

動手找出水星運動的軌跡

成功高中 陳源上

[\[回教學研究選單\]](#)

一、前言

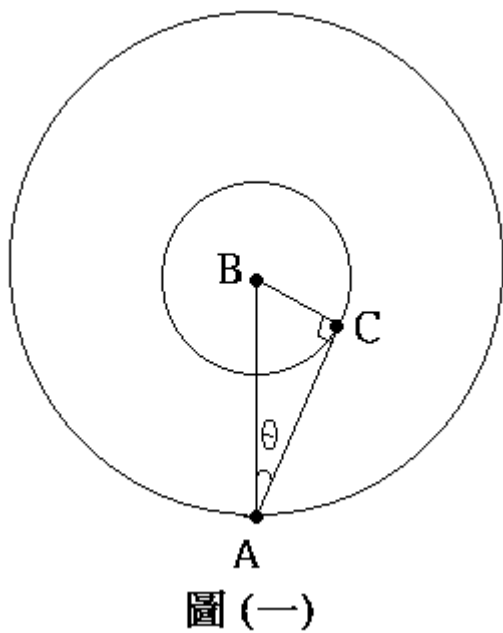
刻卜勒行星三大定律是天文學上一個十分重要的定律，其內容看起來簡單易懂，其實仍有許多同學無法體會實際上行星運動的情形；本人曾經設計一個簡易的活動印證刻卜勒第三運動定律，供學生課餘當作是遊戲來自我學習，結果學生大多反應良好，因此提出來給學生及教師們做參考。

刻卜勒行星三大定律

- (I) 行星的公轉軌道是個橢圓形，而太陽在橢圓的一個焦點上。
- (II) 行星在公轉軌道上運動的速度，在等時間內徑向掃過的面積相同。
- (III) 行星公轉週期的平方與它們相對太陽的平均距離的立方成正比。

二、背景知識

1. 已知太陽系九大行星中，除了冥王星外，其餘各行星幾乎在同一平面且以同一方向繞日公轉。
2. 依其它行星相對於地球公轉軌道的位置，可將行星分為兩大類：
 - (1) 在地球軌道之內，繞著太陽運行的行星，稱之為內行星。
 - (2) 在地球軌道之外，繞著太陽運行的行星，稱之為外行星。



我們選定的水星是一個內行星，此活動只適用於內行星，即水星與金星；外行星則需用別的方法印証。

三、找出水星繞日公轉半徑

1. 由於水星是一顆內行星，在地球上觀測水星與太陽之間的夾角皆不大，因此想看到水星必須在黃昏或清晨。
2. 如圖一所示，在地球上觀測水星與太陽的夾角最大的時刻，應是水星在其軌道上運行到圖中 C 點時（圖中 A 點代表地球、B 點代表太陽、C 點代表水星），此時水星與地球的連線 AC 恰好是水星運行軌道的切線，而地球、太陽及水星成一直角三角形的關係。
3. 因圖中 ABC 直角三角形的關係，故水星與太陽的距離(BC)，可由下列公式求得

$$BC=AB*\text{SIN } \theta \text{ ----- (1)}$$
 已知地球與太陽的距離(AB)為 1 天文單位，公式即可簡化成

$$BC= \text{SIN } \theta \text{ 天文單位 ----- (2)}$$
4. 由水星與太陽夾角隨日期變化的關係曲線圖（圖四），找出水星與太陽夾角的最大值（即波峰的值），分別為 18 度、28 度、26 度、22 度、24 度、20 度。
5. 利用上述公式(2)及表(一)可算出水星與太陽的距離分別為：

