

天文教材的運用方法

何耀坤

臺南市私立光華女中

現代人類能航行宇宙空間，利用宇宙能量，開發自然並探索知識和應用技術。世界各國爲了順應宇宙開發的時代，革新並全力推動科學教育。天文教學的重要性及提倡是現代科學教育的新趨勢，天文知識的推廣對社會教育又有意義。現在一般書店有關天體宇宙的圖書氾濫，男女老幼都有興趣閱讀天文書刊。最近中小學生遇到有關天文知識時，往往搶先老師自作聰明多餘發言，甚至擾亂教學。遇到這種情形時教師應穩站自己腳步，因爲學生缺乏邏輯思考和數理上了解，只是從書上認識天體名稱和若干現象而已，我們應以科學教育立場指導學生的科學方法和科學概念。本文著重這點，談論根據天文教學目標應如何處理天文教材，指導學生有天文知識基礎，訓練實際觀測天體的方法，數理計算，了解天體的能量關係。

一、天文教材和科學方法

天文教學的目的在廣義上，使學生認識自然。因此只了解天文知識和理論而沒有實際觀測，無法切實認識自然，要有實際體驗的知識才能應用而有意義。認識大自然的第一步是天體觀測，必需有基本知識，準備器材，更要有觀測熱忱，充實作業並詳細記錄，這些工作原是天文學家的日常活動模式。將觀測結果以科學方法處理，有時會有新發現。這些過程包括預測、推理、測定、檢證、計算、說明、整理、發表、展示等，這過程中器具的設計、教具的活用有大的價值。

我國中學自然學科課程中設有天文教材，自從民國七十三學年度的高中地球科學，從民國七十五學年度的國中地球科學開始。在我國大學中雖然沒有設置天文學系，但在

物理學系，地理學系和地球科學系的課程有天文相關科目。數年前政府開放望遠鏡進口以後，各級學校學生社團設立天文社，購置天體望遠鏡，白天觀測太陽黑子，晚上看月球表面，火星、木星和土星。天文學有時需要複雜的推理和數學計算，這作業對一般學生有困難，認識天文的初步是觀月或認識星座。天文觀測是以位置、角度、方向、光度、溫度、時間等物理單位測定，這樣才能真正對天體的科學認識。觀測結果產生誤差，因為技術或儀器引起的誤差之外如氣象也有影響，其中儀器不良誤差更大。

(國中地球科學——月球的觀測)

