

星星、月亮、太陽

高中組地球科學科第一名

嘉義縣基督教私立協同高級中學

作者：胡岱霖、黃昭智

曾昱龍、賴正軒

指導教師：翁啟訓、曾南榮

一、研究動機

在地球科學的課堂上，瞭解到利用對太陽運行之觀測及應用三角函數的關係，可求得日地之距離，因而選擇在夏至當天到水上鄉北回歸線標誌處做整天的太陽觀測實驗，加上平時之觀測，發現太陽在中天之時並非12時正，且北回歸線之地標的正北方亦偏差約 3° ，因而引起研究興趣。

二、研究目的

想確實測出北回歸線標誌處的真正北方之方法，供他日改建時之參考，並探討中天時間之變化以及月地之距離。

三、實驗器材

(一)燻黑之玻璃片、水平儀、指北針及自製簡平儀。

四、實驗步驟（中天時間之探討）

(一)架好自製簡平儀，先用水平儀調整使方位盤呈水平，再用指北

針修正方位，使方位之 0° 指向正北方， 90° 指向正東方， 180° 指向正南方， 270° 指向正西方。

(二)透過燻黑的玻璃片由簡平儀之觀測口觀測太陽。

(三)每隔30分鐘觀測一次，並正確記錄每次觀測太陽時太陽所在之仰角及方位和時間。

(四)正確觀測太陽在上午及下午等仰角時之方位及時間，求其平均值可推測出中天時間及正北方向。

(五)每隔10天左右重覆1~4之步驟實驗。

五、實驗結果

(一)夏至日由日出到日落對太陽之仰角方位角觀測值。

(觀測值 ± 30 秒)

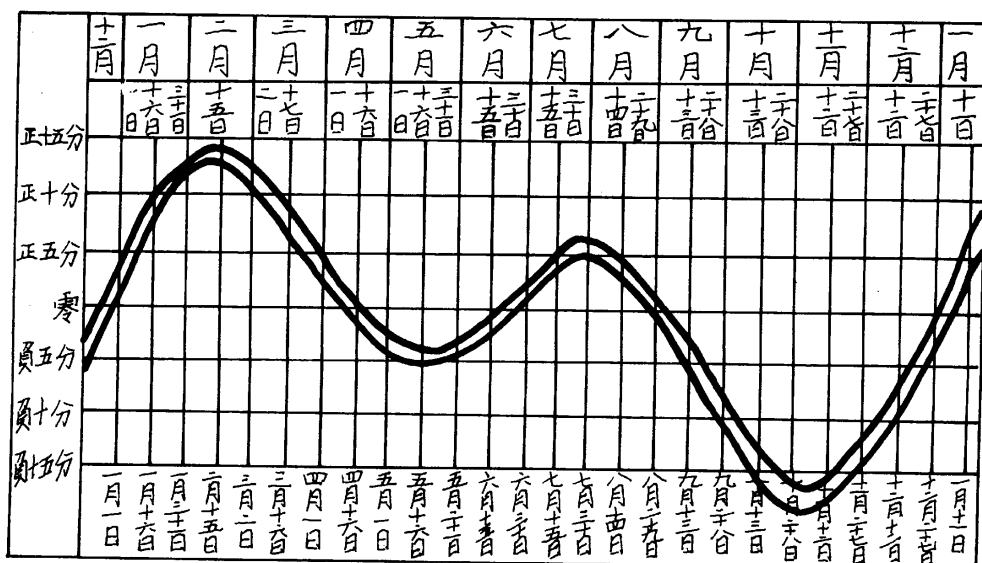
觀測時間	仰 角	方位角	觀測時間	仰 角	方位角	觀測時間	仰 角	方位角
5 : 49'	6.7°	62.5°	9 : 43'	58.6°	82.1°	14 : 02'	62.5°	277.3°
5 : 52'	7°	62.8°	9 : 59'	62°	83.1°	14 : 21'	58.5°	277.6°
5 : 58'	8.5°	63.6°	10 : 05'	64°	83.5°	14 : 39'	54.6°	277.9°
6 : 02'	9.5°	64°	10 : 16'	67.25°	83.5°	15 : 00'	49.3°	279.8°
6 : 19'	12.9°	65.5°	10 : 51'	74.4°	84.6°	15 : 20'	44.6°	281°
6 : 22'	13.7°	65.6°	11 : 01'	76.5°	84.6°	15 : 41'	40.5°	284.6°
6 : 58'	22°	69°	11 : 25'	81.9°	84.6°	16 : 00'	36°	286°
7 : 58'	34.8°	76.3°	11 : 40'	85.3°	84.7°	16 : 19'	31.6°	287.7°
8 : 24'	40.5°	78.1°	11 : 53'	88.2°	84.9°	16 : 39'	27°	289.5°
8 : 43'	44.5°	79.5°	11 : 56'	88.9°	84.9°	17 : 04'	21.5°	290.7°
9 : 00'	49.1°	80°	12 : 00'	90°	84.9°	17 : 22'	17.5°	290.5°
9 : 24'	54.1°	80.3°	12 : 37'	81.9°	275°	17 : 41'	13.7°	291.1°
9 : 28'	55.8°	81°	13 : 24'	71.5°	275.8°	17 : 55'	11°	
9 : 37'	57.5°	81°	13 : 38'	68.8°	276.7°			

