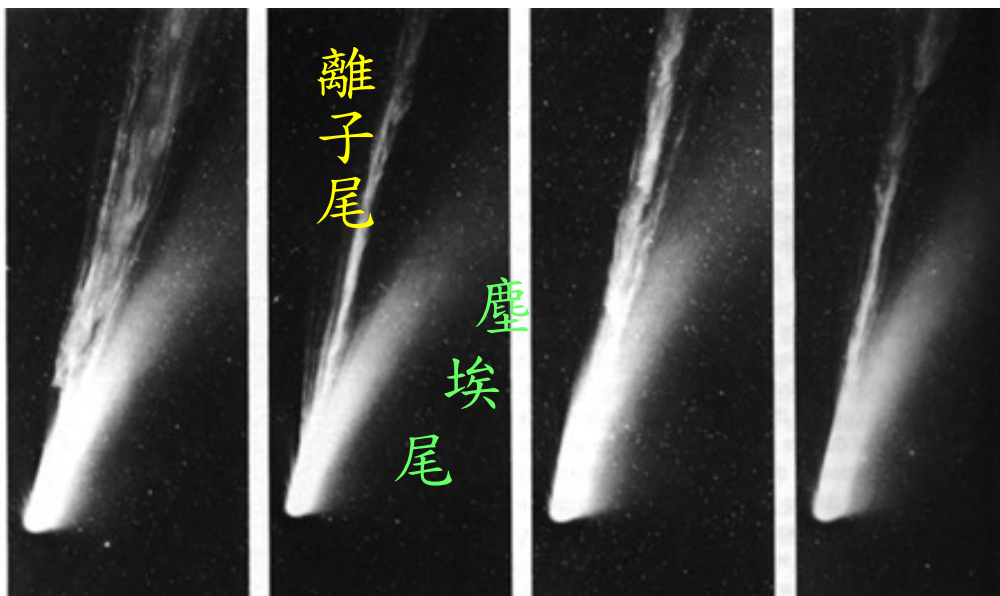
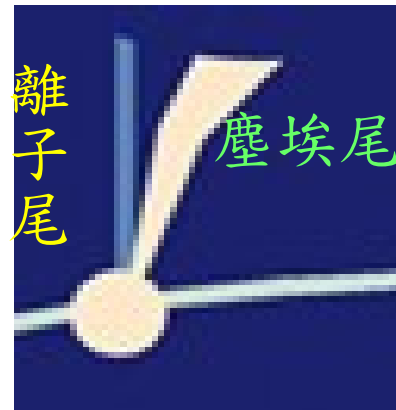
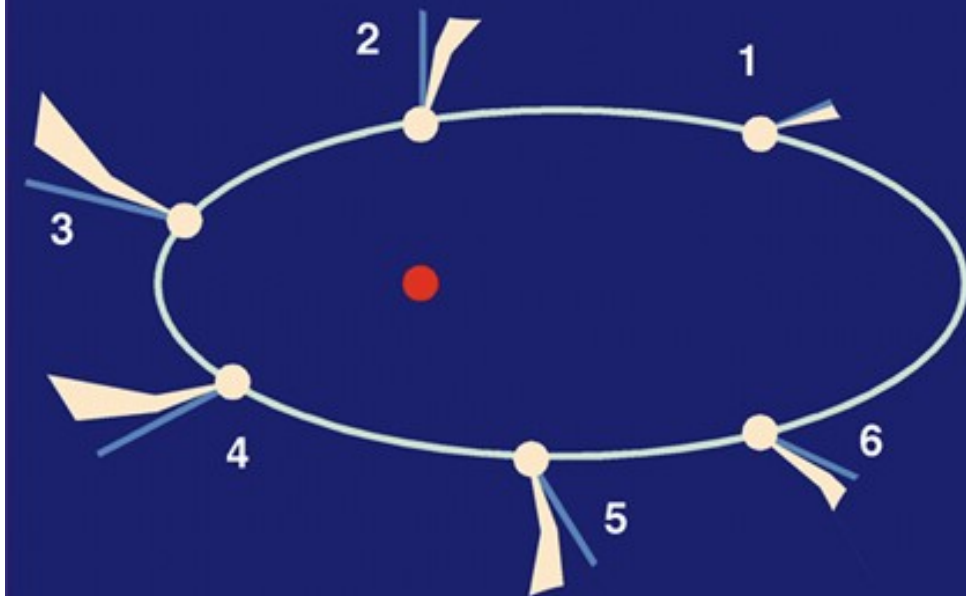


圖 5-8 海爾波普彗星  
(西元 1997 年攝於大雪山附近)

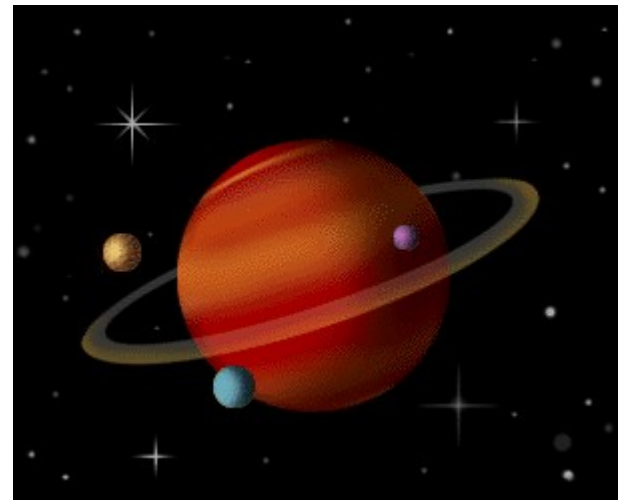




## 補充資料

# 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



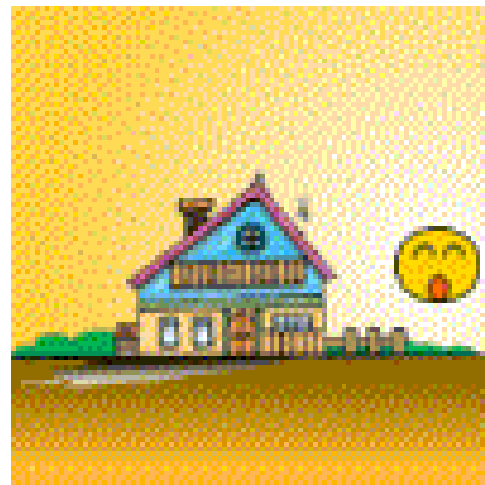


## 5-3 晝夜與四季

# 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)

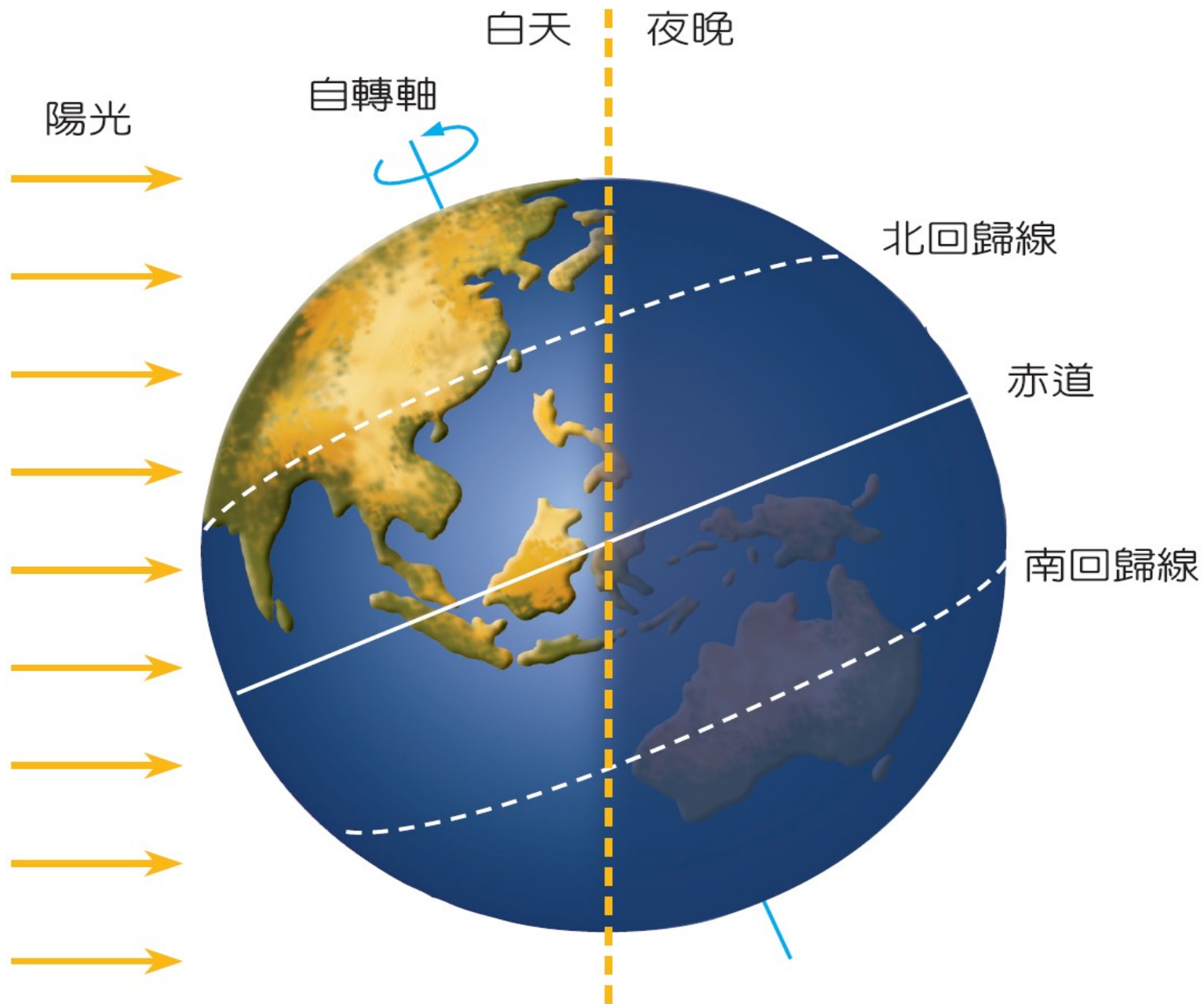
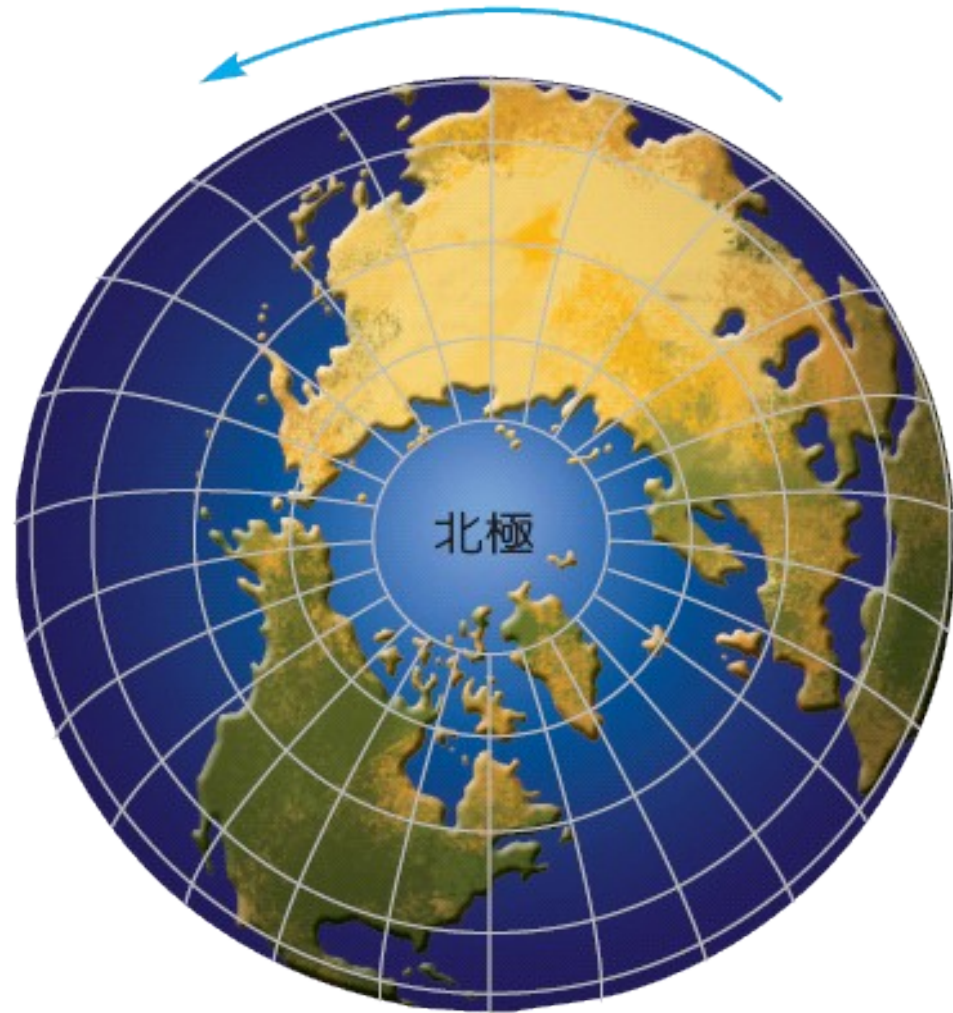