(1) 觀測條件的統一

① 每天下午七時從同一地點看月球的位置(方向)，並寫生月球形狀。② 記錄月球每一小時的位置。

(2) 提示月球資料

① 給學生看月形照片。② 月形一週期有幾天？③ 給學生在家庭連續觀測月球，並寫生月球形狀。

(3) 命題

右圖從地球上的P點看月亮形狀如M之形狀，是A、B、C、D的那位置？

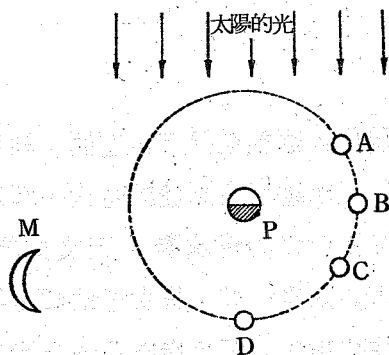


圖1 月形的動態

二、天文教材的處理方法

(1) 太陽

太陽放射光和熱，在高中地球科學教材應以宇宙空間的太陽形成，提示高能量概念。對天體的物理性探究，應使學生了解太陽→地球→人類的關係。

(2) 月球

① 太陽和月球那個看得比較大？怎樣知太陽比較大？② 地球的潮汐和月球有什麼關係？③ 什麼時候可看到盈月？④ 如果沒有月球我們生活有何不方便？⑤ 月世界有無時間？

(3) 星座

現在天文學用的星座是根據西洋天文知識制定的，如果用中國式的星宿，和歷史社會和政治有關，也許比較會引起一般學生的興趣。尤其北斗七星是東方天文學中有特色

的。如表 1 是古代我國的四神、聖獸的星宿和四方位。表 2 是二十八宿，是周代初期創設，從右向左排，按照南中順序。

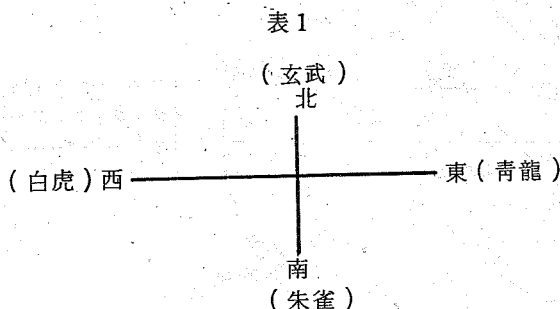


表 2 二十八宿

(南宮) (朱雀)	(西宮) (白虎)	(北宮) (玄武)	(東宮) (青龍)	四方宿
軫翼張星柳鬼井	參觜畢昂胃婁奎	壁室危虛女牛斗	箕尾心房氐亢角	八宿二十
烏鴉座 巨爵座 巨蛇座 巨蛇座 巨蟹座 雙子星座	獵戶座 獵戶座 金牛座 金牛座 金牛座 仙女座	飛馬座 飛馬座 寶瓶座 寶瓶座 山羊座 人馬座	人馬座 天蠍座 天蠍座 天秤座 室女座 室女座	距星(主星)
γ α ν α δ θ μ	δ λ ϵ η 35 β η	γ α α β ϵ β φ	γ μ σ π α κ α	

(4) 天球

天空好比一個大的透明半球，從此可了解其座標和天體位置和動向。從平面，立體至球面（天球）的概念是球面天文學之基礎，若沒有這種數理體系無法實現宇宙飛行和人造衛星。

(5) 方位和高度

東西南北的方位（direction）分爲十六方位，方位角（azimuth）是以南點爲 0° ，將日周運動方向：南→西→北→東→南用 360° 表示，正確的南北點由天體觀測決定。地平線是以天頂爲極的大圓，以方位表示方向，如東南天空，正南天空。高度（altitude）是天體和地平線的夾角，所以地平線高度爲 0° ，地平線下用負數表示，天頂爲 90° 。飛機高度（height）是指和地面之距離。角度有空間要素，若盈月兩個並列之角直徑（稱視直徑）爲 1° 。