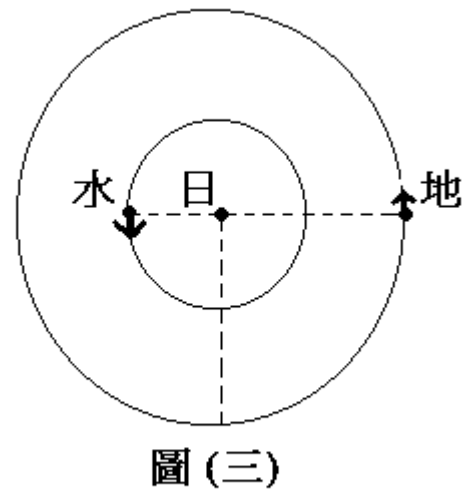
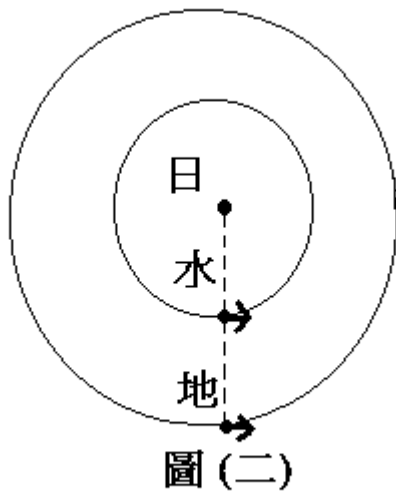
0.31 天文單位、0.47 天文單位、0.44 天文單位、
0.37 天文單位、0.41 天文單位、0.34 天文單位。

角度	18	20	22	24	26	28
SIN θ 值	0.31	0.34	0.37	0.41	0.44	0.47

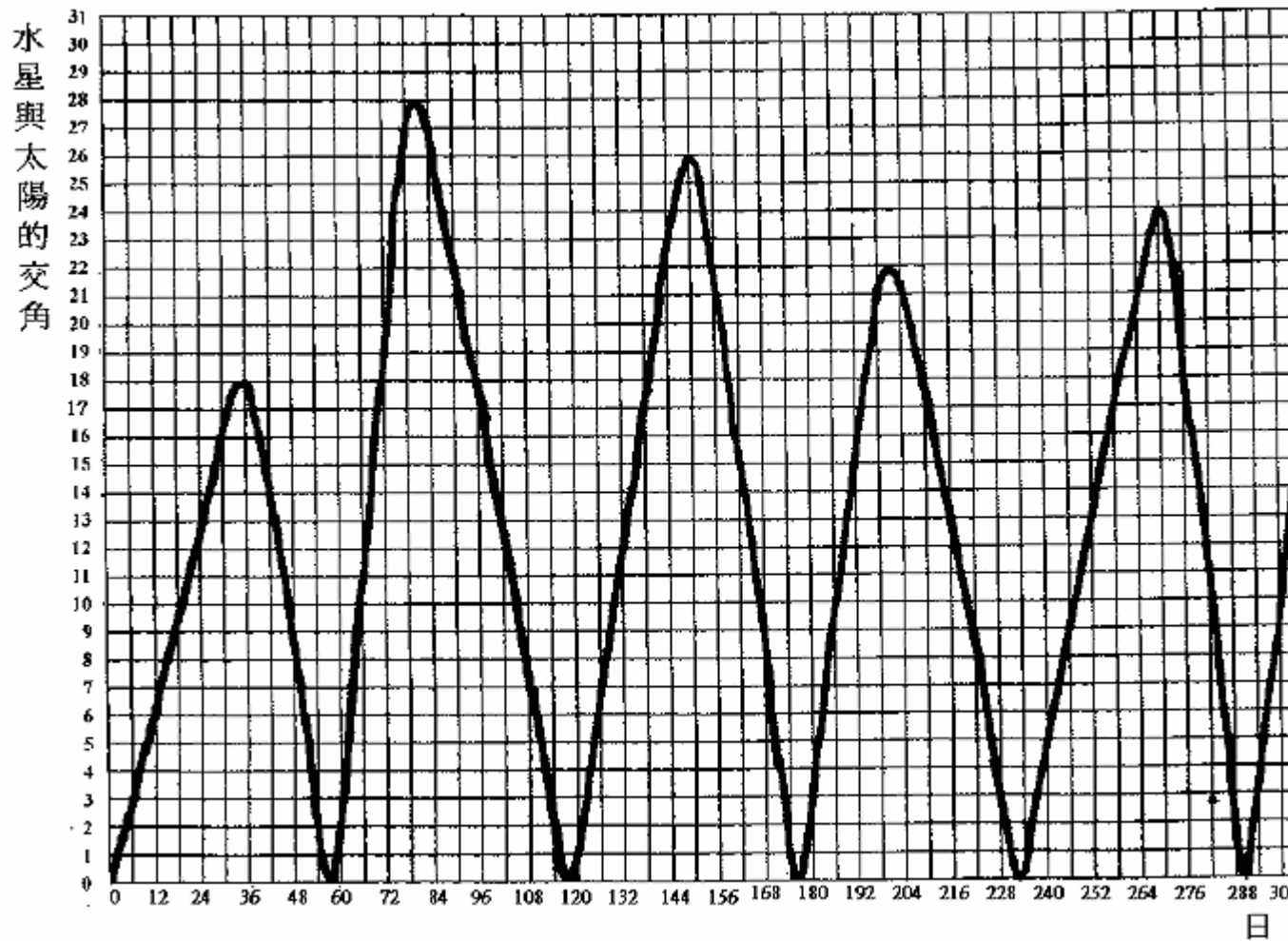
6. 因水星繞日運行是一個扁平率較大的橢圓形，因此水星與太陽的距離差異頗大。
7. 將水星與太陽的距離加以平均，即可求出水星繞日公轉的平均半徑為 0.39 天文單位。