圖 5-9 地球自轉造成晝夜交替

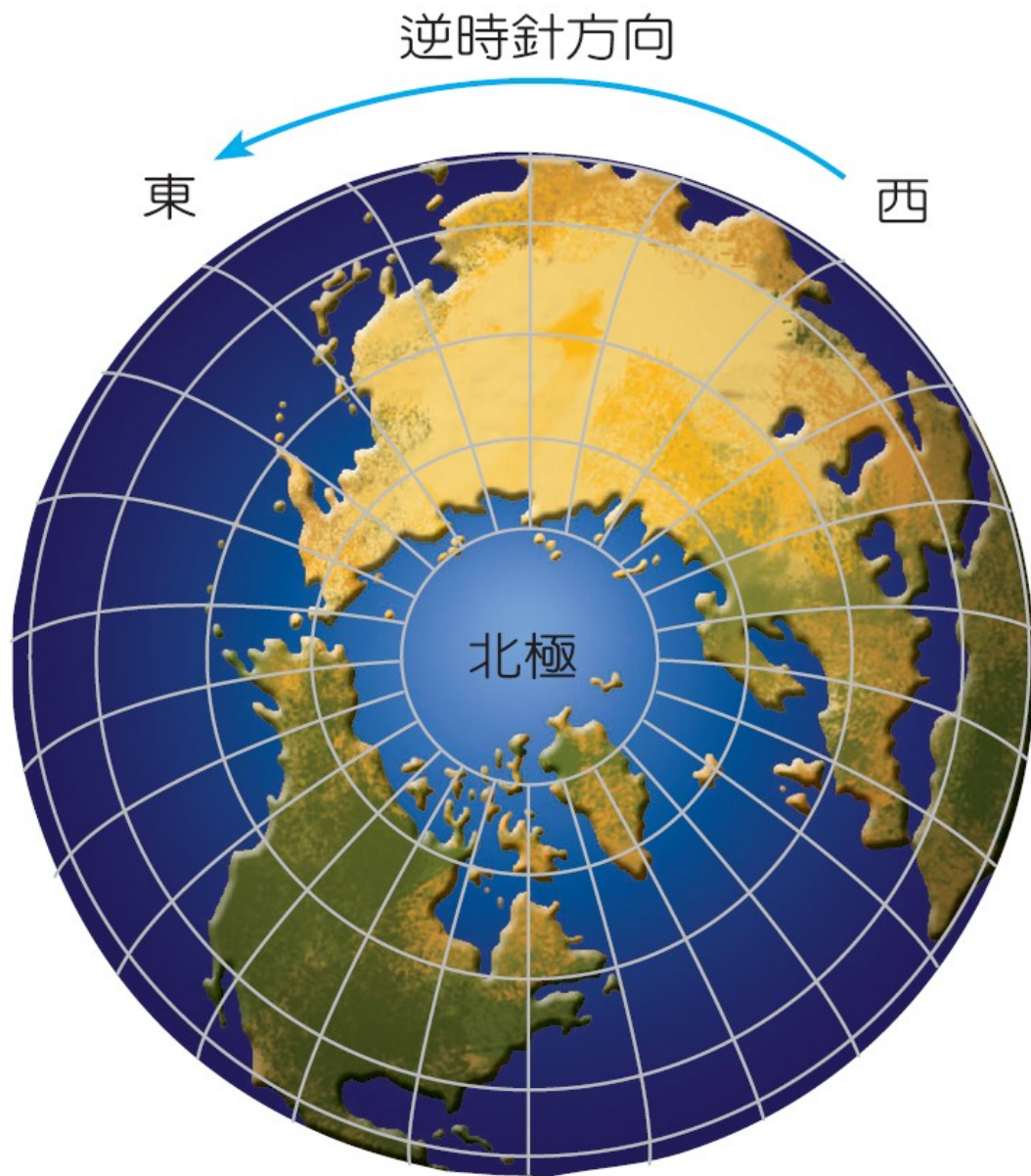
# 自轉運動

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





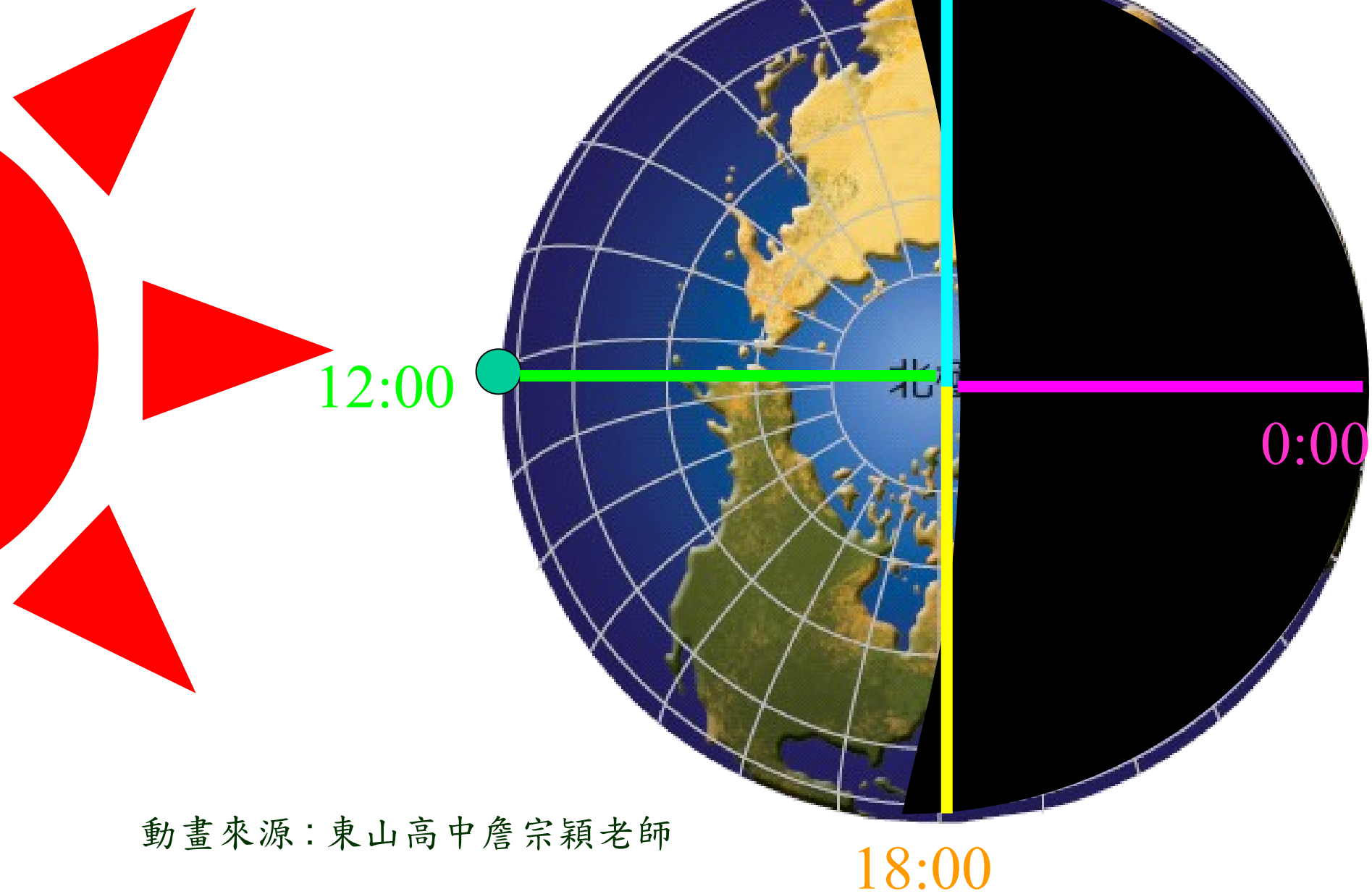


在地表仰望天空  
，太陽、月亮、  
星星及所有天體  
都是每天  
**東方升起**  
**西方落下**



↑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】

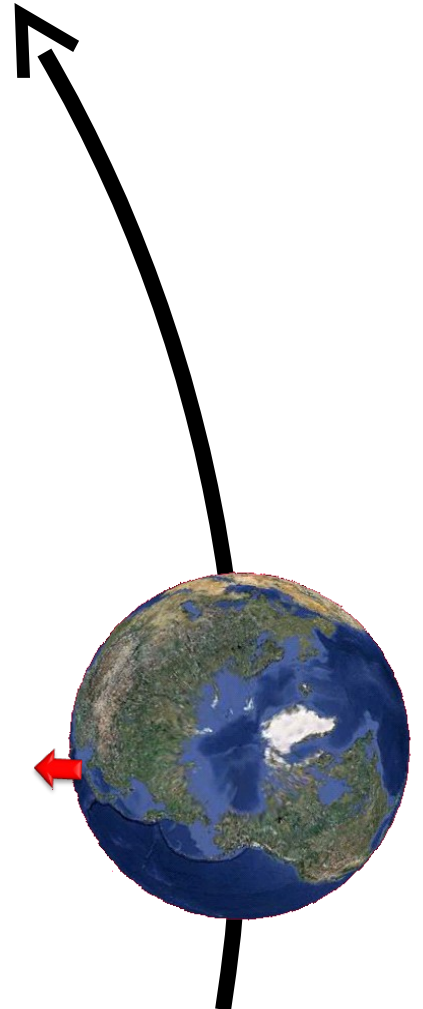
(A) 晝夜隨著太陽升落更替，但不隨著月亮  
升落更替

(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

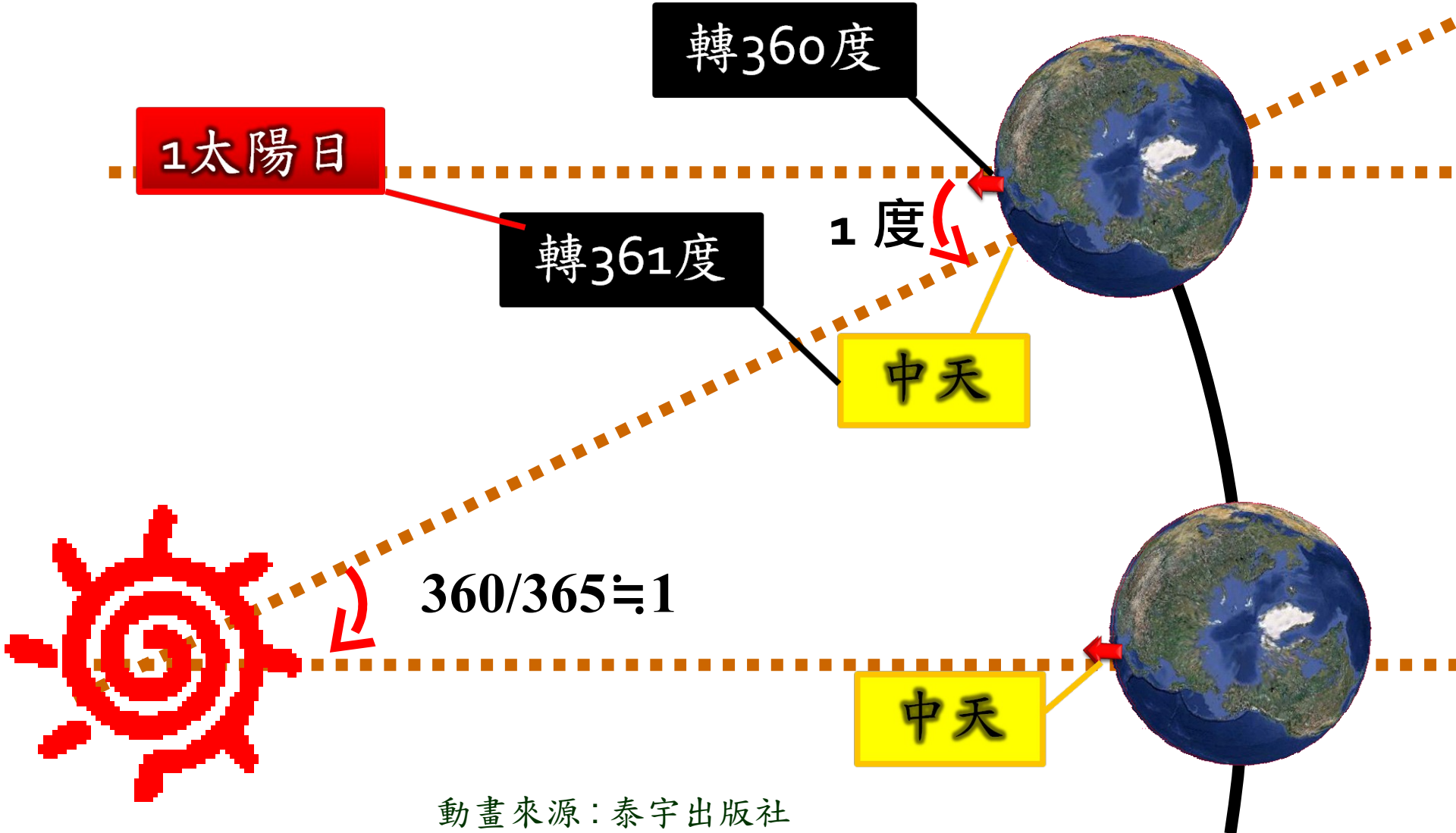
(D) 每天當太陽從地平線升起，月亮幾乎同  
時落入地平線 月球與地球及太陽每日相對位置不  
同，月球升起、落下的時間均不同

# 地球自轉與太陽日



動畫來源：泰宇出版社

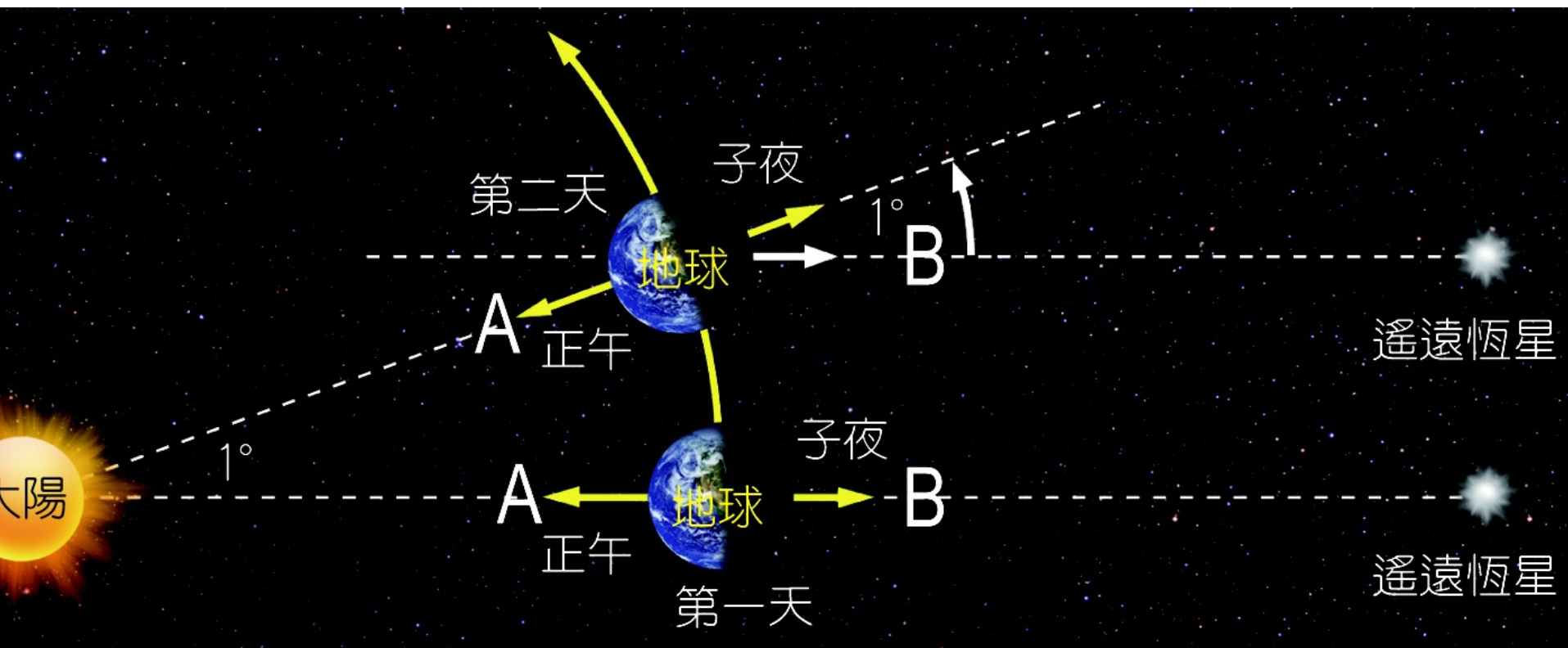
# 地球自轉與太陽日



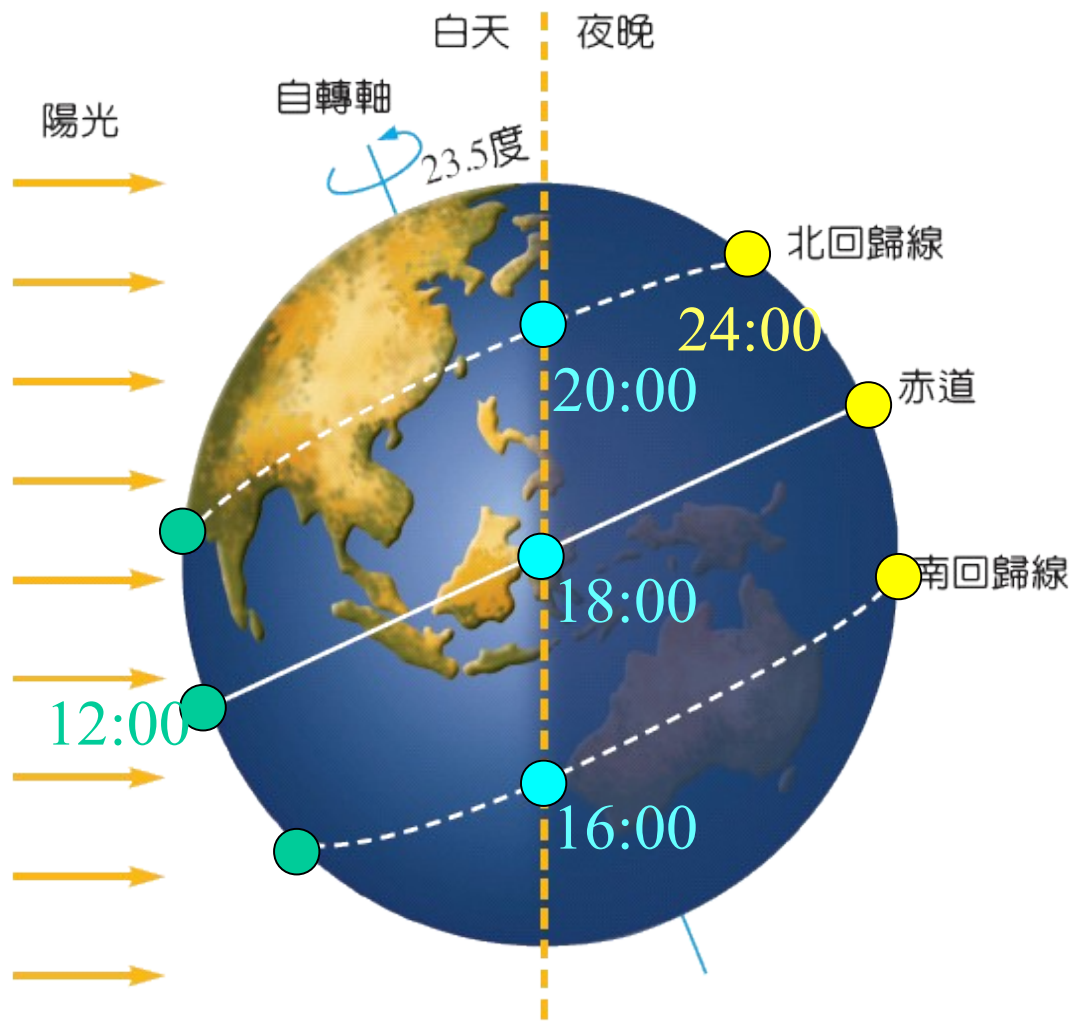
動畫來源：泰宇出版社



# 每天恆星出現的時間會提早 4 分鐘出現

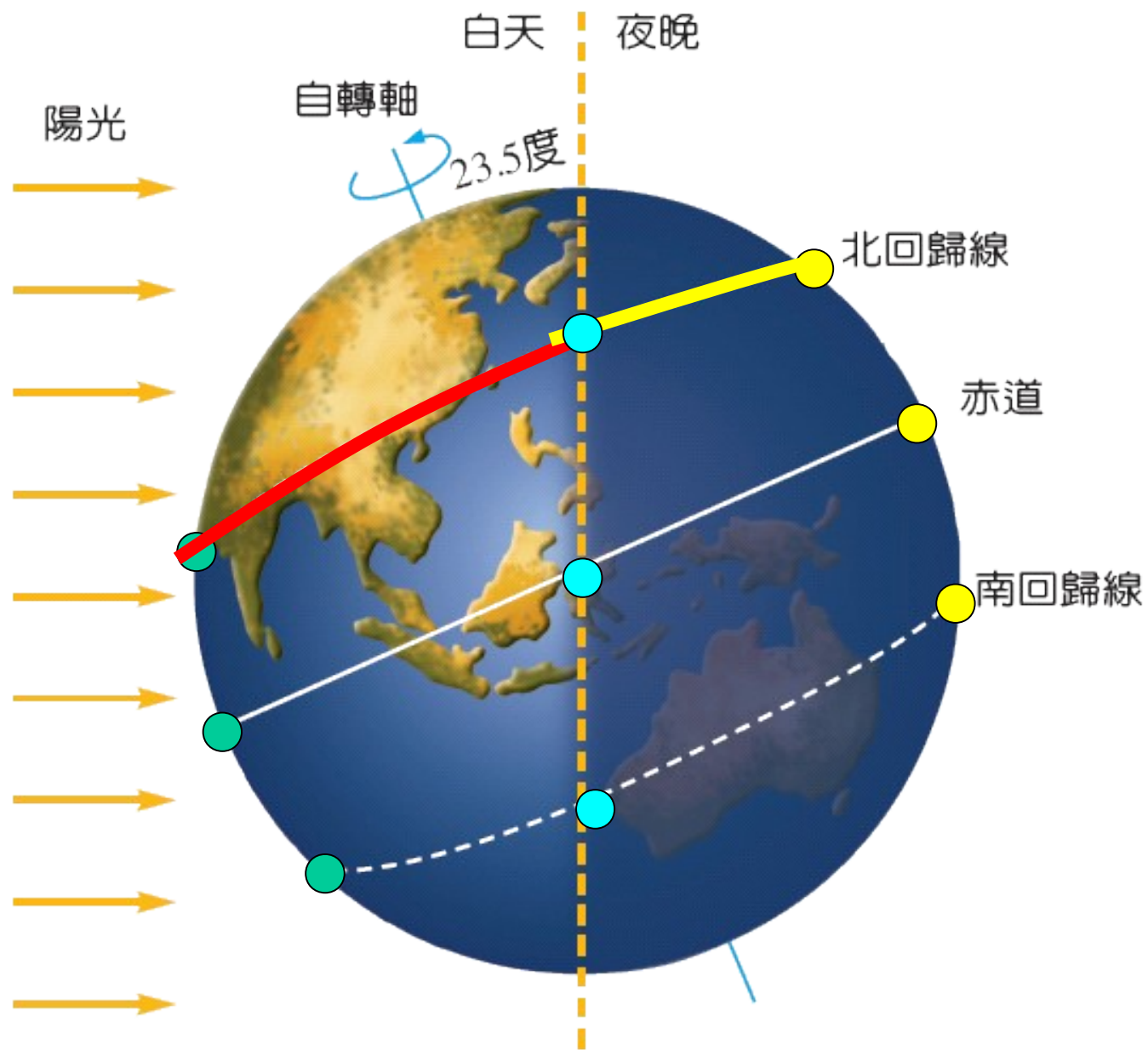


地球上的觀測者在隔一太陽日的兩次正午之間，由於地球也公轉軌道上由第一天(A)運行到第二天的位置(B)，所以地球自轉一週之後，還要多轉約  $1^\circ$ ，太陽才會再次通過子午線。因而每一天星球要提早升起 4 分鐘。