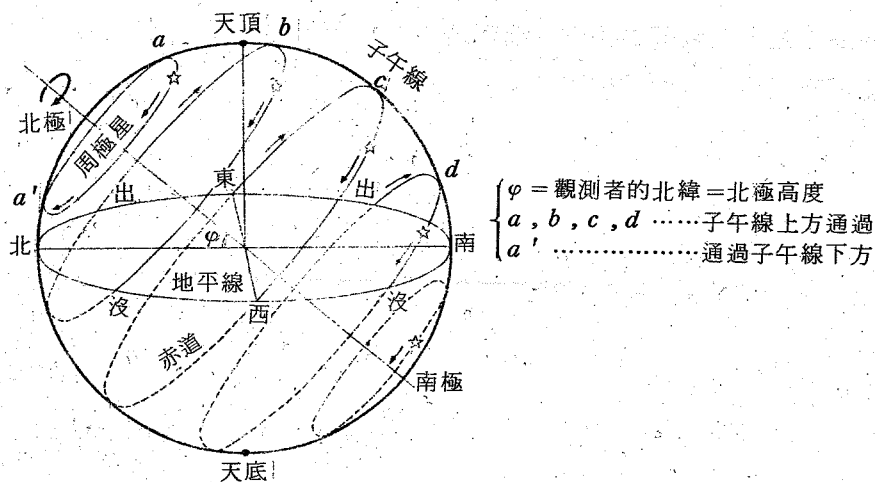


圖2 由於日周運動，星星的出沒。

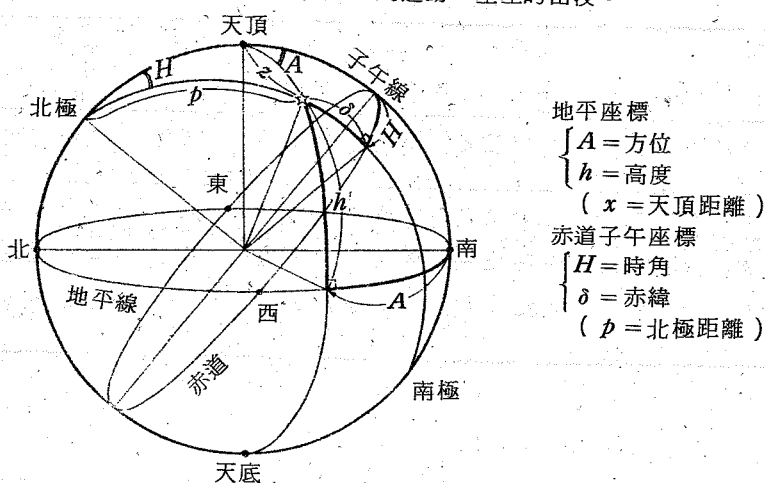


圖3 地平座標和赤道子午座標

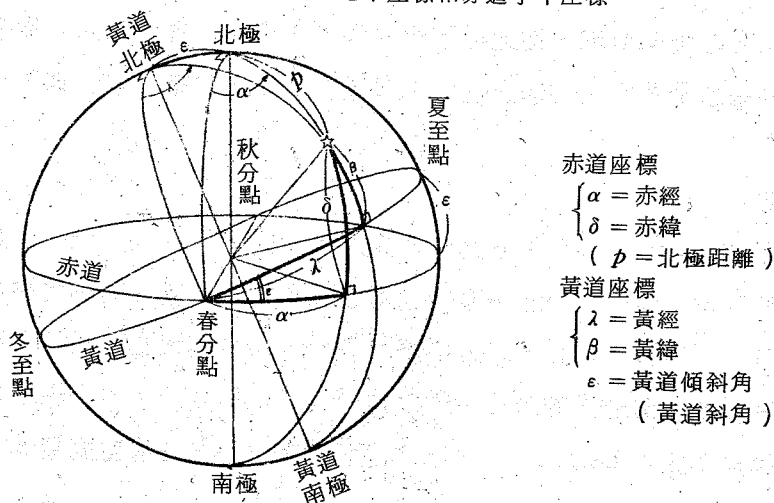


圖4 赤道座標和黃道座標

(6) 彗星和流星

彗星易引起一般人的好奇心，彗星的新發現易惹起觀測者的研究興趣。彗星能按照軌道要素運行，能計算，是高中數學的好教材。流星容易觀測，每年都有特定流星群，觀測機會多，若能詳細作觀測記錄更有天文教學意義。

(7) 日蝕和月蝕

日蝕和月蝕能計算求正確的分秒時間，其正確性大，稱天文預報。日月蝕以肉眼能看出的良好教材，可惜觀測機會不多。

(8) 銀河、星團和星雲

星團和星雲是看天體照片時最容易引起興趣的天體，但是許多人用天體望遠鏡看時覺得失望。相反地火星和木星在天文攝影時難得清晰的相片，但用眼視（看望遠鏡）的色彩和花紋顯得精細。因為攝影底片對微光星像有感光，但是人眼是瞬間的星像之連續。

(9) 天體望遠鏡

現在國中和高中普遍購置有天體望遠鏡，一般人認為倍率愈高愈高級，其實倍率不如聚光力之重要。肉眼的聚光力為一，倍率也是一，聚光力 100 的望遠鏡之倍率為 100。若提高倍率為 200 或 300 時，視野會變暗，分解力低。天體觀測和大氣條件，如氣流和空氣透明度等有密切關係，所以要熟練更要耐心。小學和國中學生用折射式望遠鏡較方便，高中學生用反射式望遠鏡效果較好。

(10) 星圖

各天文台印有全天星圖發售，但是指導教師另要自製部分星圖給學生參考。

三、計算天體運動周期（可用於高中天文教材）

月球、水星、金星、火星、木星和土星等行星和地球距離較近，外表的動向明顯，易觀察其變化。設地球的公轉周期為 E 日，行星的會合周期為 S 日，行星公轉周期為 P 日，那麼其會合周期和公轉周期可成立下式。

$$\frac{1}{E} \pm \frac{1}{S} = \frac{1}{P} \quad \left(\begin{array}{l} + \text{爲內行星和月球} \\ - \text{爲外行星} \end{array} \right)$$