四、找出水星繞日公轉週期

1. 水星與地球繞日公轉運動，宛如一場龜兔賽跑。開始起跑時，地球、水星、太陽成一直線（如圖二），此時在地球上觀測水星與太陽的夾角應是 0 度。
2. 水星與地球同一方向（逆時針）繞日公轉，且水星跑得比較快，經過一段時間後，水星比地球多跑了半圈（如圖三），此時在地球上觀測水星與太陽的夾角應該又變回 0 度。



3. 由水星與太陽夾角隨日期變化的關係曲線圖（圖四），找出連續兩次夾角 0 度間隔的時間（即是水星比地球多跑了半圈所需的時間），可看出約 58 天。
4. 將上述步驟所得的時間換算成地球繞日公轉 $58/365 (=0.159)$ 圈。則水星繞日公轉 $0.159+0.5 (=0.659)$ 圈。
5. 已知水星繞日公轉 0.659 圈為 58 天，則可推算出公轉一圈約須 88 天，即水星公轉週期為 88 天。



圖(四) 水星與太陽夾角隨日期變化的關係曲線圖

五、驗證刻卜勒第三運動定律

將所求得水星公轉半徑(R 水)與週期(T 水)，與地球資料比較，驗證是否符合刻卜勒第三運動定律。驗證公式如下：

$$\frac{T_{地}^2}{R_{地}^3} = \frac{T_{水}^2}{R_{水}^3} \text{----- (3)}$$

若已知 R 地=1 天文單位；T 地=365 天；R 水=0.39 天文單位，由公式可算出水星週期約為 88~89 天，得証之。

六、結語

我們知道第谷（Tycho Brahe，西元 1546~1601）是當代最偉大的天文觀測家，而刻卜勒（Johanes Kepler，西元 1571~1630）是同時代最偉大的理論家。當初刻卜勒根據第谷所遺留下來的資料研究行星的運動，最後發現了刻卜勒行星三大定律。最早的望遠鏡是在第谷死後十年才發明的，許多同學以為沒有好的儀器就無法做研究，事實不然，我們用簡單的儀器，簡易的方法也能得到有用的資訊，希望此活動能給同學一些啟示。

[\[回頁首\]](#)