動畫來源：東山高中詹宗穎老師

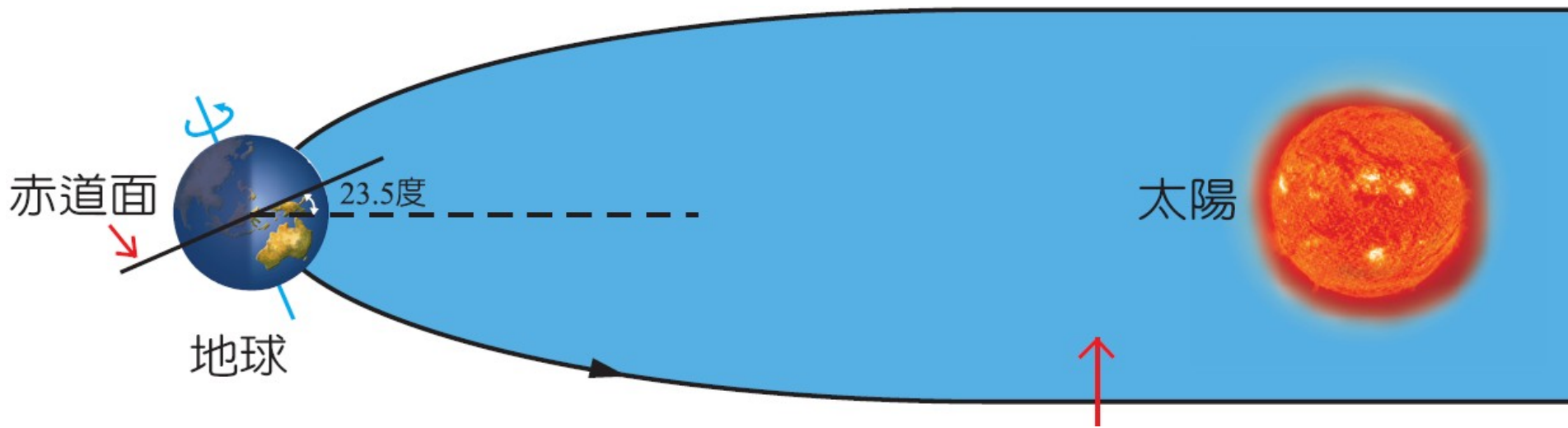
# 晝長夜短 地軸傾斜



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

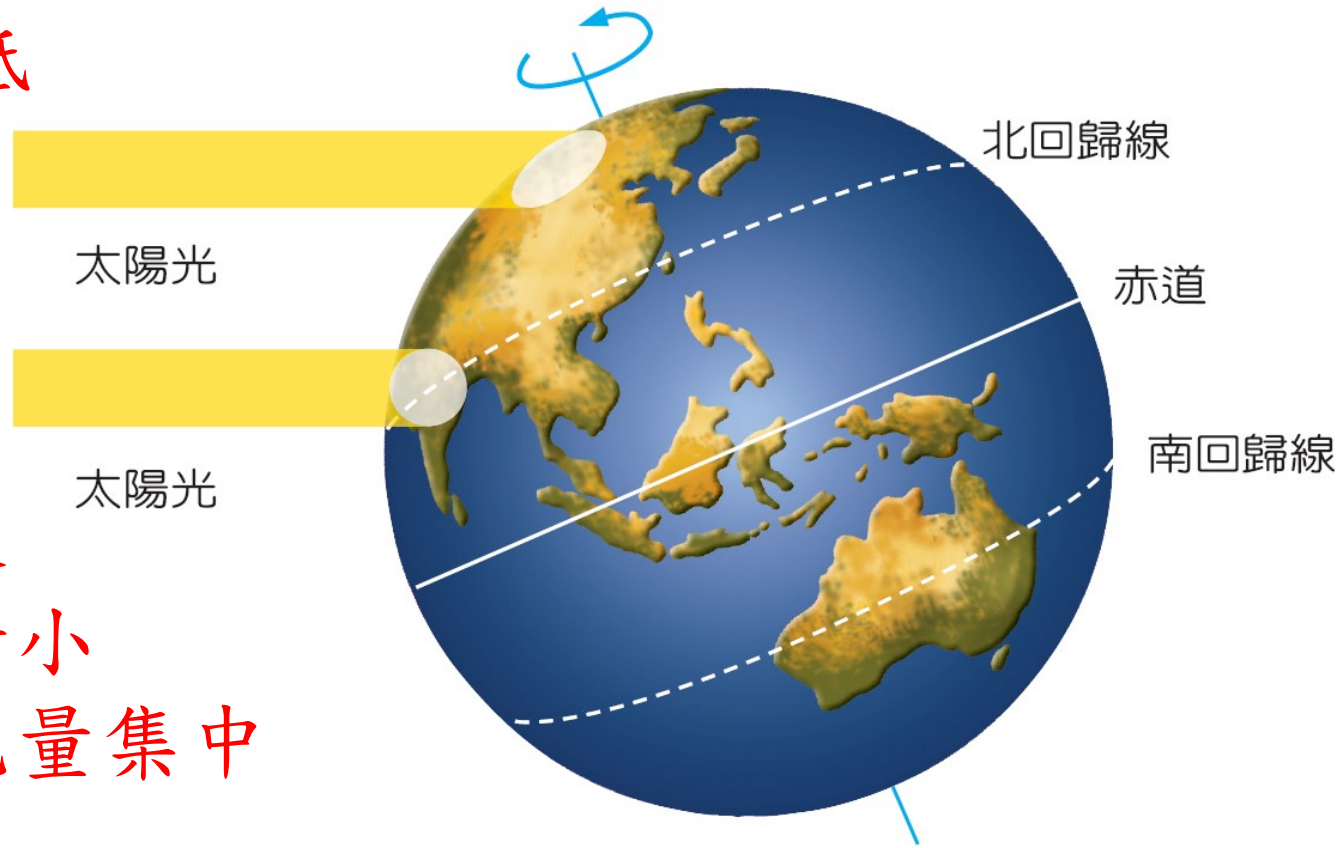
### b. 手電筒斜射黑板

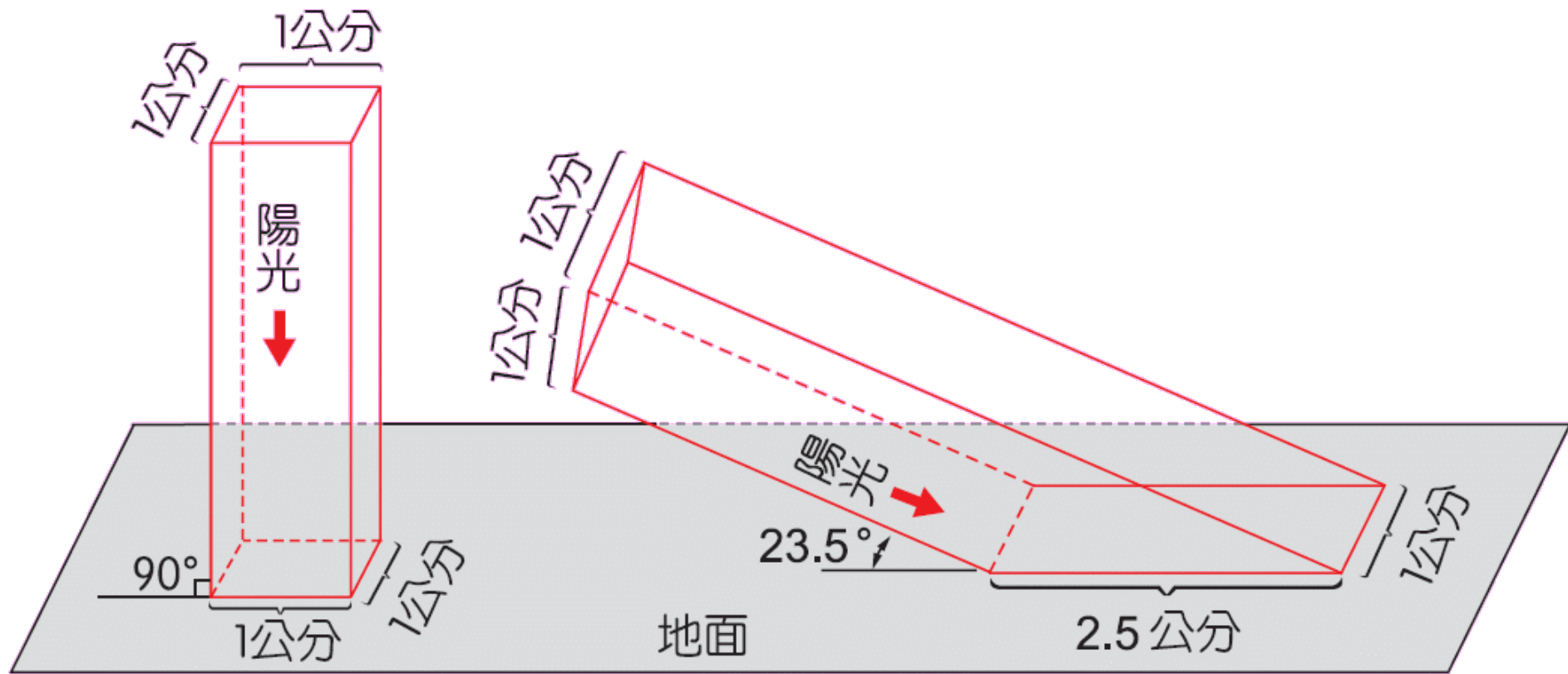
亮區較大  
光量分散  
較暗

# 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  $1 \text{ cm}^2$ 、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



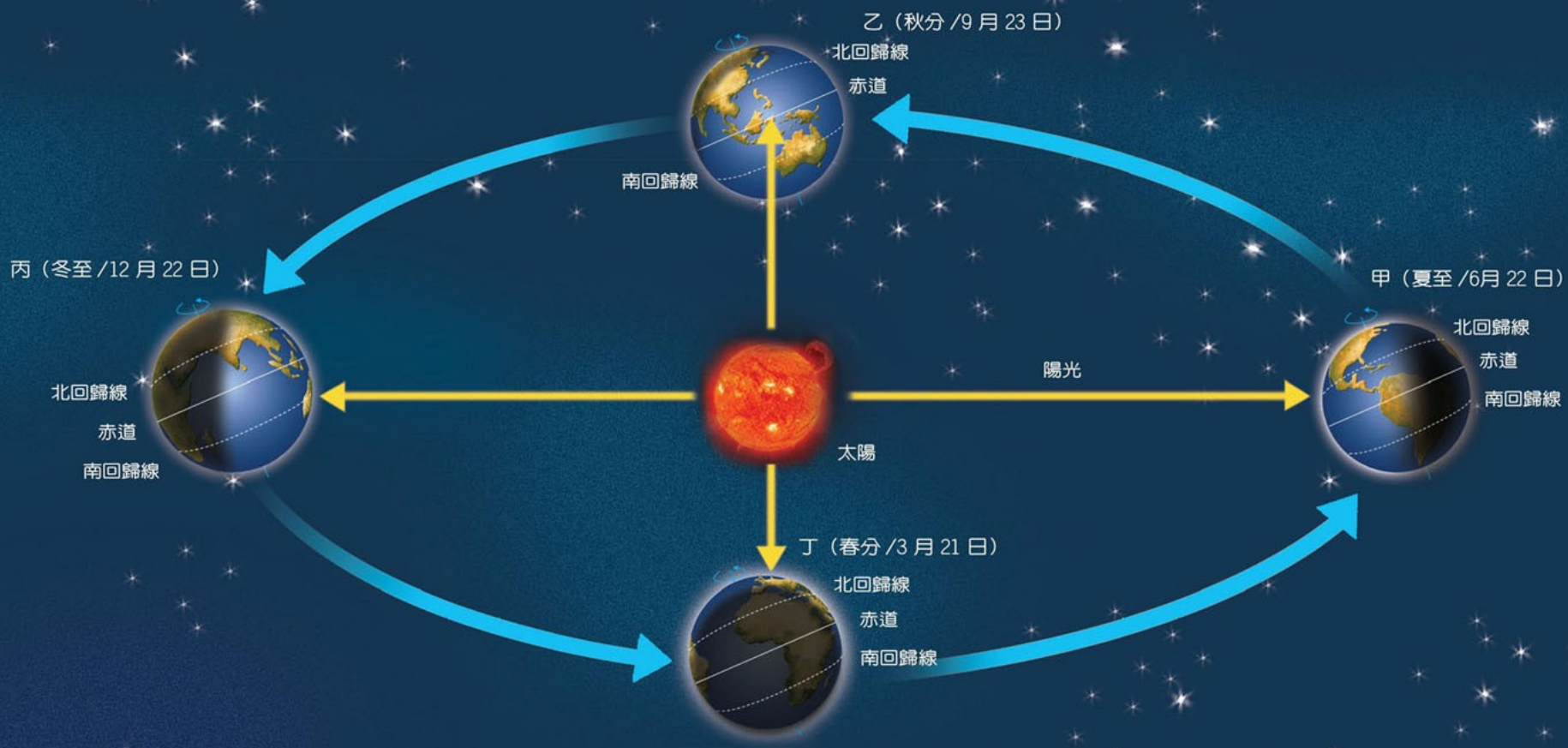
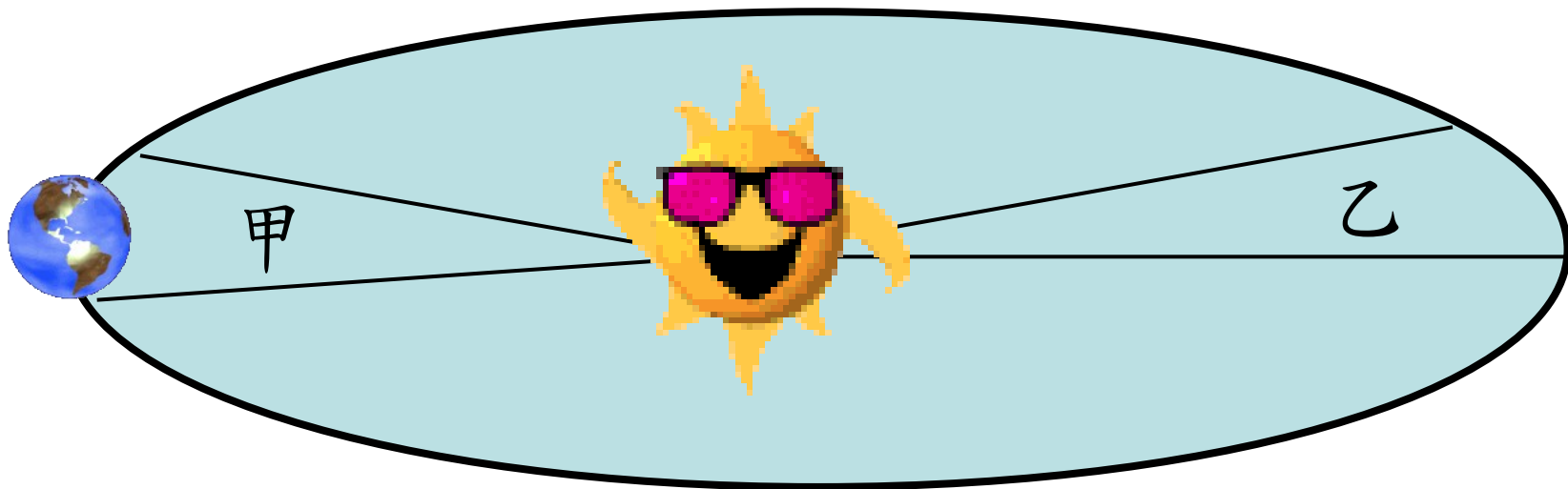


圖 5-13 地球繞行太陽的示意圖

(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

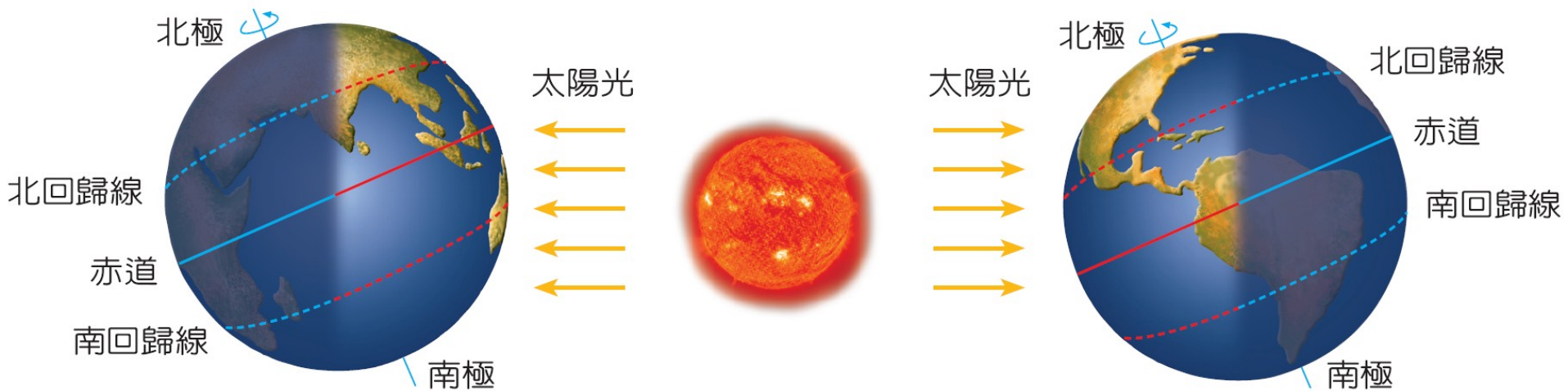
地表能量分布不均 \* 地球大氣與海洋循環，影響人類生存環境



■ 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 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup>	12 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
三月二十日（春分）	6：02	18：09	12 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>
五月五日（立夏）	5：22	18：28	13 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup>	10 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>
六月二十一日（夏至）	5：13	18：48	13 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	10 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
八月七日（立秋）	5：31	18：37	13 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup>	10 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>
九月二十二日（秋分）	5：47	17：55	12 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>
十一月七日（立冬）	6：07	17：16	11 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup>	12 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
十二月二十一日（冬至）	6：36	17：17	10 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	13 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>

（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

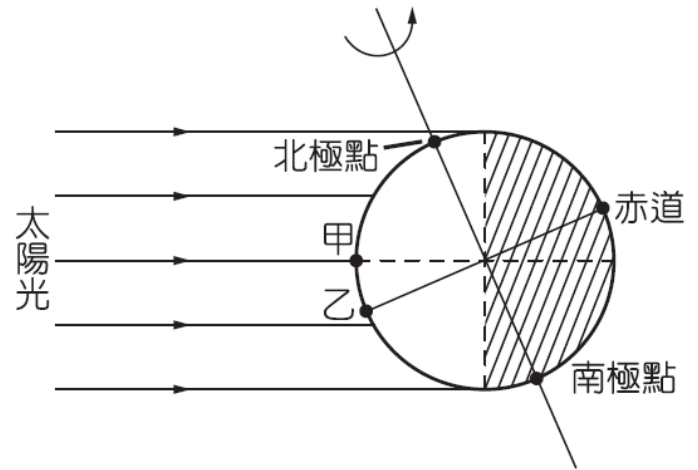
b. 夏至北半球晝長夜短

↑ 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





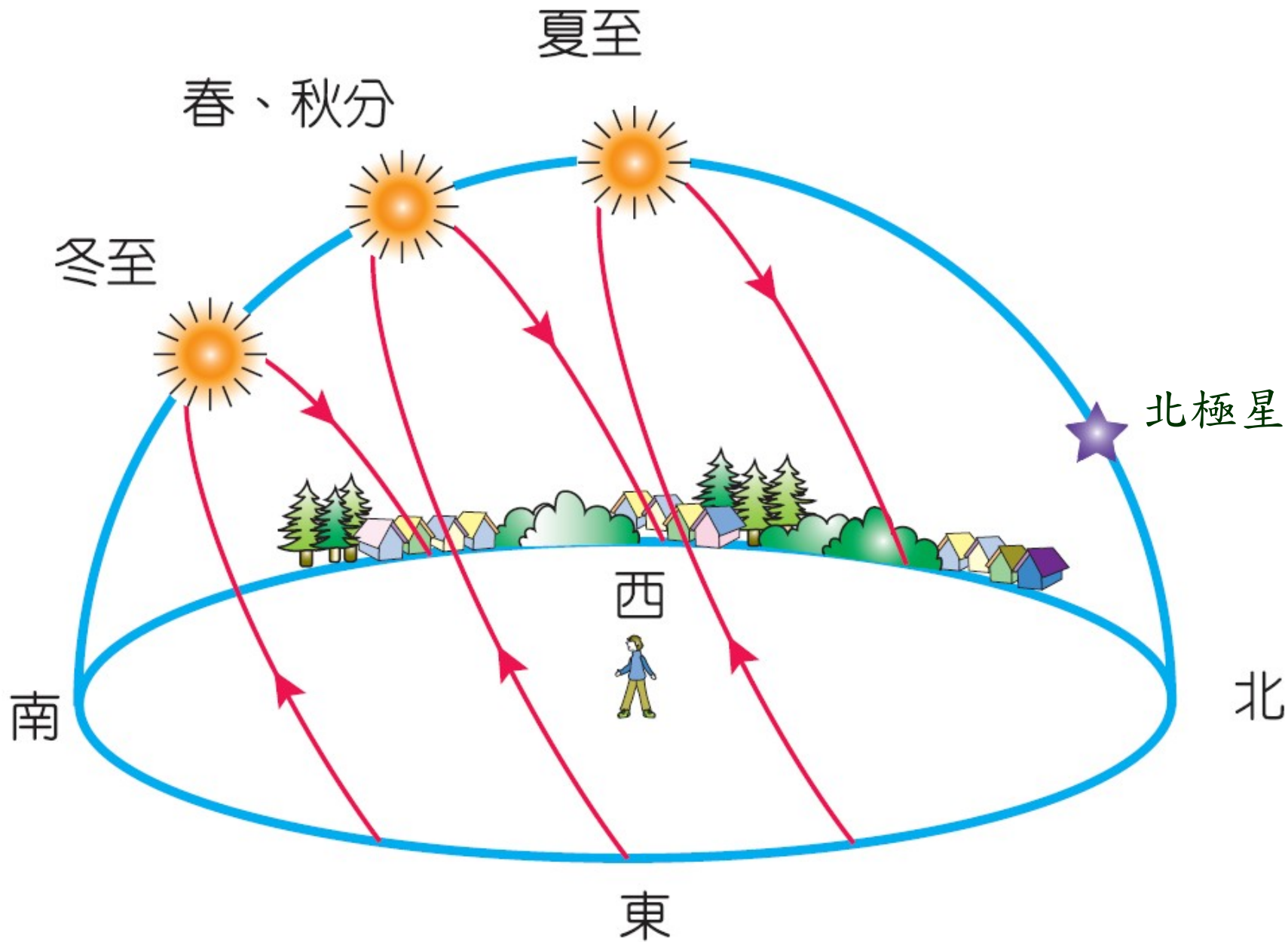
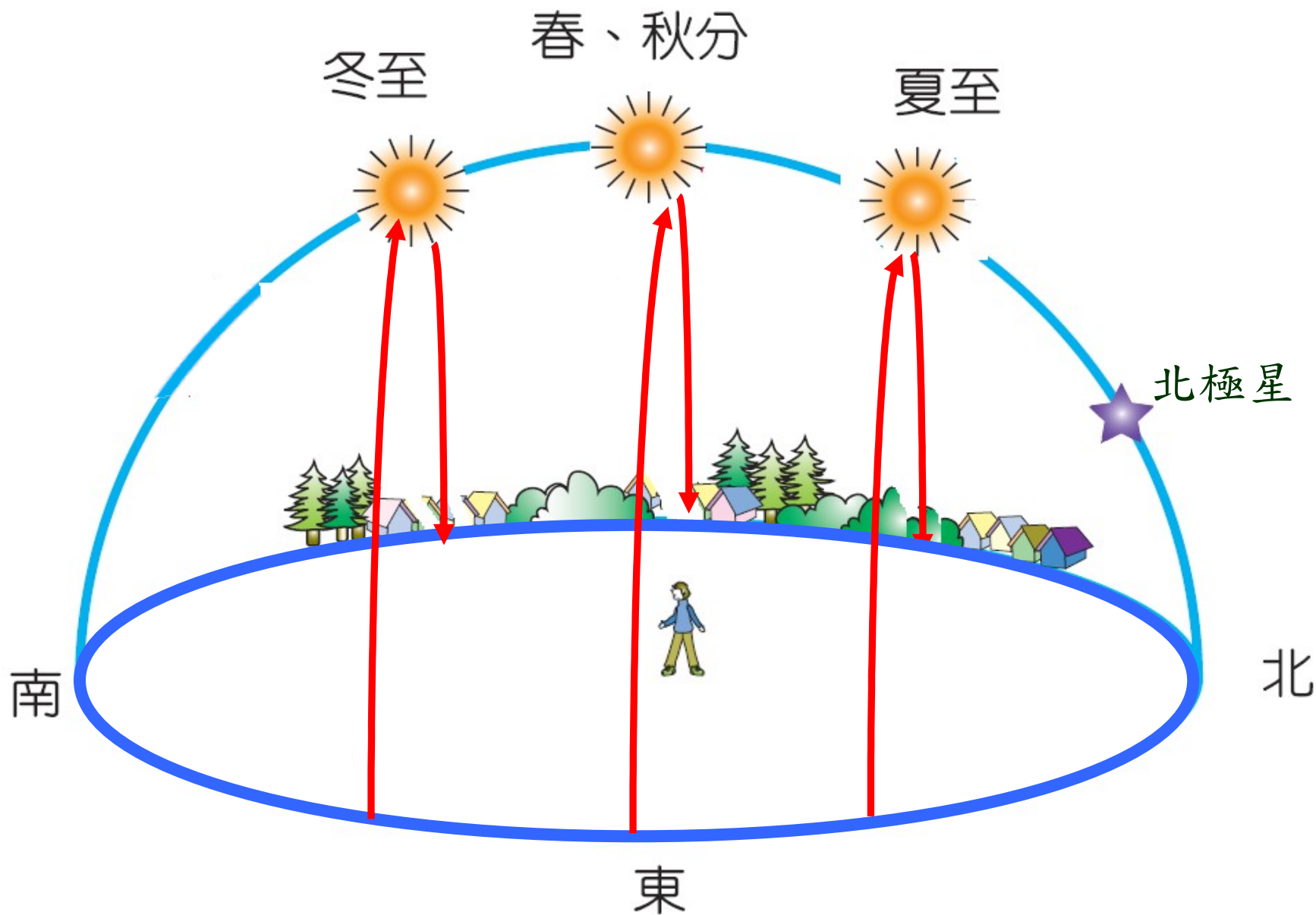
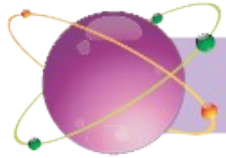


圖 5-15 臺灣所見 (以嘉義為例)