按照行星和月球的恆數表可計算其公轉周期，此教材目的爲了檢證此公式可成立的實際性。

(1) 月球的公轉周期

月球的盈缺形狀變化每天可看得清楚，自上弦至下次上弦平均為 29.5 日，那麼月球的公轉周期可求如下。

$$\frac{365 \text{ (日)}}{29.5 \text{ (日)}} = 12.37 \text{ (次)} \cdots \cdots \text{(對太陽一年間月球變形的次數)}$$

月球和地球一齊繞太陽周圍，所以地球一公轉（一年）之間的月形一周次被省略，須加一次。

$$12.37 + 1 = 13.37 \text{ (次)} \cdots \cdots \text{(月對恆星的回轉數)}$$

這次數是在空間（恆星空間）的一年間的月球公轉，所以月球的公轉周期為

$$365 \text{ (日)} \div 13.37 = 27.2999 \div 27.3 \text{ (日)}$$

(2) 內行星（水星和金星）的公轉周期

水星和金星之運動較容易觀測時期，是該星在太陽的東邊或西邊相離位置最大時。該星在太陽東邊時出現於黃昏，在西邊時出現於拂曉。此時雖然容易看見，但是觀測應在白天測出水星和金星的南中時刻。器材使用據付型赤道儀望遠鏡，口徑 10 公分以上的聚光力。在最大離角時，水星（光度 - 1 等）和金星（光度 - 4 等）容易找出。觀測時間要看年表，求出太陽和兩星之赤經之差，西方離角在上午，東方離角在下午，知兩星之赤緯可求如下式：（ $90^\circ - \text{觀測者的緯度}$ ） $\pm$ 星之赤緯 = 上中天高度，可準備望遠鏡等候星之通過並記錄時間。太陽的南中時刻用計算求出，將星之上中天時刻之差換算為角度，用數次觀測值求最大離角的日期，供計算資料，兩星在此時期都呈新月型。

（計算法）設兩星及地球都畫圓形軌道，而地球每天以 1° 移動。

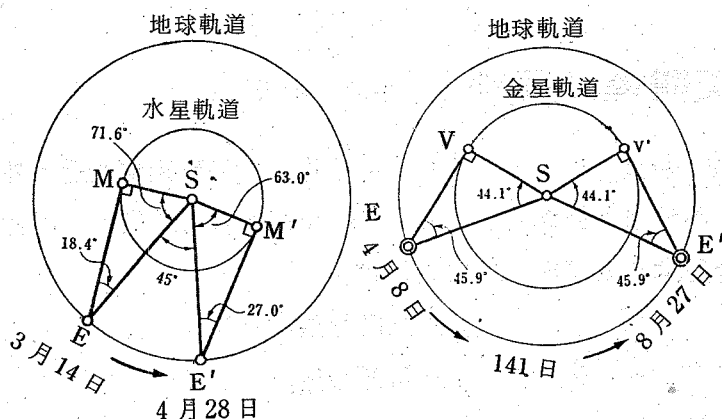


圖 5 水星的最大離角和金星的最大離角。
S 為太陽，E 和 E' 是地球，最大離角在軌道的切線方向，兩星在切點位置。

(水星)

(東方最大離角) (西方最大離角)

<1972 年的位置>

(M 之位置) (M' 之位置)

(a) 3月14日(18.4°) 4月28日(27.0°)

(b) 7月11日(26.4°) 8月26日(18.3°)

(c) 11月5日(23.4°) 12月14日(21.3°)

(水星的公轉周期 = 87.987 日)

(計算)

(a)時

3月14日~4月28日

日數.....45日

設地球在45日間移動45°

3月14日 18.4°之餘角.....71.6°

4月28日 27.0°之餘角.....63.0°

 $45^\circ + 71.6^\circ + 63.0^\circ = 179.6^\circ$ $45(\text{日}) \times \frac{360}{179.6} = 90(\text{日})$

(b)時.....91日

(c)時.....81日

(a), (b)和(c)之平均.....87.3日

(3) 火星的公轉周期

火星每兩年兩個月一次和地球接近，光度-2等，在星座間有顯著運行。下列是以火星「衝日」之日期為資料，求算其公轉周期。

<火星之衝日之日>

1967年4月15日

(間隔)