觀測時間	仰 角	方 位 角	中 天 時 間	平均中天 時 間	正 北 方 位 角	平均正北 方 位 角
8 : 24'	40.5 °	78.1 °	12 : 2' : 30"	12 : 2'	+ 0.45 °	+ 0.18 °
15 : 41'	40.5 °	282.8 °				
8 : 43'	44.5 °	79.5 °	12 : 1' : 30"		+ 0.25 °	
15 : 20'	44.6 °	281 °				
9 : 43'	58.6 °	82.1 °	12 : 2' : 00"		- 0.15 °	
14 : 21'	58.5 °	277.6 °				

取仰角相同之三組實驗觀測值求出其中天時間及正北方位。
由觀測知北回歸線標誌之地標之北方在簡平儀方位盤之 -3°
位置。

(二)由77年6月21日至78年5月20日中天時間觀測值：

觀測日期	平均中天時間	觀測日期	平均中天時間
77、6、21	12:2':00"	77、12、4	11:48':37.8"
77、7、1	12:3':13"	77、12、21	11:56':40"
77、7、17	12:4':33.5"	78、1、8	12: 4':49"
77、8、4	12:4':35.3"	78、1、15	12: 8':22.8"
77、8、24	12:1':32.3"	78、1、24	12:11':32.7"
77、9、4	11:57':37.8"	78、2、4	12:12':14.7"
77、9、16	11:53':09.8"	78、2、10	12:12':52.3"
77、9、28	11:48':48.7"	78、2、12	12:12':46.3"
77、10、8	11:46':05"	78、2、24	12:12':11.7"
77、10、22	11:43':02.3"	78、3、8	12: 9':52.8"
77、11、1	11:41':53.3"	78、3、29	12: 3':35.8"
77、11、4	11:42':09.3"	78、4、20	11:57':48.3"
77、11、6	11:42':18.1"	78、5、8	11:55':26.5"
77、11、20	11:43':39.8"	78、5、20	11:54':42.5"
77、11、28	11:46':47.8"		