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

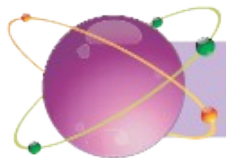
- 目的：透過簡單的記錄活動，來了解一日中太陽在天空位置的變化情形。



一日中太陽在天空位置的變化



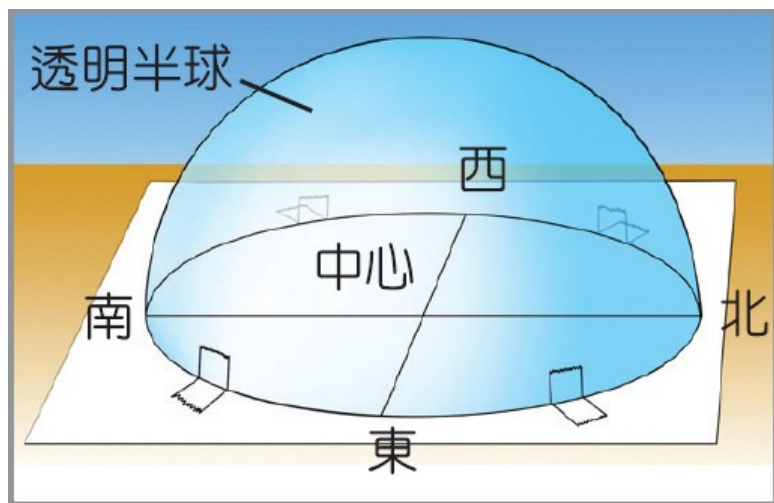
一日中太陽在天空位置的變化



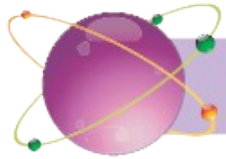
## 活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

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

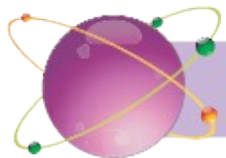


## 活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

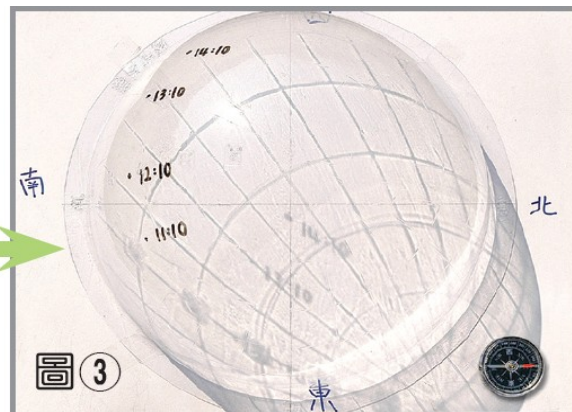
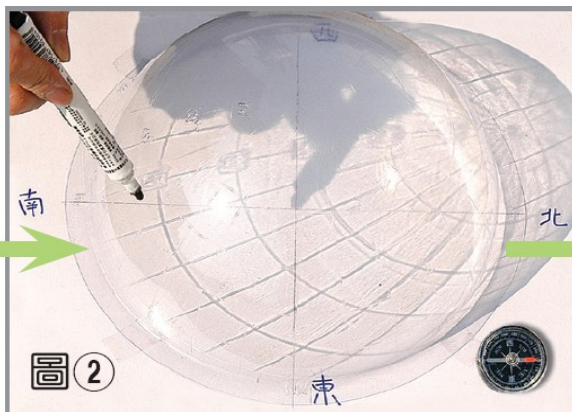
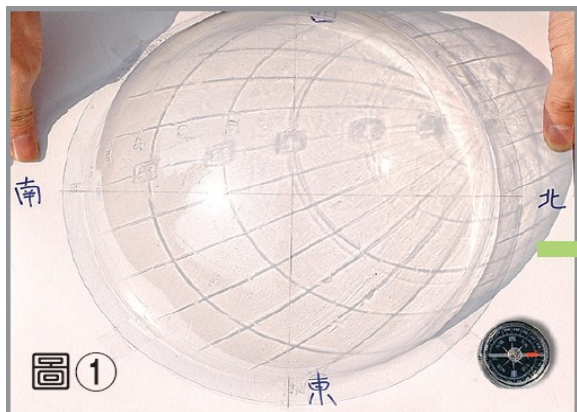
### 步驟：

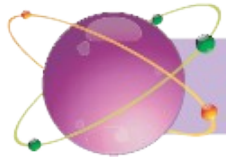
1. 選一天陽光普照的日子，把透明半球置於標有東、西、南、北方位的厚紙板上，並將透明半球的中心對準四個方位連接的十字中心，再以膠帶黏貼固定。
2. 將透明半球拿到戶外可以產生影子的地方，利用指北針找出北方，並將厚紙板轉成相同方向（圖 1）。





# 活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

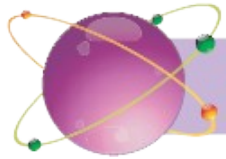




## 活動 5-1 一日中太陽在天空位置的變化

### 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）

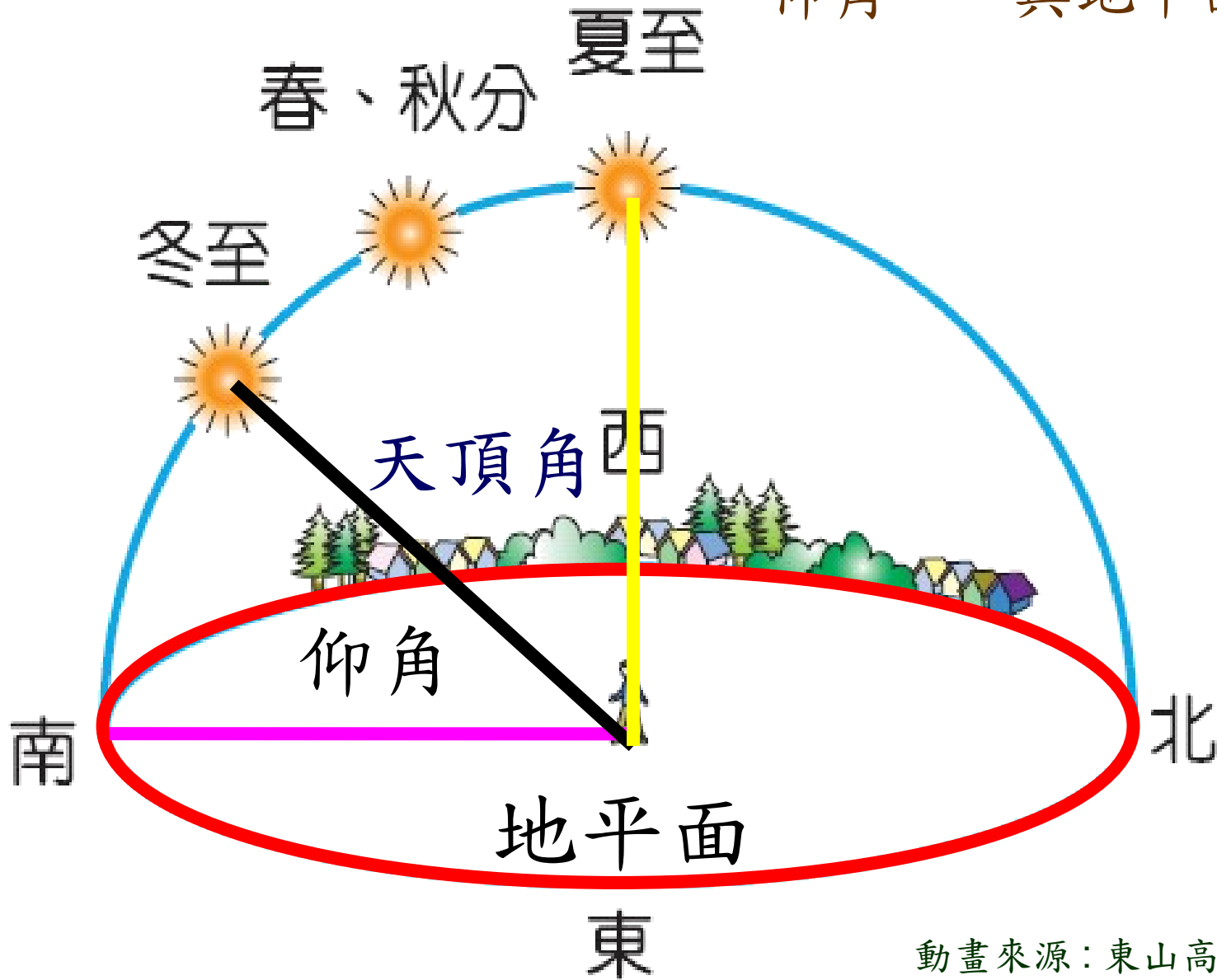
太陽由東偏南方升起，西偏南方落下

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

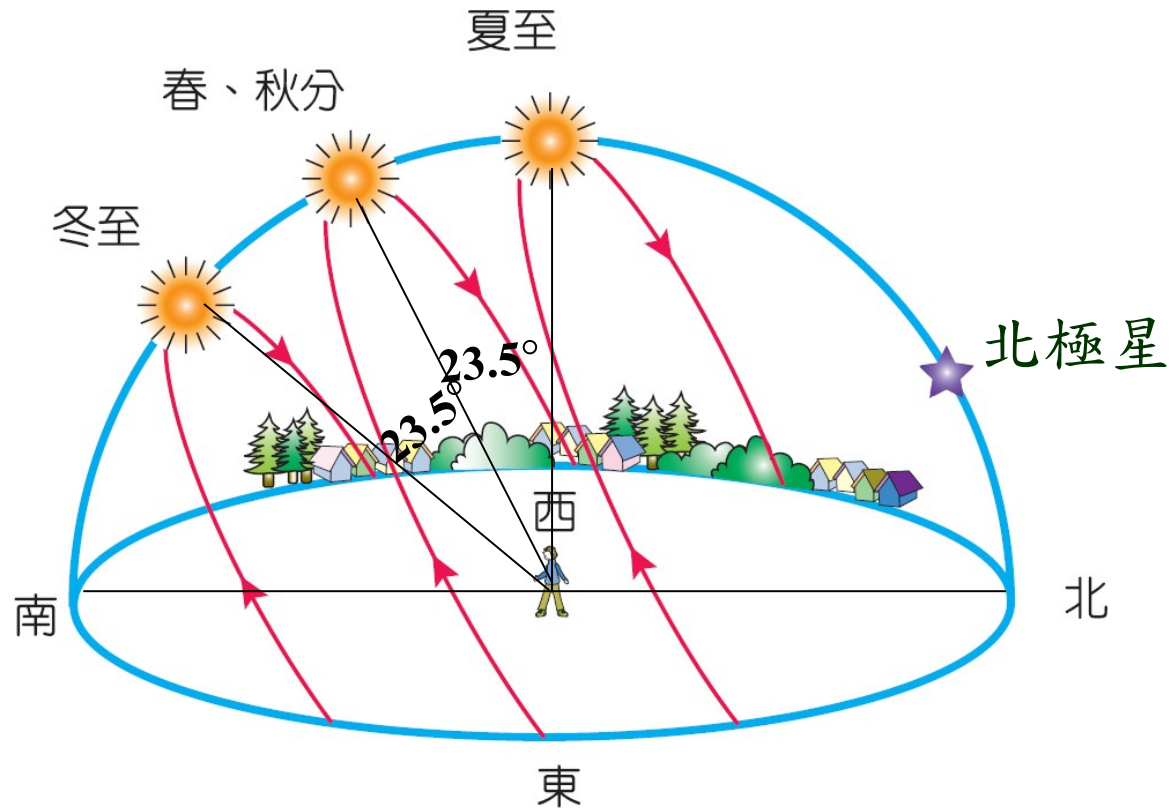
仰角 = 與地平面的連線夾角





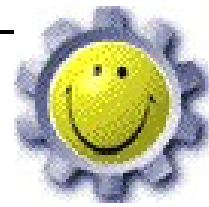
# 嘉義正午太陽仰角變化

- 夏至 : 太陽仰角  $90^\circ$   
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

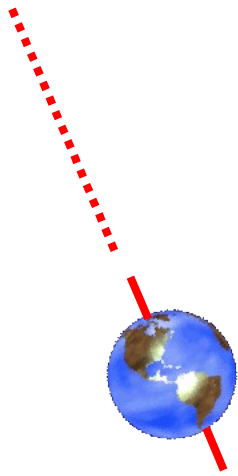
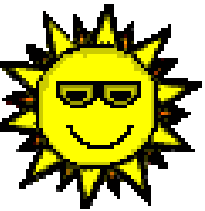
北回歸線以南  
(嘉義以南)

接近 6/22 (夏  
至) 時，在頭頂  
稍偏北方

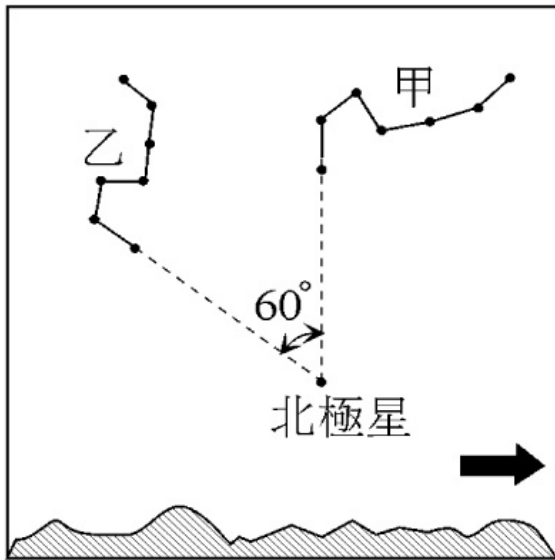
其餘日子在  
頭頂偏南

# ☆ 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  $15^\circ$



周日運動：海爾·波普彗星、仙后座及大小北斗繞北極星

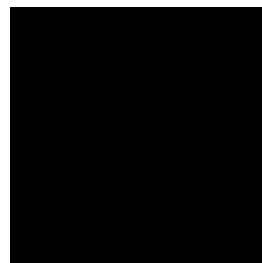


北斗七星從甲移動到乙的時間  
為  $60^\circ / 15^\circ = 4$  (小時)



圖文來源：東山高中詹宗穎老師

# 月相盈虧



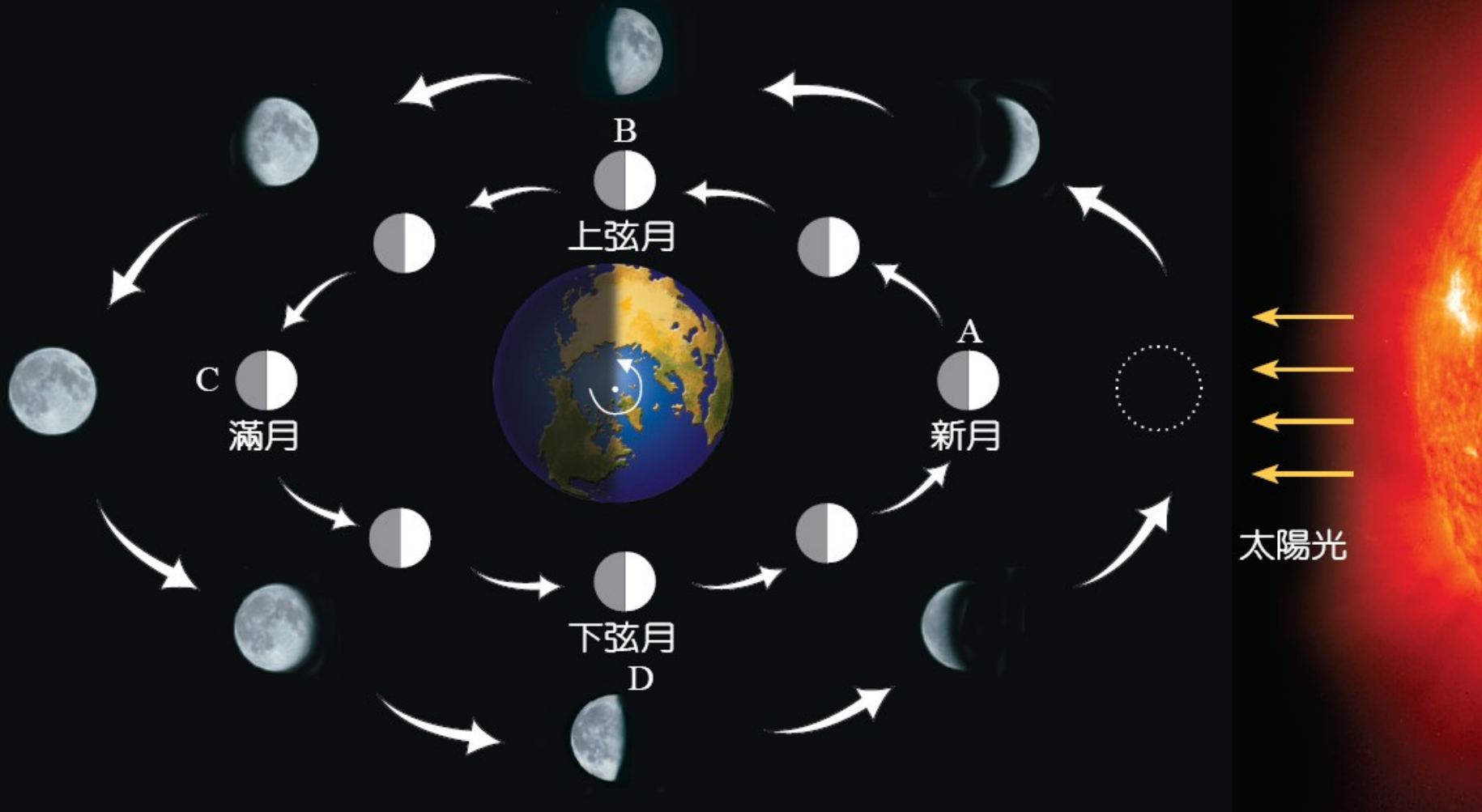
月球和地球一樣，本身不會發光，  
可看見月球是因陽光照射月表面，  
光線反射。



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

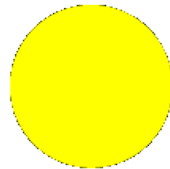
月球西亮東暗 \*上弦月

初十五

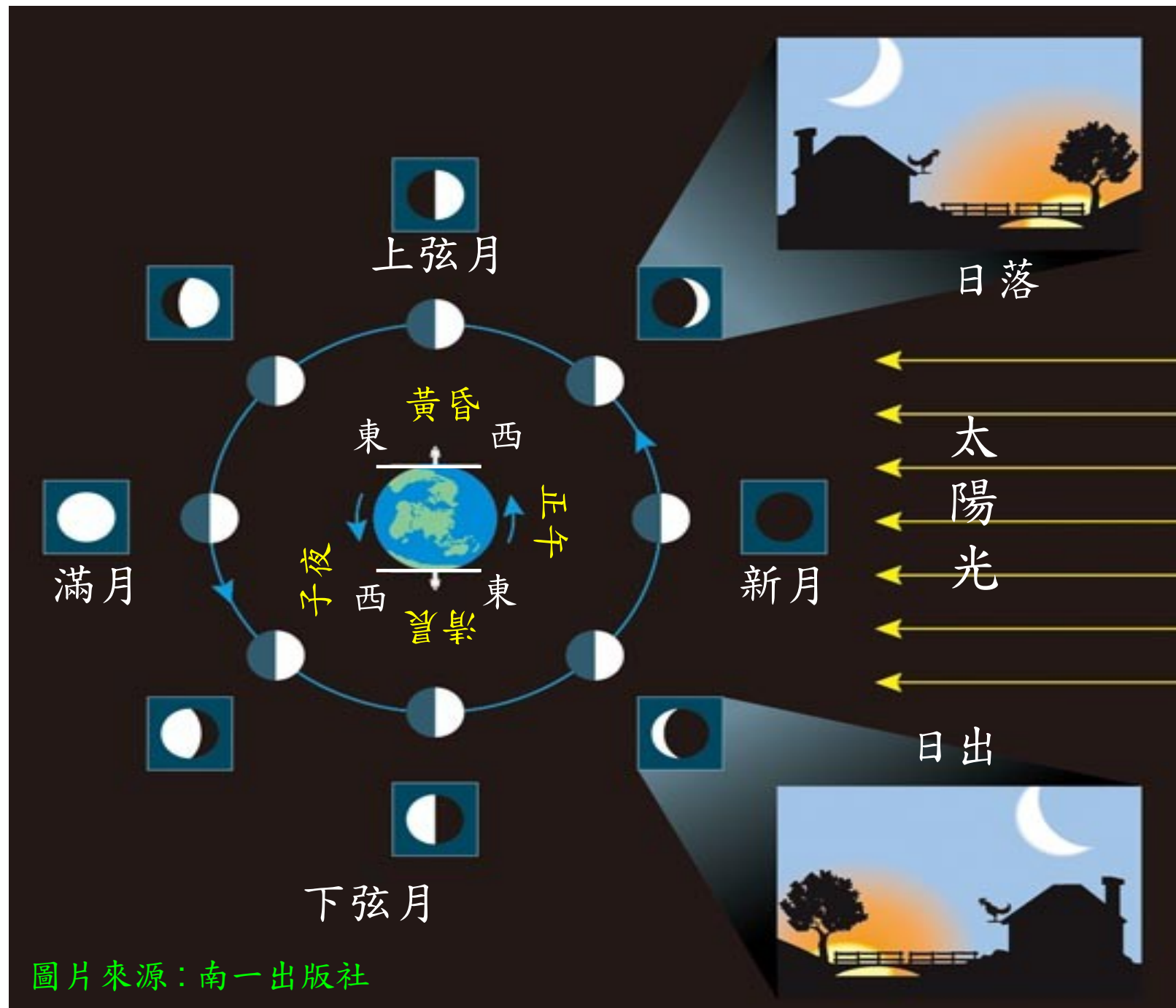
月球又圓又大 \*望 / 滿月

初二十二~三

月球東亮西暗 \*下弦月



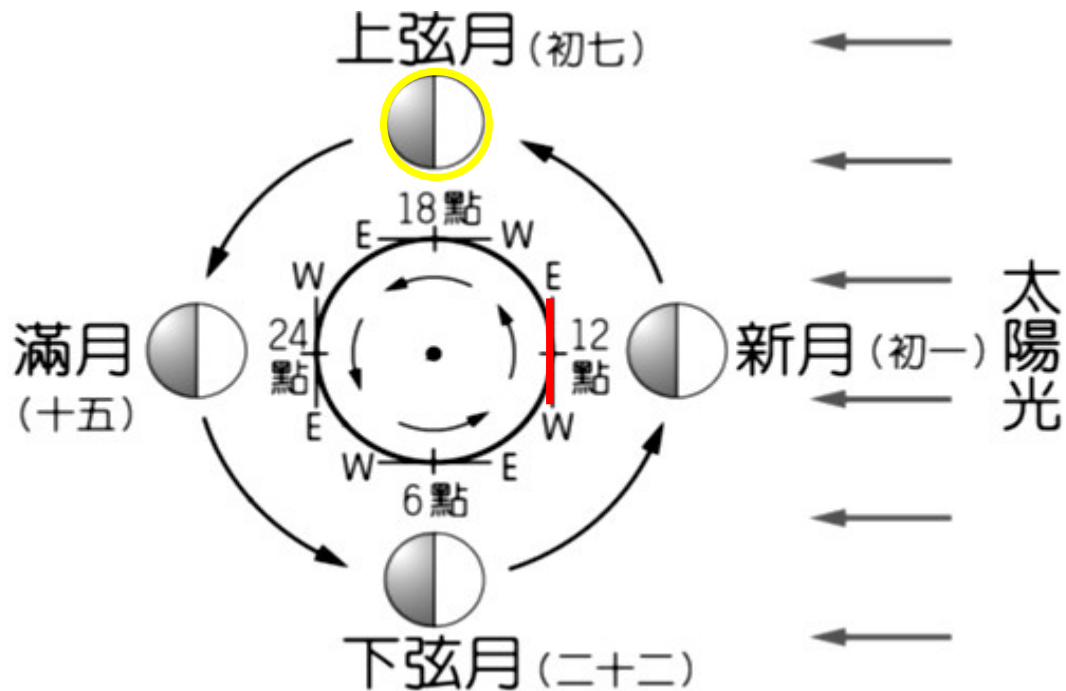




圖片來源：南一出版社

		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  
\* 滿月 \* 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 →