(1968年閏年)

1969年6月1日

778日(a)

(金星)

(東方最大離角) (西方最大離角)

<1972 年的位置>

(V 之位置) (V' 之位置)

4月8日(45.9°) 8月27日(45.9°)

(金星之公轉周期 = 224.697 日)

(計算)

4月8日~8月27日

日數.....141日

設地球在141日間移動141°

4月8日 45.9°之餘角.....44.1°

8月27日 45.9°之餘角.....44.1°

 $141^\circ + 44.1^\circ + 44.1^\circ = 229.2^\circ$ $141(\text{日}) \times \frac{360}{229.2} = 221.5(\text{日})$

(註) : 地球移動速度在七月初(遠日點)

時，每日約57'。在4月至8月

時，實際在141日間移動138°

，此時金星公轉周期 = 224.4日

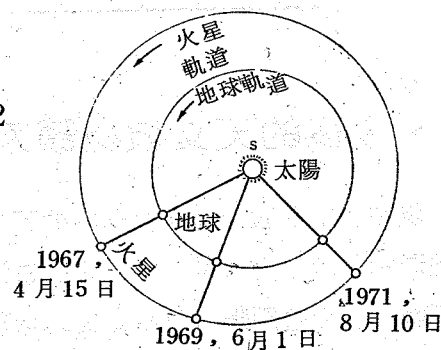


圖6 火星之衝日

1971 年 8 月 10 日 } 800 日(b)

(火星的公轉周期 = 686.984 日)

(計算) 設火星和地球都以同心圓為軌道，而地球每日移動 1° 。

(a)時

地球繞二周 (720°) 又 48° (4 月 15 日 ~ 6 月 1 日間共 48 日) 合計 768° ，共約 778 日，此期間火星繞一周 (360°) 又 48° ，合計 408° 。

$$\therefore 778(\text{日}) \times \frac{360}{408} = 686.47(\text{日})$$

(b)時

地球繞二周 (720°) 又 70° (6 月 1 日 ~ 8 月 10 日間共 70 日) 合計 790° ，共約 800 日，此期間火星繞一周 (360°) 又 70° ，合計 430° 。

$$\therefore 800(\text{日}) \times \frac{360}{430} = 669.77(\text{日})$$

(4) 木星和土星的公轉周期

木星和土星距地球較遠，視運動和變化量小，觀測困難。所以從年表用「衝日」和「合」的資料，確認會合周期的公式能成立。

表 3 木星和土星的衝和合

	木 星		土 星	
	衝	合	衝	合
1970 年	4 月 22 日	11 月 9 日	11 月 12 日	5 月 3 日
1971 年	5 月 23 日	12 月 10 日	11 月 26 日	5 月 17 日
1972 年	6 月 25 日	—	12 月 9 日	5 月 31 日
1973 年	7 月 30 日	1 月 11 日	12 月 22 日	6 月 14 日
會合周期	398.9 日		378.1 日	
公轉周期	4330 日		10719 日	

四、今後的天文教材體系

現在高中及國中地球科學中的天文教材體系是按照過去的天文學體系：地球和天球 → 地球和月球 → 行星系 → 太陽系 → 銀河系 (恆星) → 星雲、宇宙……，從空間距離較近的天體發展為遠距離，可說是從地球環境發展為自然觀和宇宙觀的一大系統。這種教材的理解上需要邏輯思考和數理計算，所以編成一般教材時對學生的理解上有困難，又缺乏普及性，所以在 1950 年代各國科學教育界中有人主張刪除。但是到 1960 年代歐美

各國提倡中小學科學教育的革新，配合太空科學的進步，後來登陸月球成功，又送太空船至火星和金星後各國開始重視天文教育。現在不但使用光波探索天體，又發現天體的電波發生源。從此後在原子物理學上的宇宙物理學實驗和電磁波的宇宙實驗，天體成為重要對象。尤其是太陽的能量對地球和人類是最重要課題，所以今後天文教材的重點應在天體的變化現象，周期現象和能量現象。