(三)輔助實驗：以影子來觀察中天時間

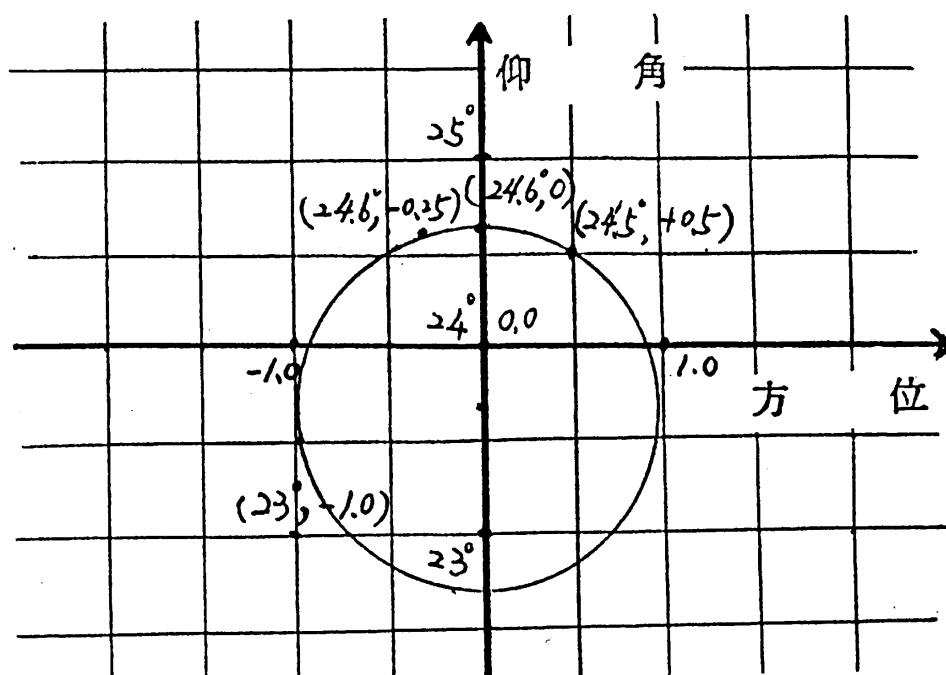
1. 選定一較易觀察影子之物體（如電線桿或旗桿）。
2. 根據中天時間之定義：太陽行至頭頂謂之，故此時物體之影子最短，且其影子指向正北方。
3. 藉此輔助觀測中天時間，更能求得方便之實驗數據。

(四)正方位之修正實驗：

利用夜晚以北極星之方位修正北回歸線標誌地標的正北方。

1. 由77年12月11日對北極星做12小時觀測得知觀測值為：

觀 測 時 間	仰 角	方 位
12月11日 12:55'	24.5 °	+0.5 °
12月11日 20:20'	24.6 °	0.0 °
12月11日 21:50'	24.6 °	-0.25 °
12月12日 05:35'	23.0 °	-1.0 °



2. 在77年11月28日天空晴朗的夜晚到水上鄉北回歸線標誌的地標上，利用自製簡平儀，以指北針先調好北方方位。
3. 測出地標之北方位於簡平儀方位盤之 -3° 位置。
4. 在晚上8:30由觀測口尋到北極星時，北極星正在 0° 之位置。
5. 由77年12月11日觀測圖可知在77年11月28日晚上8:30時北極星之位置在地球自轉軸之右方約 0.2 度，所以水上鄉北回歸線標誌處之磁偏角為 $+0.2$ 度。
6. 正確判斷地標之北方指向已偏離正北方約 -2.8 度。