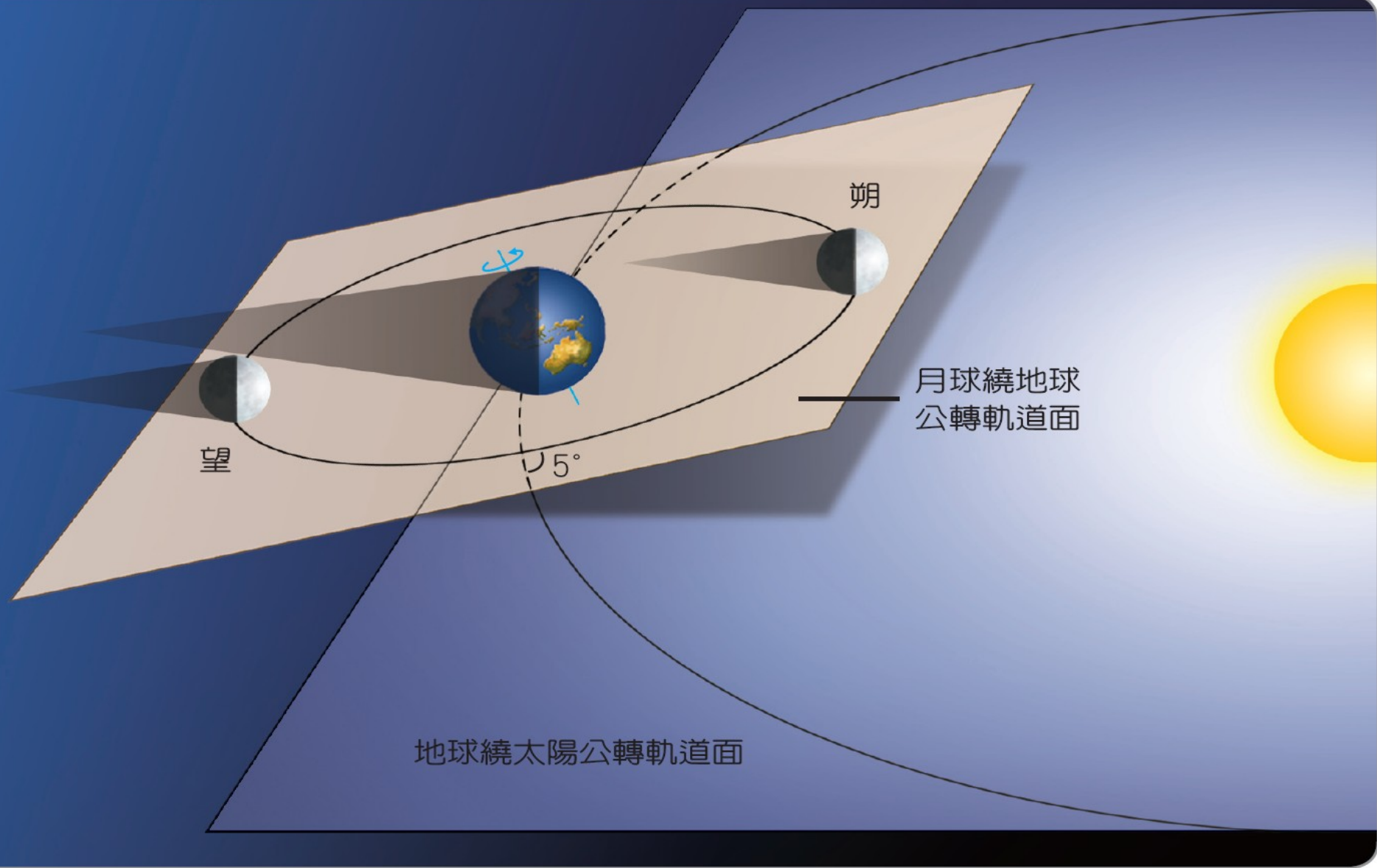
♥ 位在南半球，面向北方 ←

# 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）

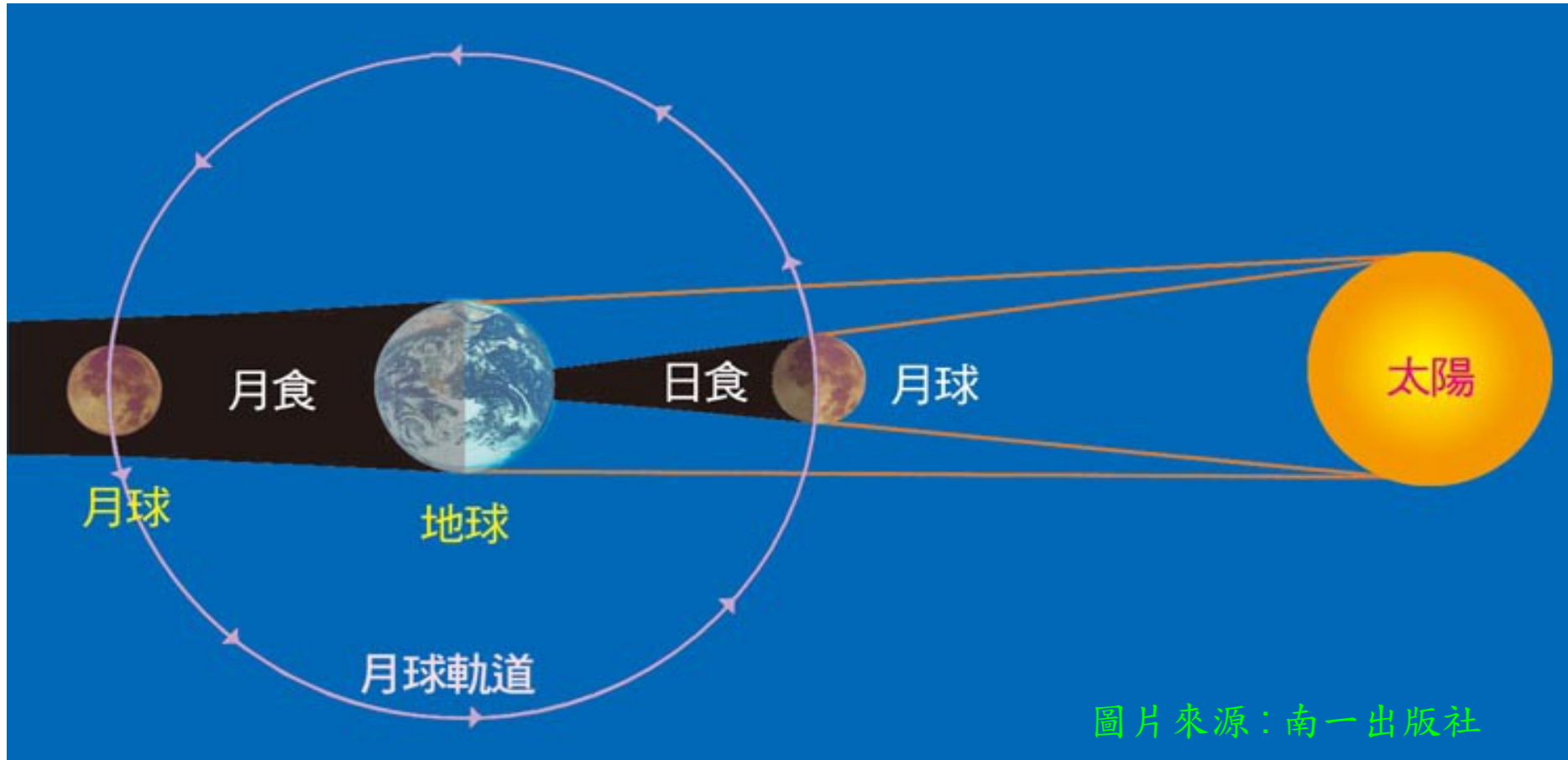
## 月食

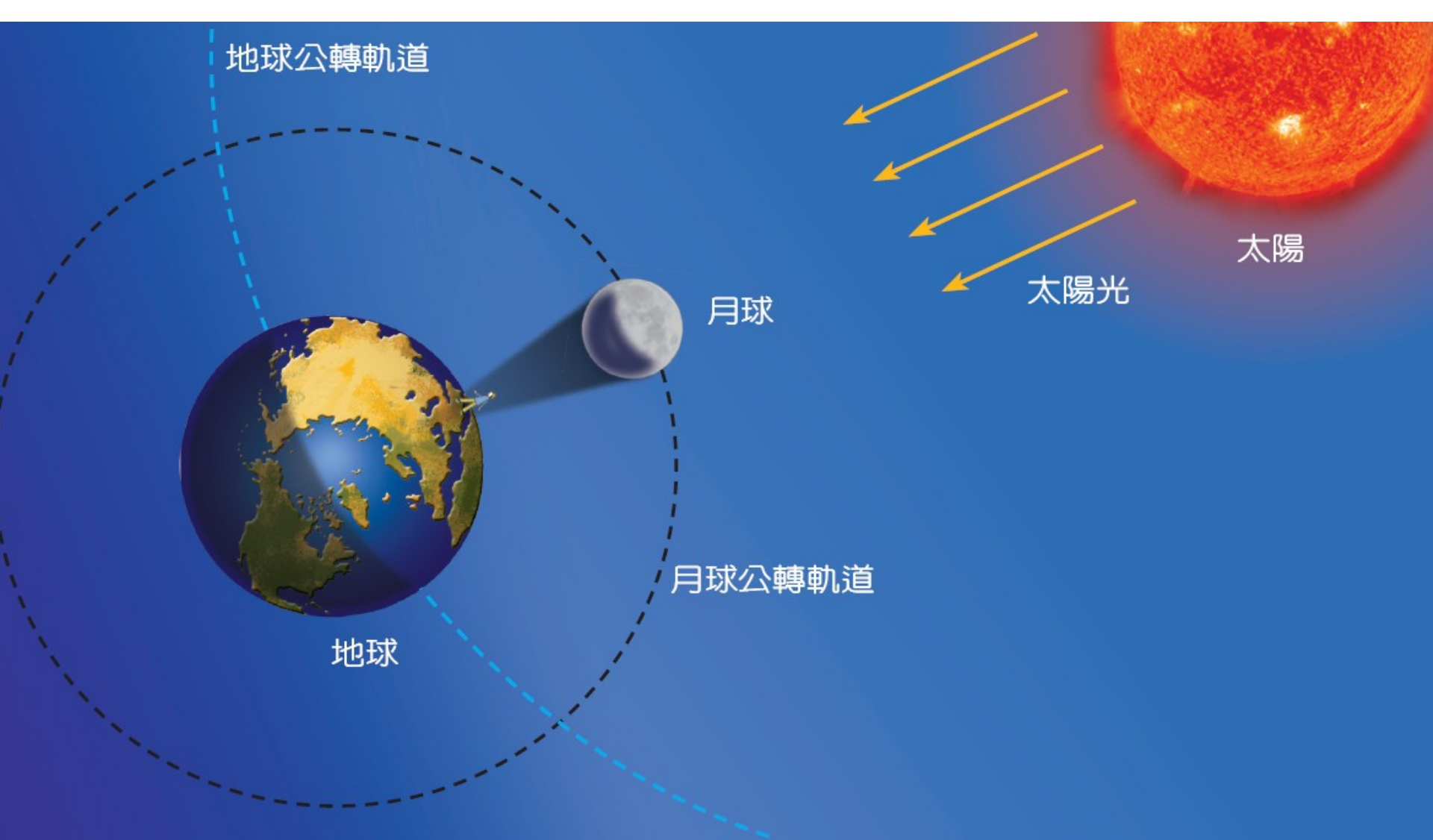
地球在太陽和月球中間，  
三者成一直線 發生在望（農曆十五前後）



# 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 5-20 日食示意圖

日全食

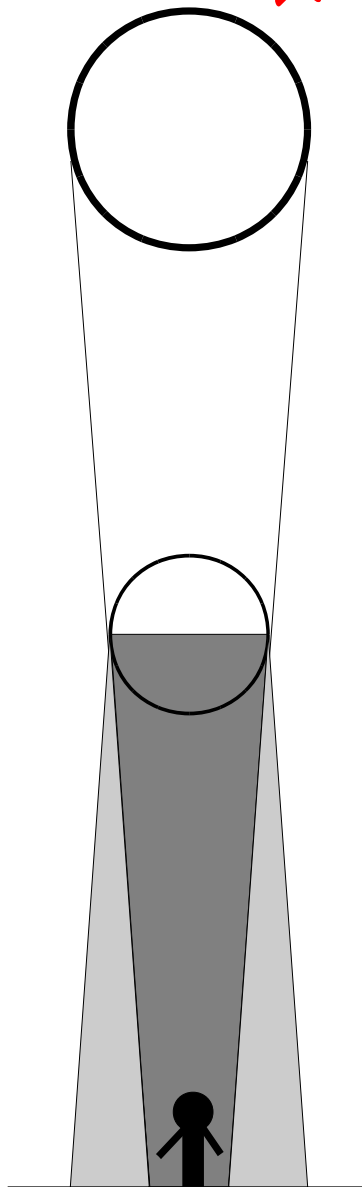
日偏食

日環食

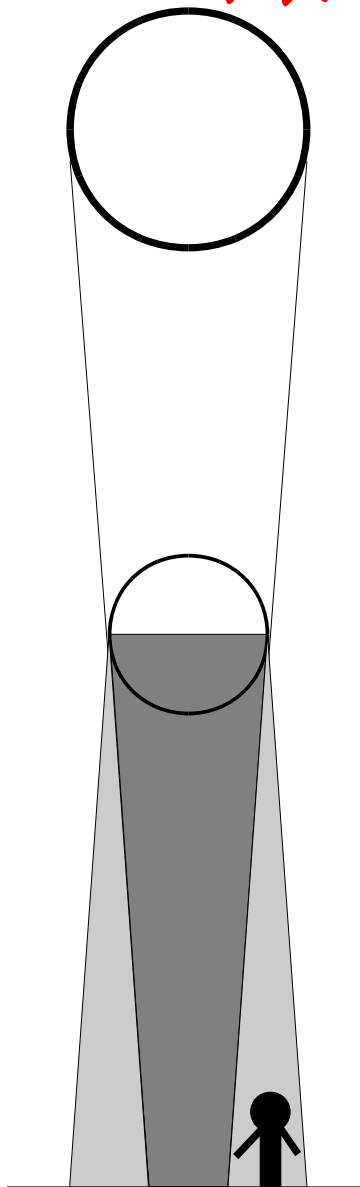
太陽

月亮

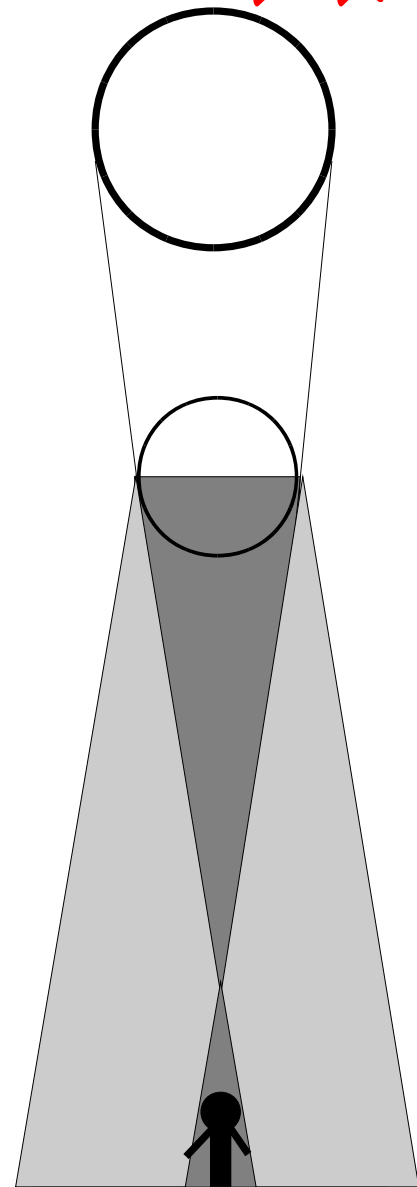
地球



觀測者在本影區



觀測者在半影區



觀測者在本影區

# 日全食



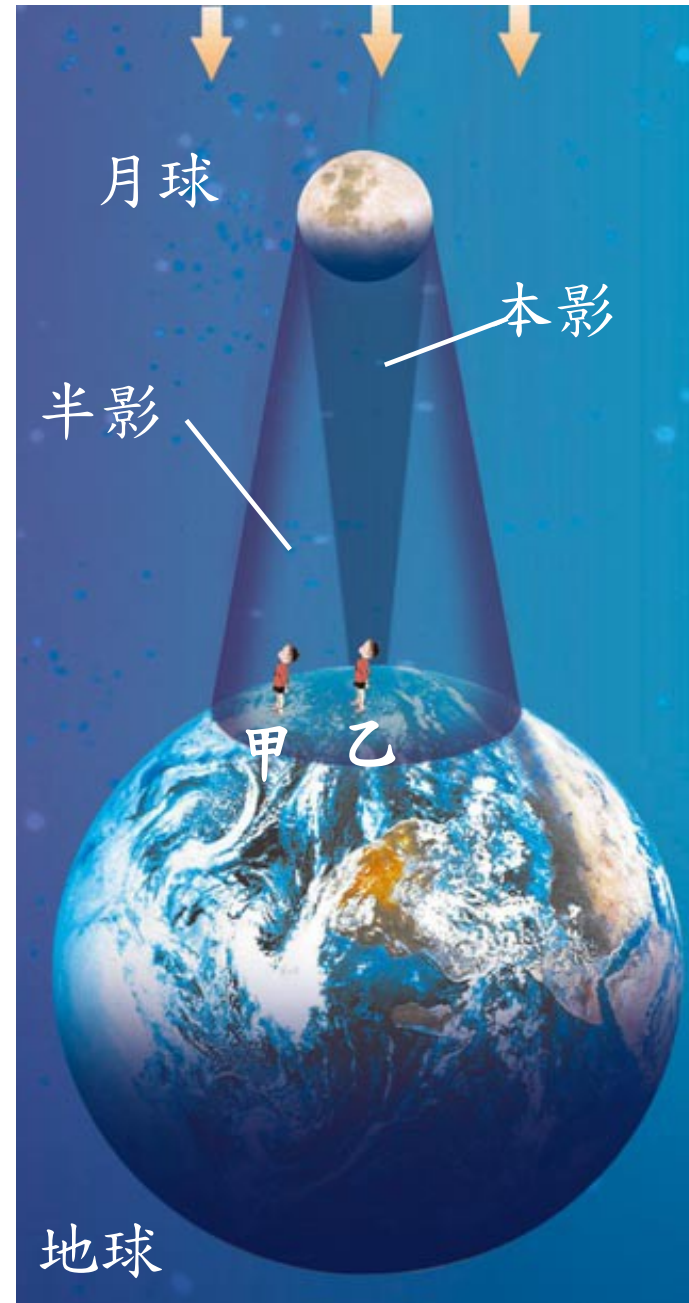
圖 5-19 日全食



觀測者在  
月球的本  
影區乙

太陽全部  
被月球遮  
住

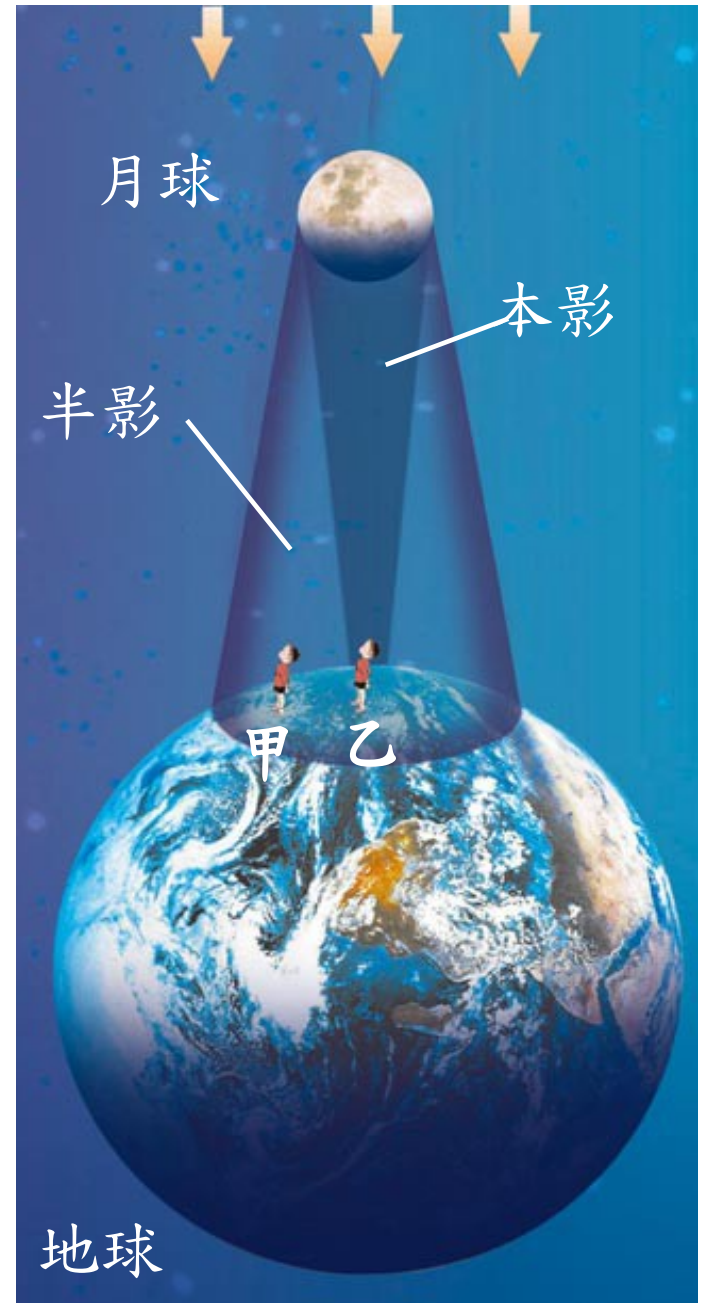
但可以看  
見外圍氣  
體一日冕



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



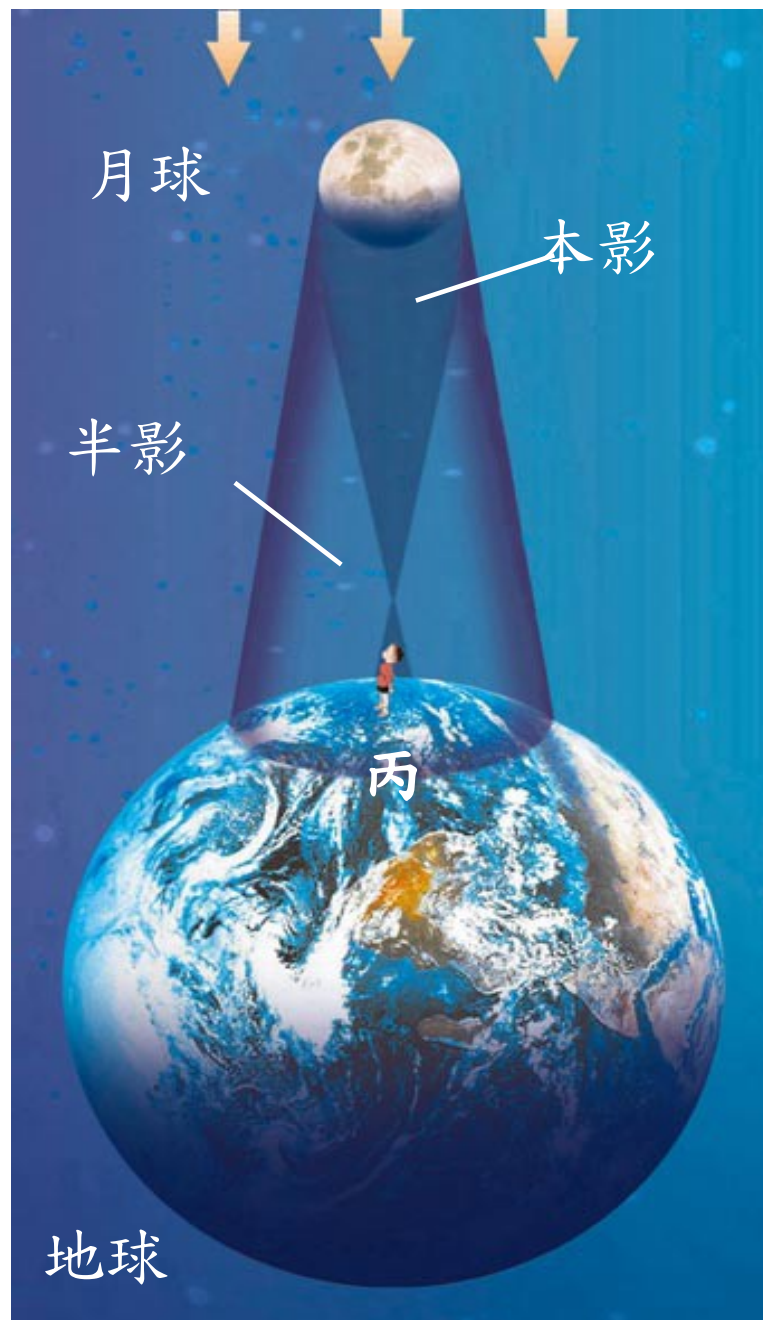
圖 5-21 日偏食過程