(1) 天體的變化現象

將天文現象當做動的天體，如動的星空，地球的自轉和公轉，太陽、月球和行星位置移動。天體運動可分類如下：①一點的運動……兩極的迴轉，北極星。②本體的運動……自轉、迴轉。③直線運動……流星飛跡，赤道的一部分。④軌道上的運動……公轉，橢圓運動、圓運動。⑤歲差的運動……迴轉軸的搖動。⑥其他……秤動、章動、攝動、潮汐等。

我們將這些教材按小學、國中及高中程度適用時，特別考慮天文用語的使用，精度要求；角度、距離和時間的單位的使用。也要有速度、加速度和周期的力學知識，地上座標，球面座標的數量處理方法。自然現象中尤其天體運動是最明確的，所以可用簡單的天體位置計算作預報特有其意義。

(2) 天體的周期現象

天體相關的周期現象有下列：①秒單位的……宇宙線。②日單位的……太陽的出入，晝夜、地球和火星的自轉，周日運動、中天、變光星、星座、潮汐。③月單位的……月球的盈缺、月的秤動、月的自轉和公轉、太陽自轉。④年單位的……地球公轉、四季、晝夜長短、太陽過中天高度、均時差、星座、流星群、恆星的光行差。⑤十年單位的……太陽的黑子活動，行星的公轉，彗星、日月蝕。⑥億年單位的……銀河系的自轉、星團、星雲的年齡。⑦一百億年單位的……太陽和恆星之演化及宇宙。

在這些有長短的各周期現象之中，在一般教材所處理的在年月日之範圍，選出易觀察又能得確實結果的。年單位現象可作長期觀測，十年單位的不易繼續觀測，但是可用於計算、統計和調查，對周期探究是好教材。

(3) 天體的能量現象

宇宙空間充滿著能量，能量有各種不同形態，分布非均一。如太陽和恆星能發光，如螢移動於宇宙間，有的天體發出電波，如小鳥叫。現在天文學能從宇宙邊端可獲得未知天體的電波。太陽對地球而言，是唯一巨大能源。地球的熱收支，對水循環，和大氣現象，生物生活，無生物都有密切影響，尤其對人類是最重要存在。地球內部的能量起源

於太陽能量，是長期儲蓄下來的。例如一顆大樹是因為光合作用，太陽能量貯藏的，由太陽的周期性活動而放射能量，顯現於樹木的生長和其年輪（圖7），人類生活也受太陽活動周期的影響。

參考書籍

1. Nathan S. Washton (City Univ. of New York): Teaching Science Creatively, 1967. W.B. Saunders Co.
2. PHYSICS, Nuffield Physics, Questions book V, 1967, Nuffield Foundation.
3. Arther N. Strahler, The Earth Science, 1966 John Weatherhill Inc.
4. 天文教具：高城武夫，（恆星社）
5. 天文と宇宙：荒木俊馬，（恆星社）
6. 新天文學講座，1967年，（恆星社）

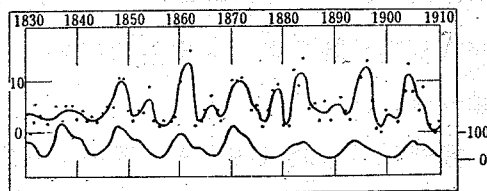
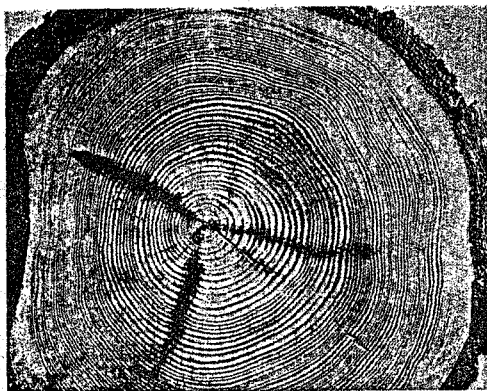


圖7 樹木和太陽黑子的周期之關係。上圖是松年輪，在太陽黑子活動時期成長較大。下圖的上面曲線是歐洲樹木年輪平均生長，下面曲線是黑子相對數。黑子活動十一年周期和降雨量平行，和年輪成長也平行，（據A.E.Dagrus 調查）。