(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

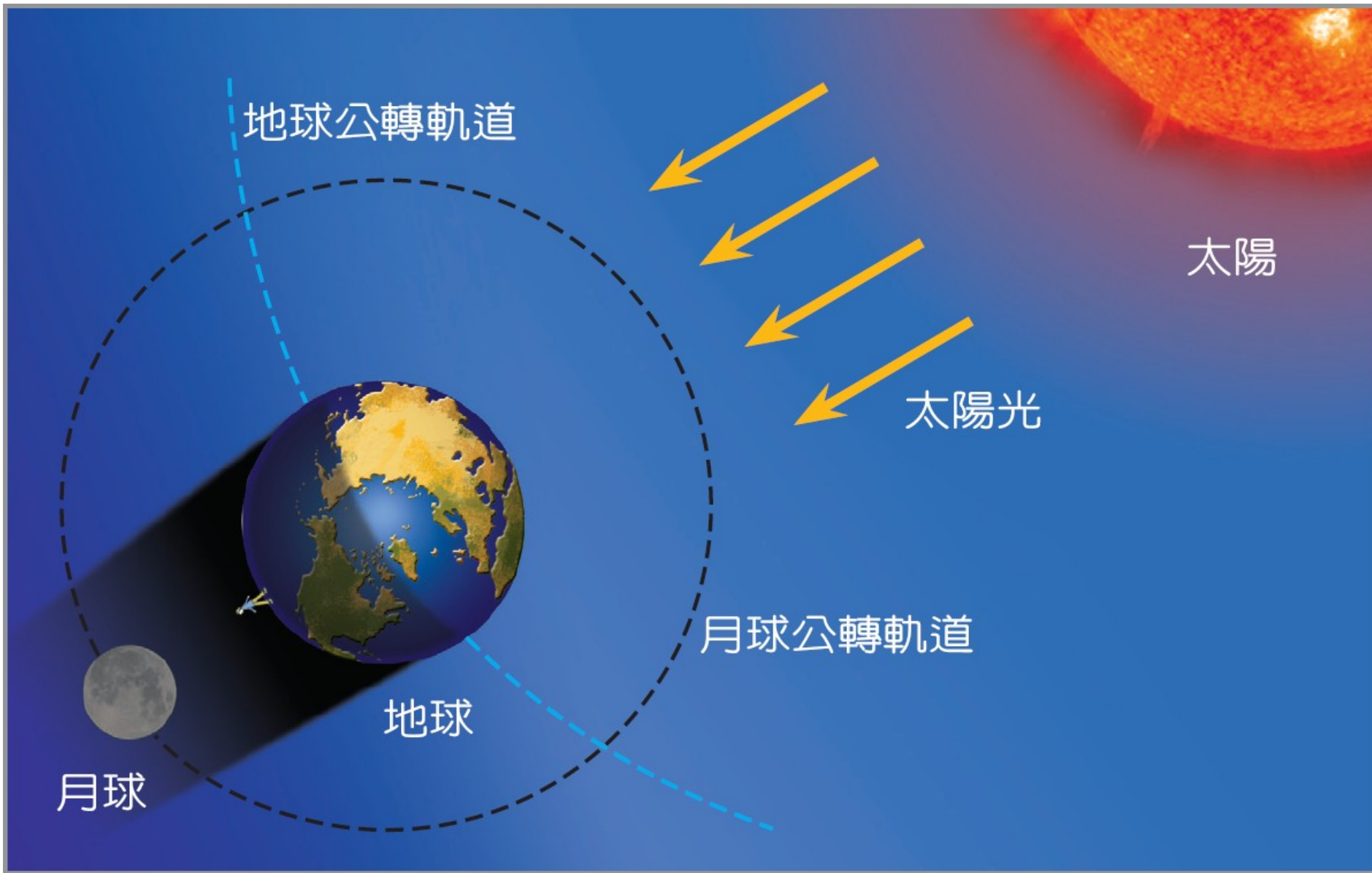
# 月食



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



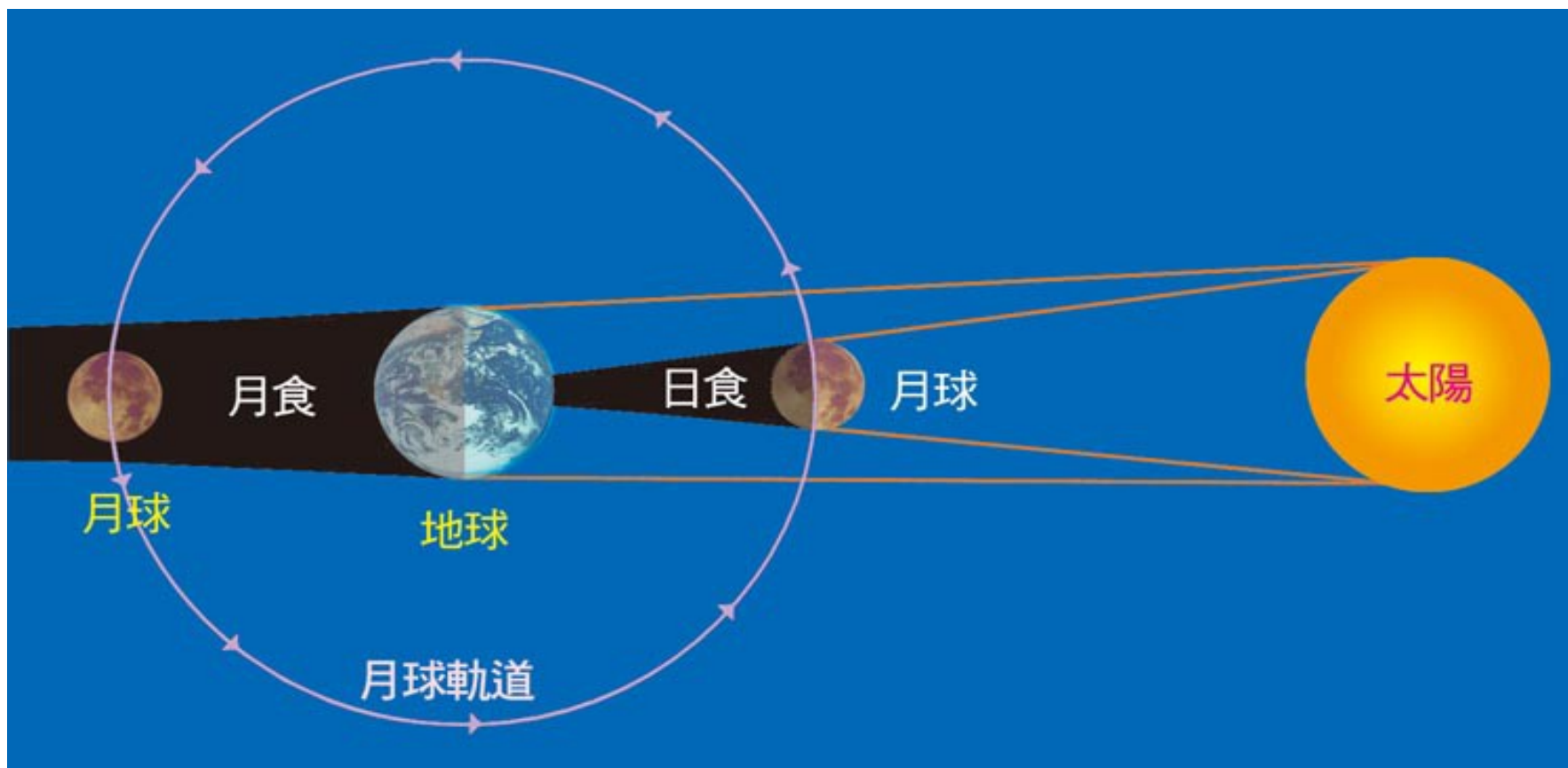
月全食仍有部分太陽光經地球大氣層折射到月球表面，肉眼可見到古銅色月面  
(圖 5-23c)



↑ 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



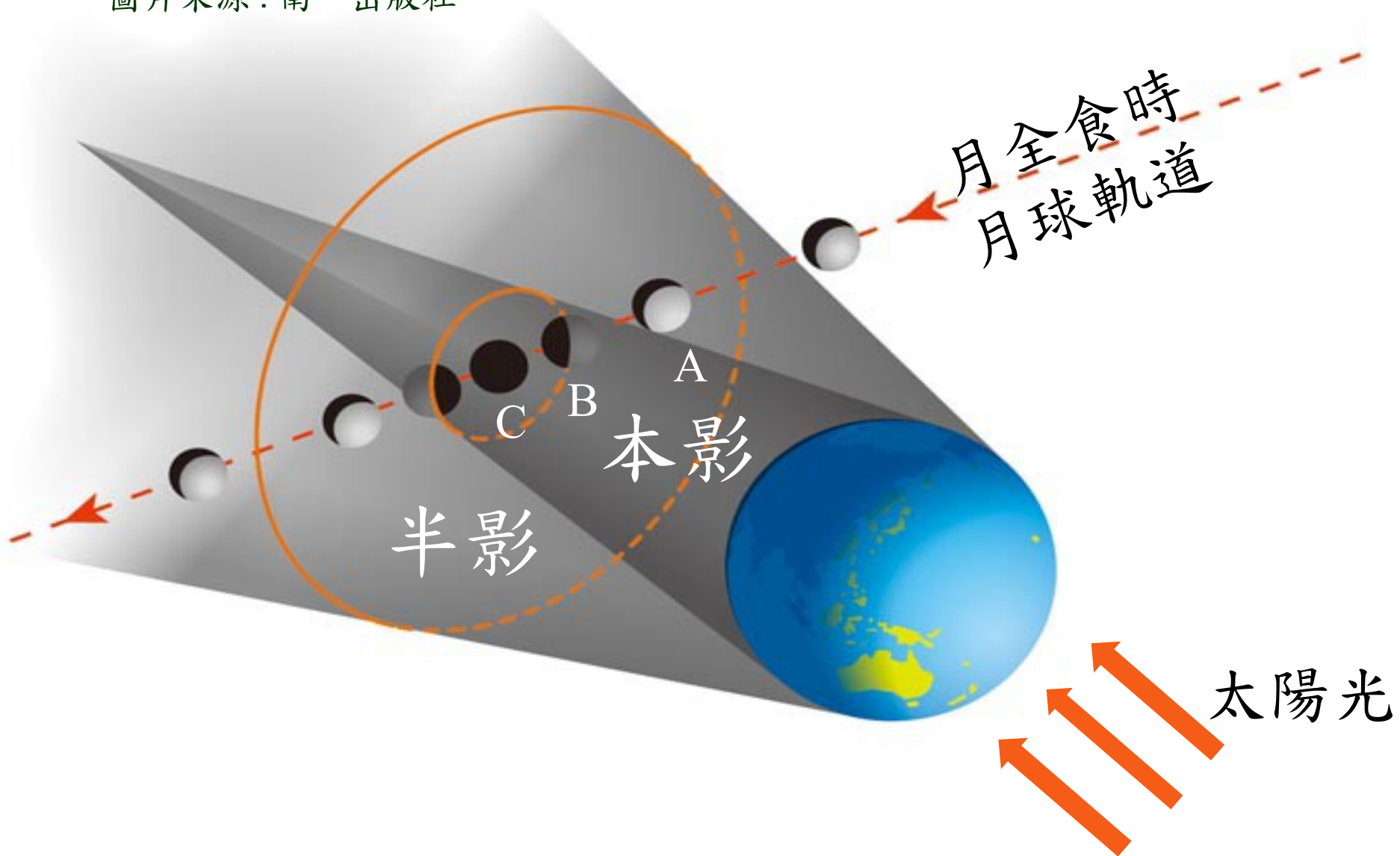
整個月球進入地球本影陰影區

月全食





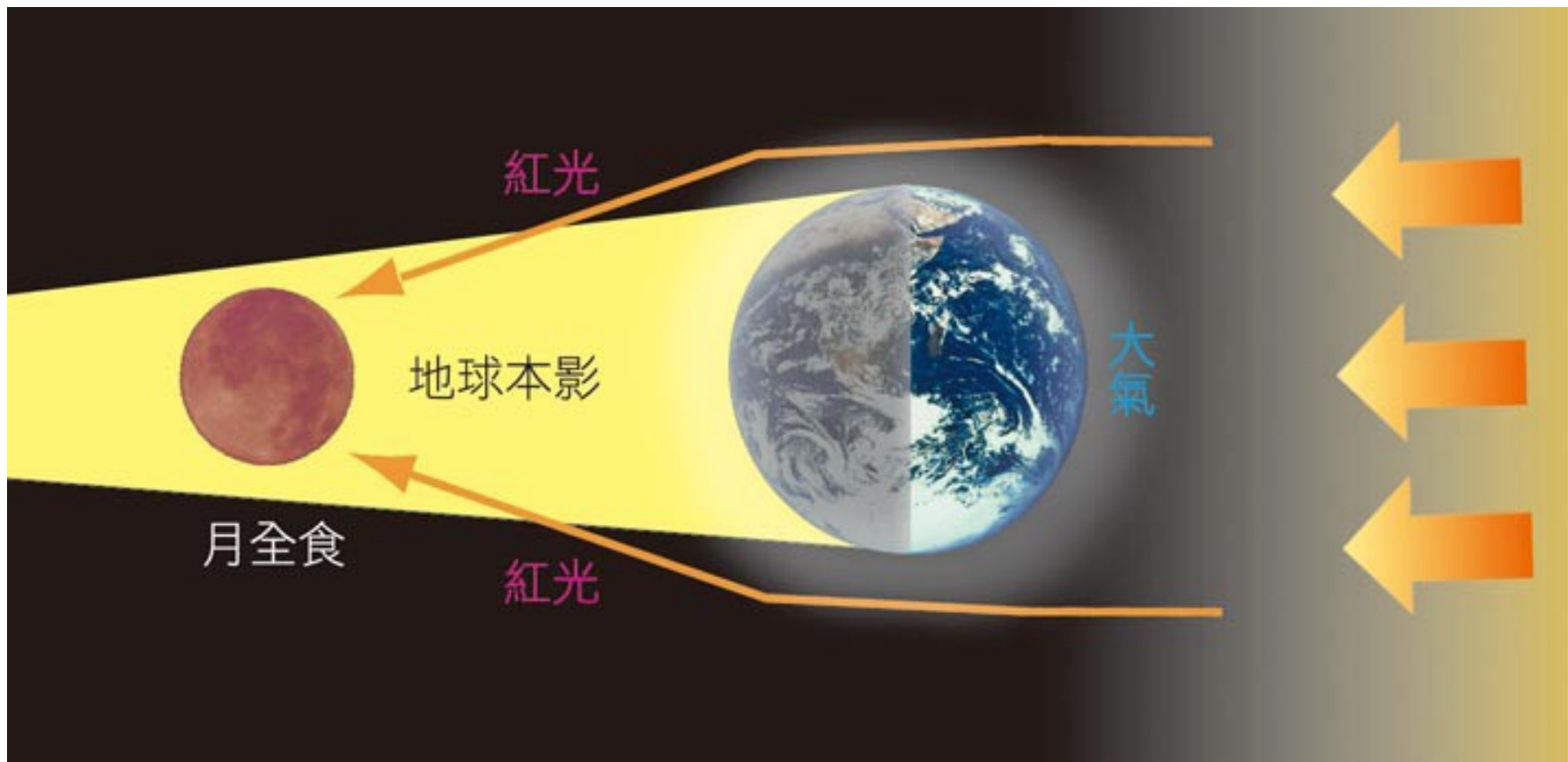
圖片來源：南一出版社



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



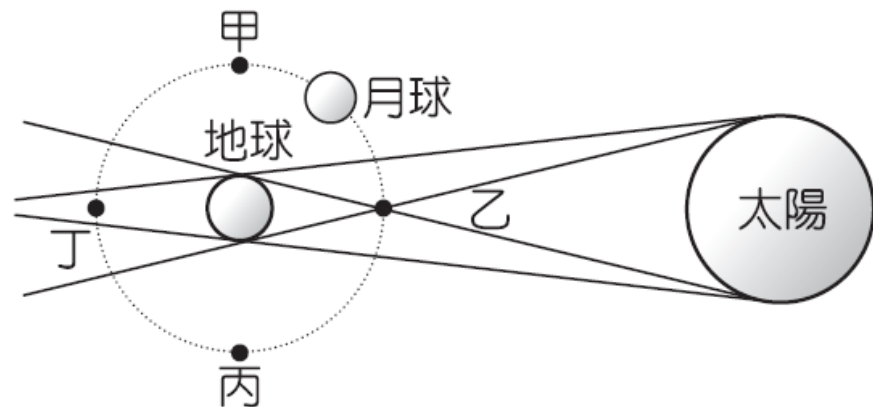
圖 5-23 月全食的過程

(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

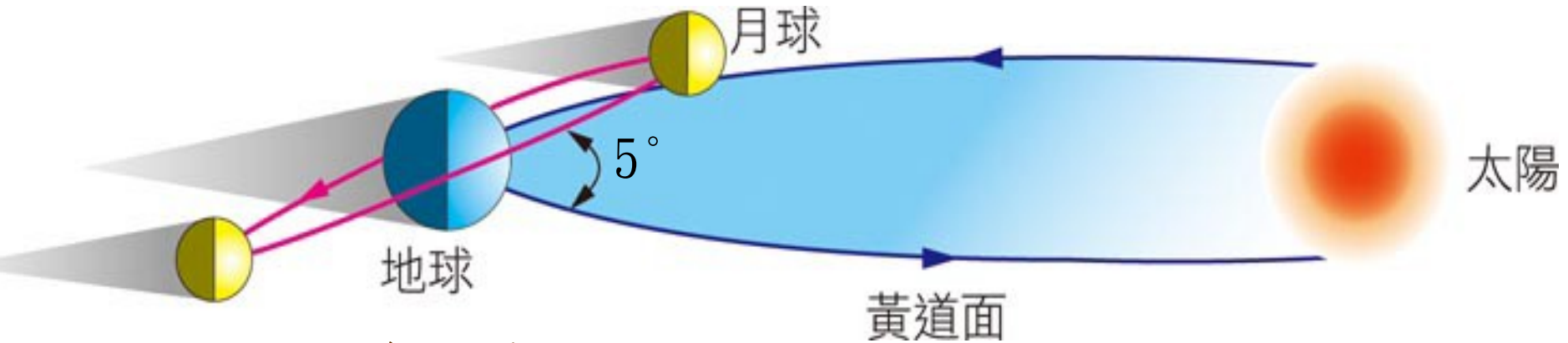
當月球在丁位置時，進入地球的影子內，會出現月全食。

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  $5^\circ$ ，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

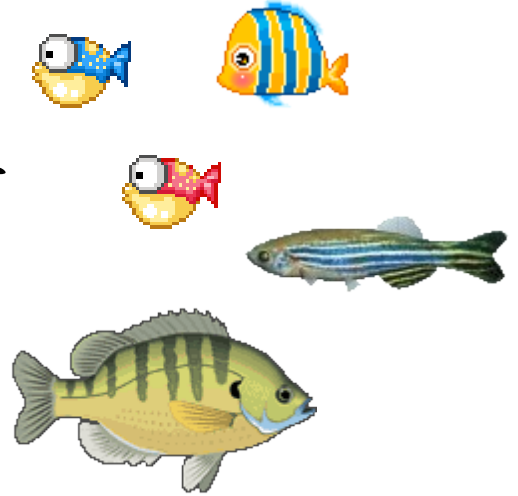
**滿潮**：海水面升到最高水位

**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



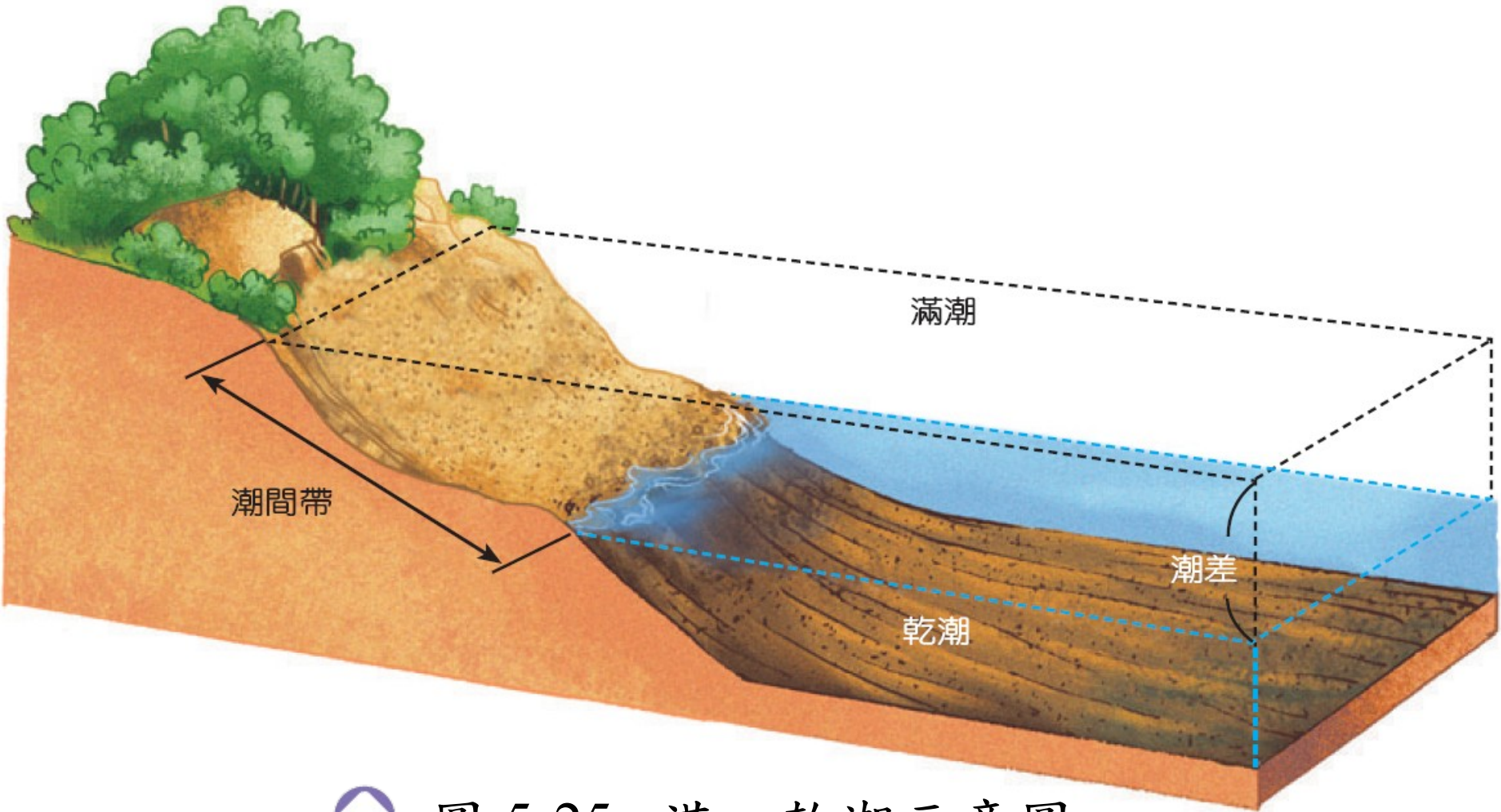
a. 滿潮



b. 乾潮

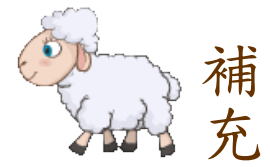
⬆ 圖 5-24 同一地點滿潮與乾潮景觀（攝於淡水）

大潮時高水位更高，低水位更低

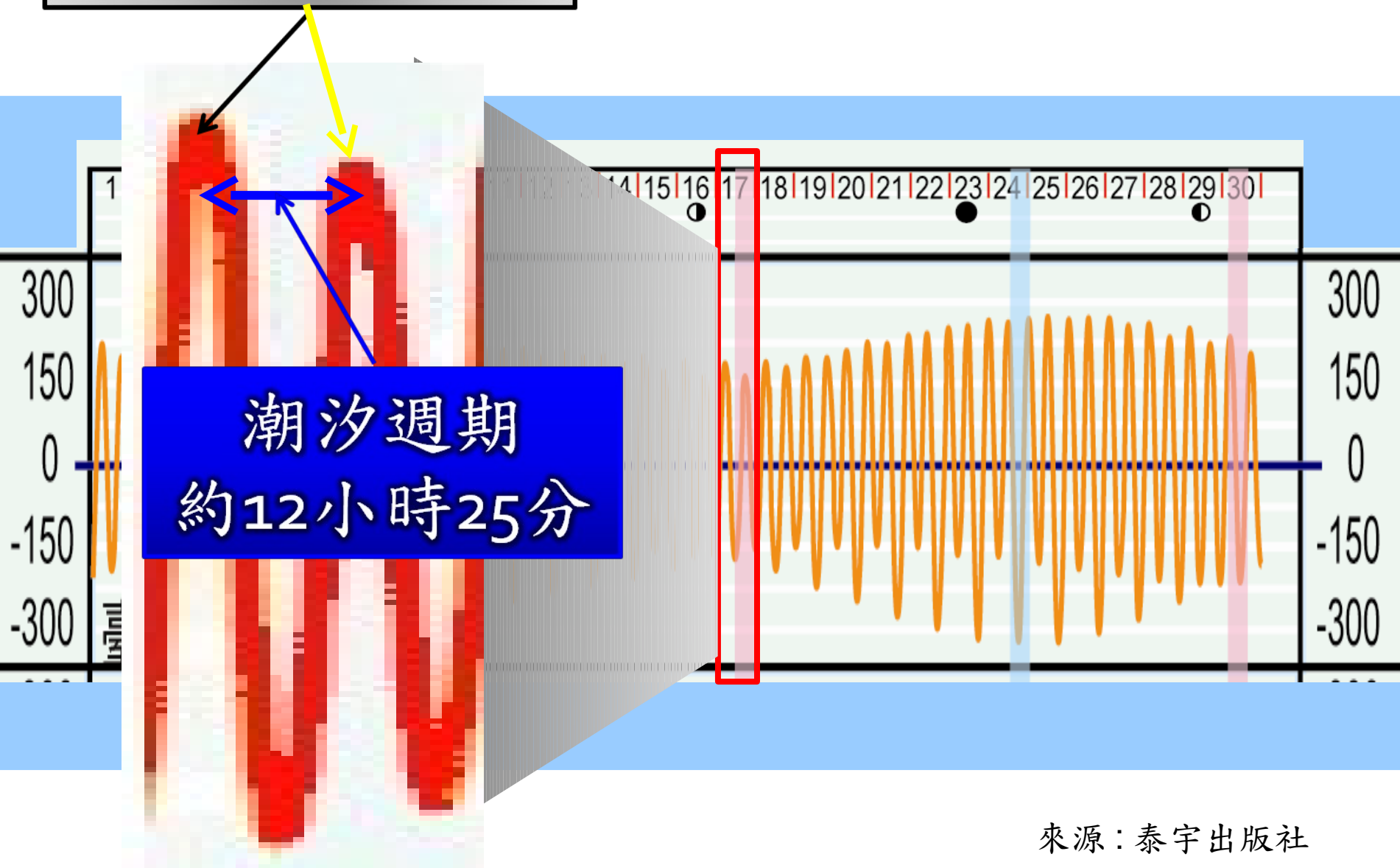


↑ 圖 5-25 滿、乾潮示意圖





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

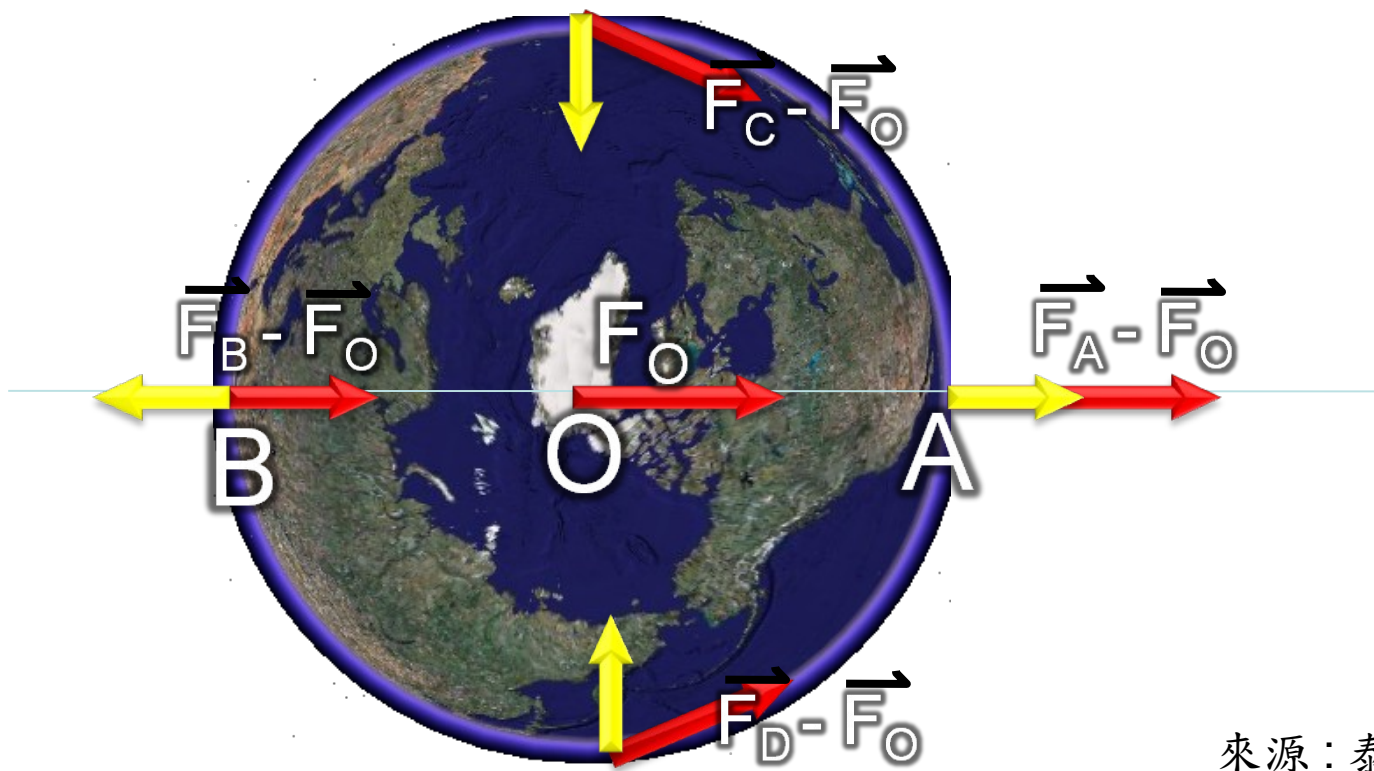
上、下弦月時，月球、地球及太陽呈垂直夾角，使月球 - 地球及太陽 - 地球海水引力互相抵消，發生一個月中兩次最低水位的滿潮



補充

# 引潮力

引力的差量即為引潮力 →

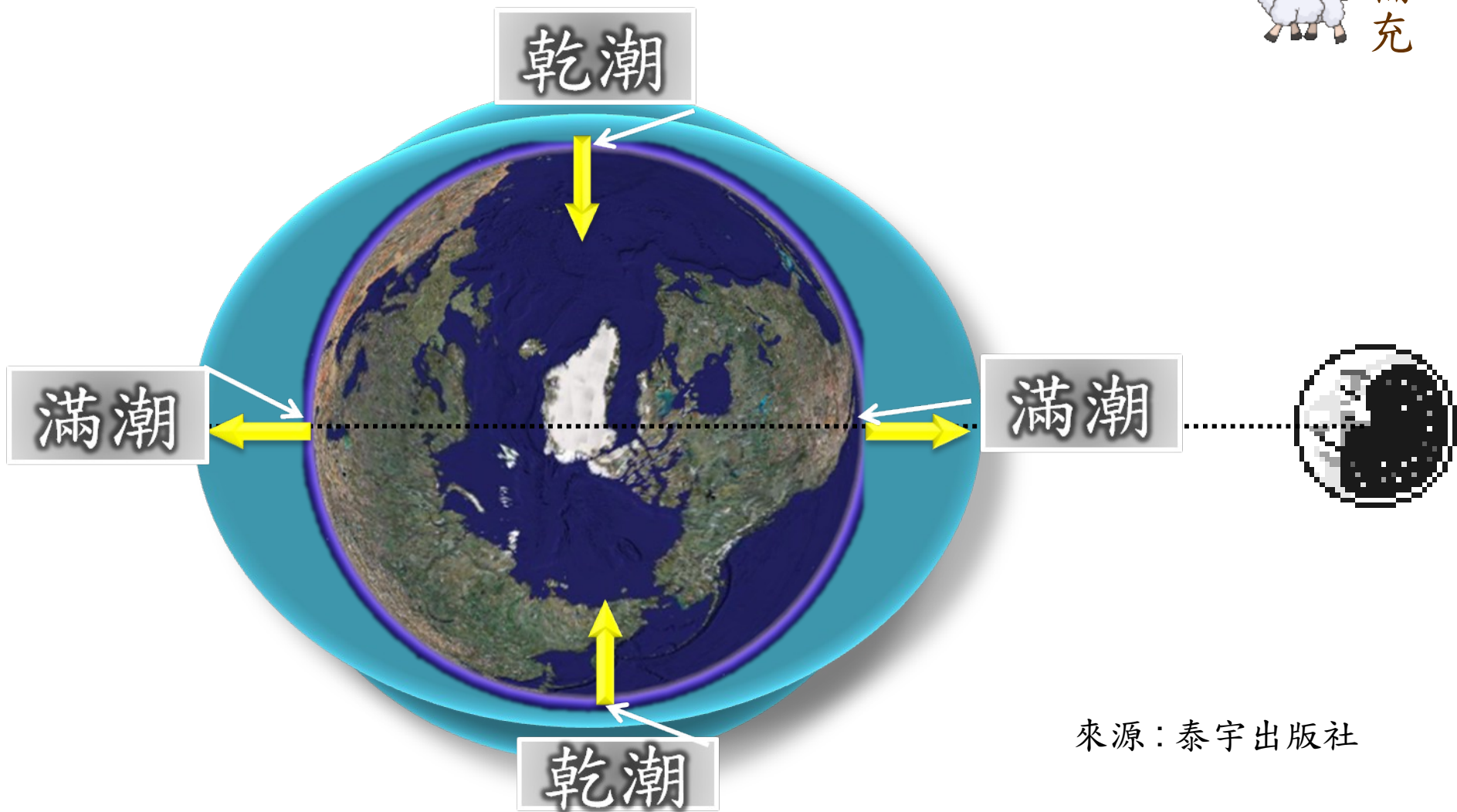
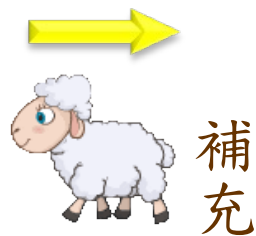


來源：泰宇出版社



# 引潮力

引力的差量即為引潮力



來源：泰宇出版社

# 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

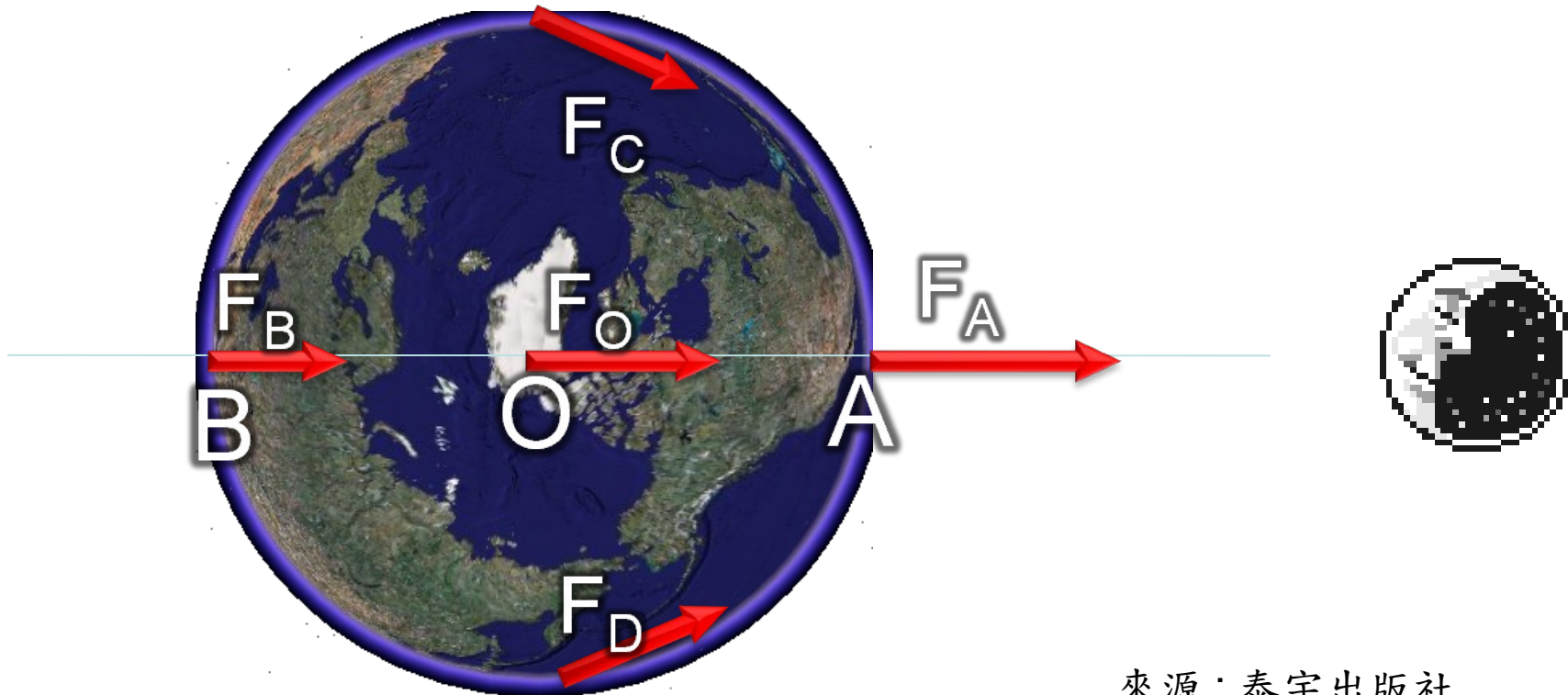
# 引力與引潮力



補充

一個星體上各點所受的引力不同 →

$$F_A > F_O > F_B$$

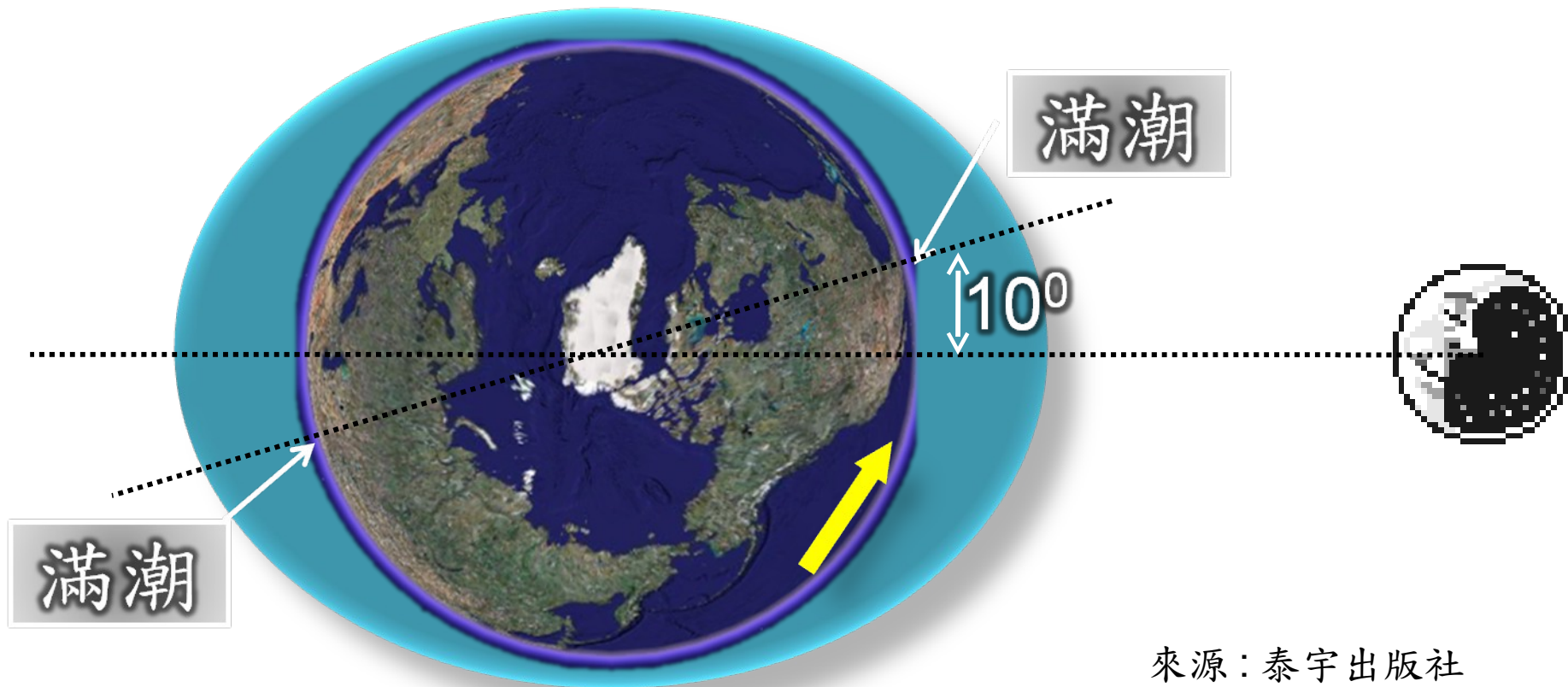


來源：泰宇出版社



# 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

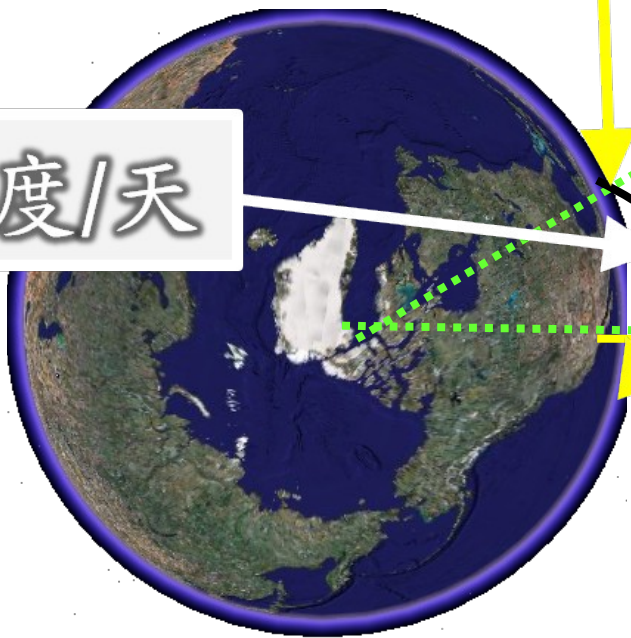


不考慮摩擦力

滿潮

第2天

$$360/30=12\text{度/天}$$



第1天

滿潮



補充

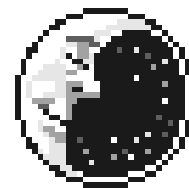
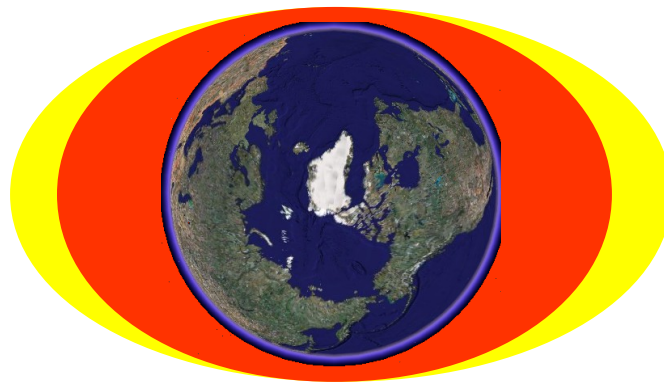
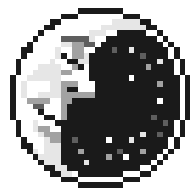
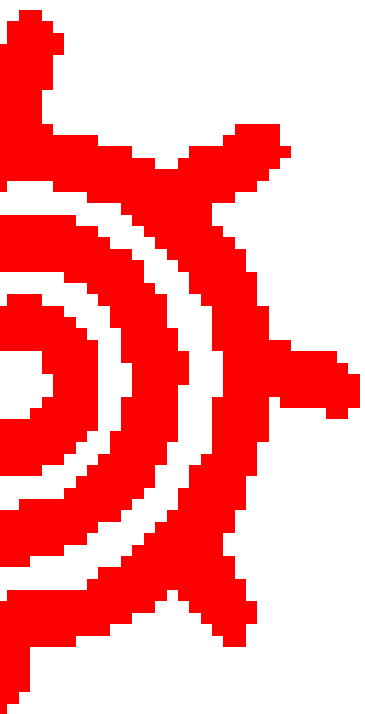
$$\begin{aligned} &\text{自轉12度需時} \\ &12 \times (1440/360) = 48\text{分} \end{aligned}$$

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

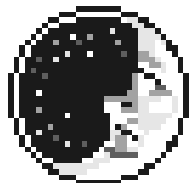
大潮

大潮



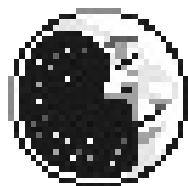
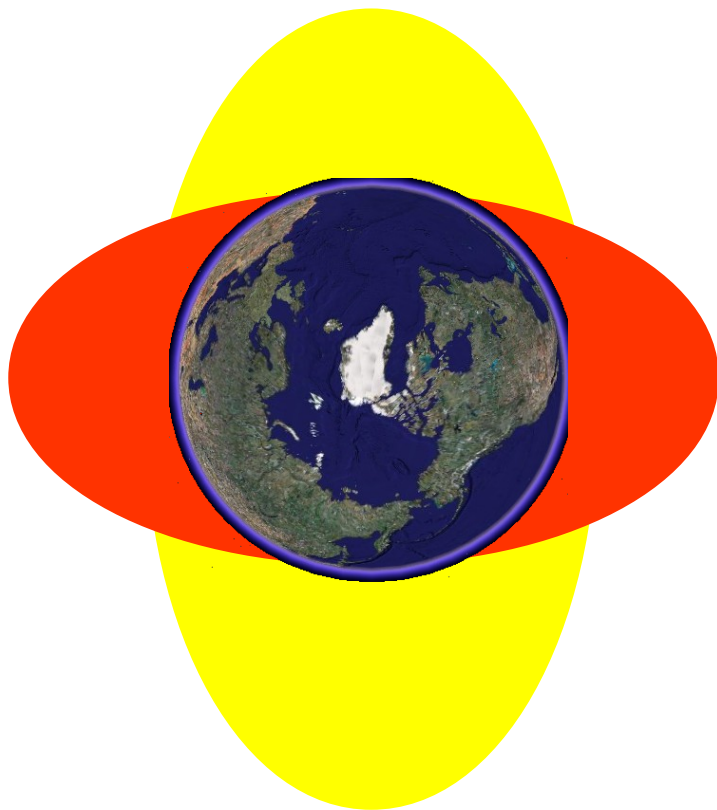


補充



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)

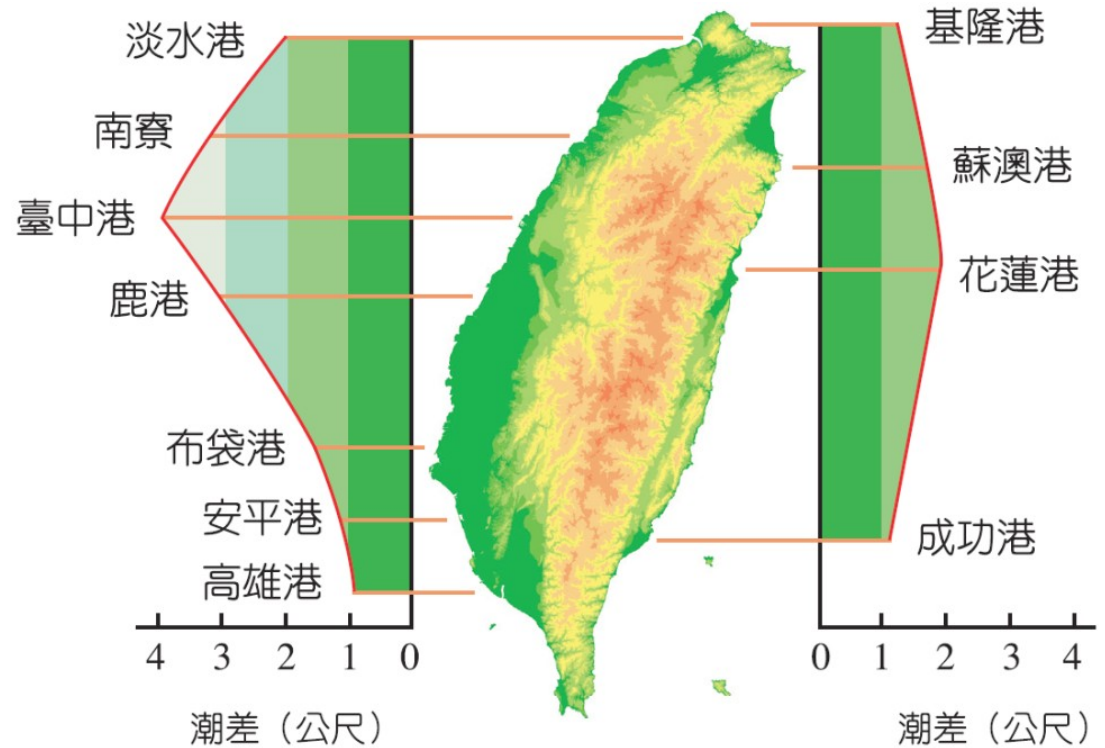


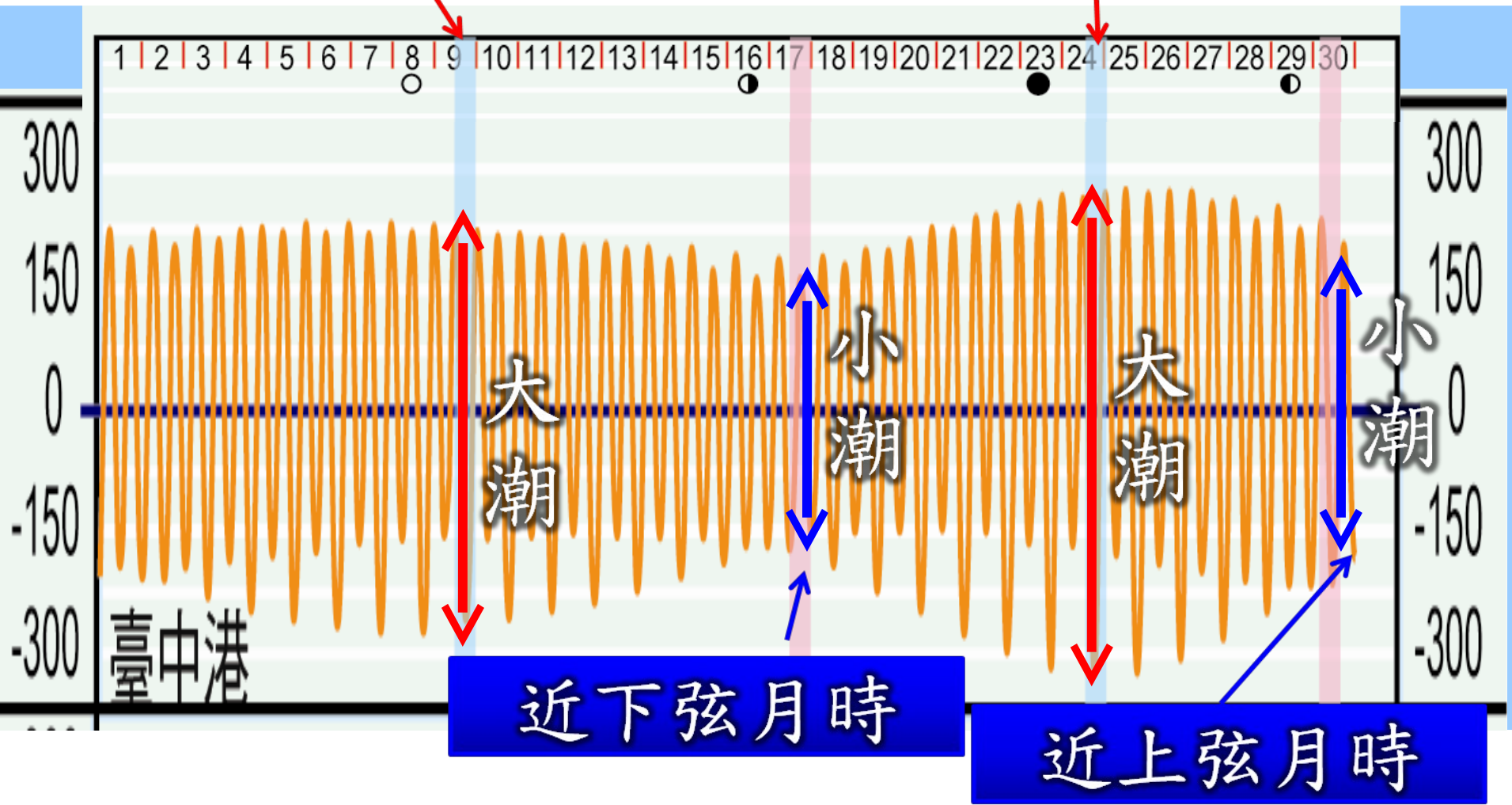
圖 5-26

臺灣各地的潮差示意圖



近望月時

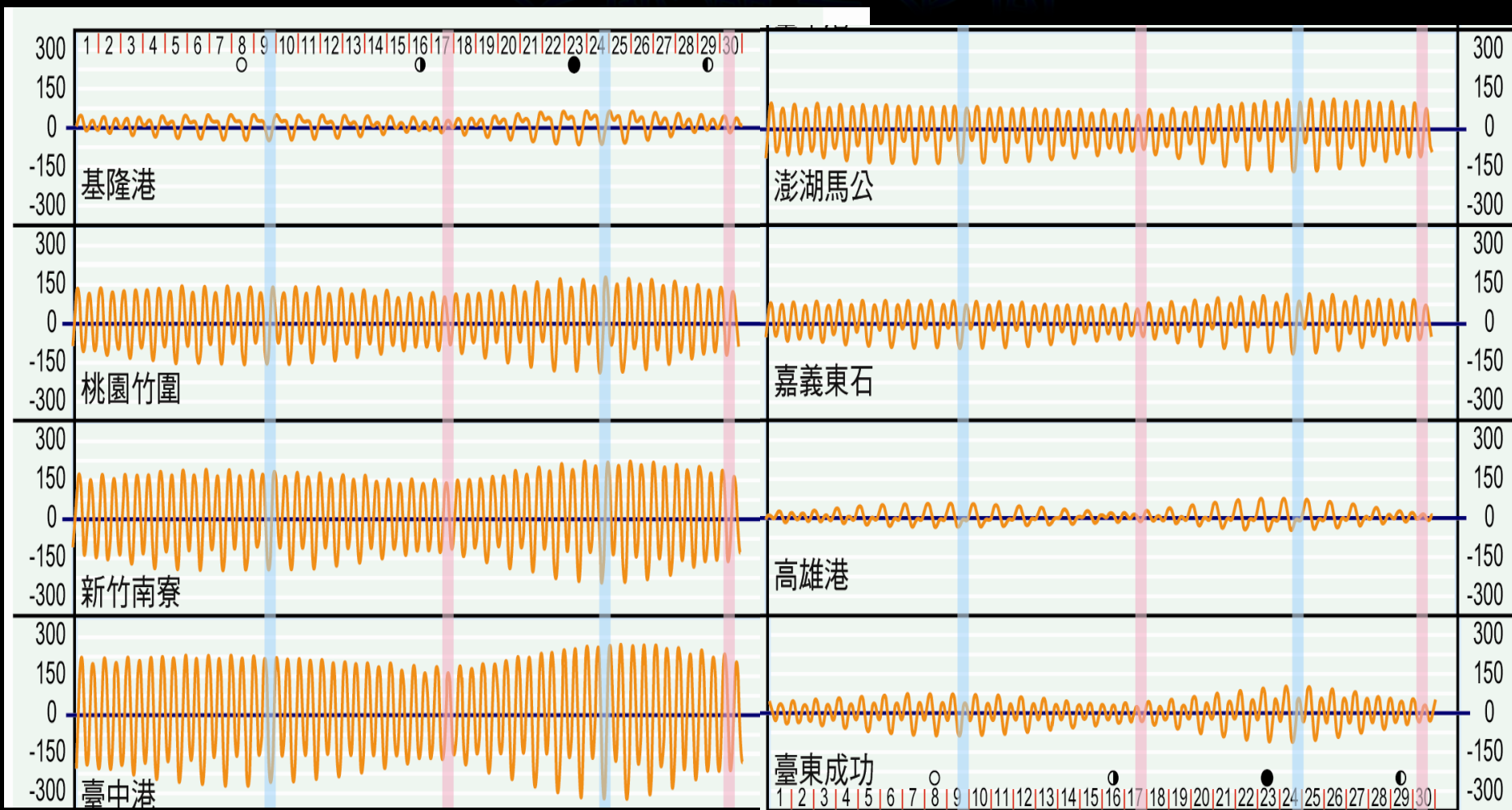
近朔月時



# 受海底海岸地形影響 各地潮差不同



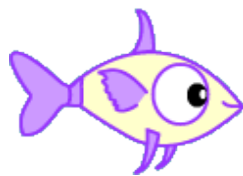
補充



## 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





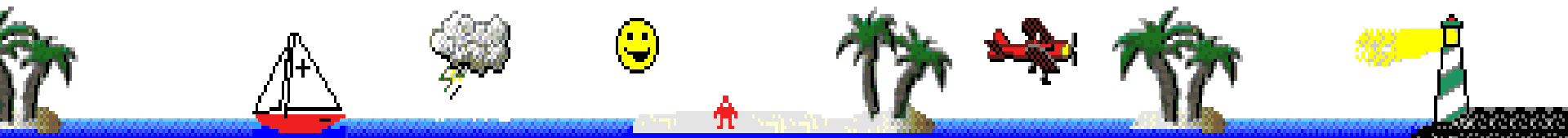
## 活動與觀察

### 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。