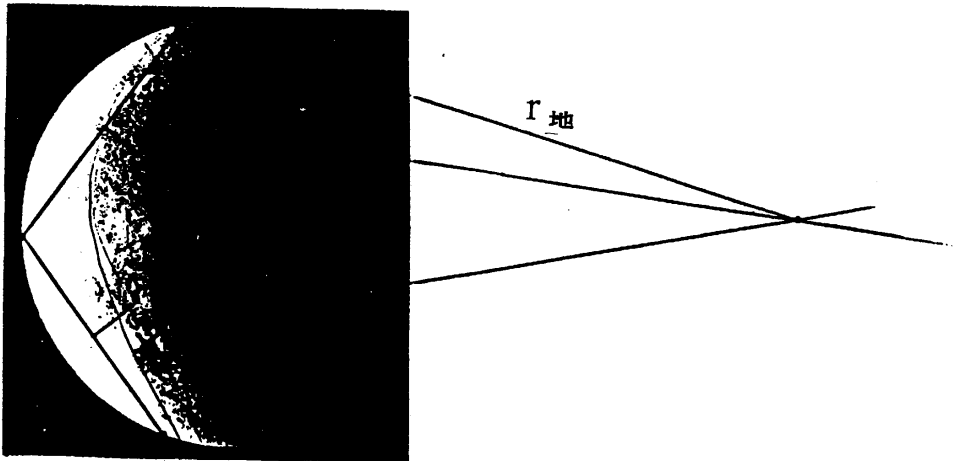
(五)月地距離之測量實驗：

1. 實驗步驟：

- (1)以自製簡平儀觀測滿月時月亮直徑之夾角 Q ，約為 0.5 度，換算為弧度為 8.72×10^{-3} 。
- (2)利用月蝕照片，由已知的地球直徑 6351km 乘以2可測知月球之直徑。
- (3)由 $S=RQ$ ，可求知月地距離。

2. 計算月地距離：

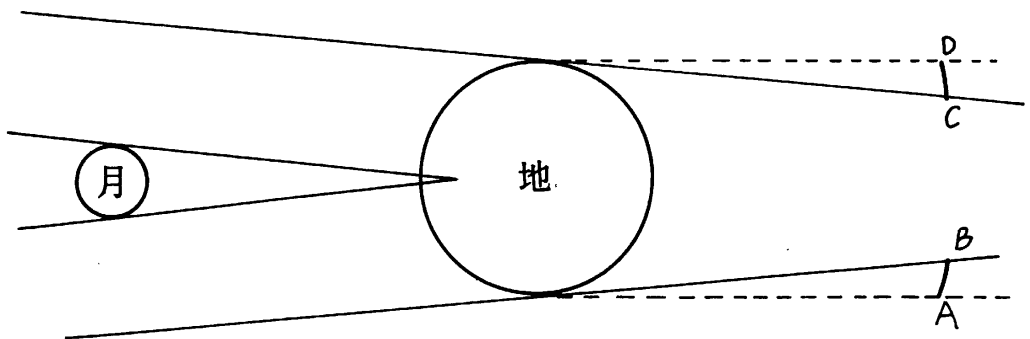
- (1) 由月蝕之照片以圓弧之任三點畫出兩條弦，再以兩弦之垂直平分線之交點為圓心，可得 $r_{\text{地}}$ 及 $r_{\text{月}}$ 。



(2) $r_{\text{地}} / r_{\text{月}} \approx 3$

- (3) 由日環蝕的現象可知地球在月球上之投影也縮小了大約月球半徑之大。

$\therefore r_{\text{地}} / r_{\text{月}} \approx 3 + 1 \approx 4$



太陽光近乎平行，可知 $\overline{AB} + \overline{CD} \approx$ 月球直徑。

(4) $\because$ 已知 $r_{\text{地}} = 6351\text{km}$ 得知 $r_{\text{月}} = 6351 / 4\text{km} = 1587.7\text{ km}$

$\therefore$ 知月球直徑 $\approx 3174.4\text{km}$

(5) 由 $S = RQ \rightarrow 3174.4 = r \times 8.72 \times 10^{-3}$

$\therefore R = 364037\text{km}$ (月、地距離)

六、討論

- (一)每日中天時間之不同的原因有二：
 - 1. 地球在其軌跡內角距運動不能一律。
 - 2. 真太陽在黃道運動，而平均太陽則於赤道平面內運動，黃道上之弧度不相當於赤道之弧度。
- (二)以自製簡平儀每天觀測太陽之相同仰角的時間平均為中天時間可能有約30秒之誤差。
- (三)盡量以日出及日落其仰角在20度之內時觀測其誤差較小。
- (四)實驗時，簡平儀每次皆放於同一位置，且觀測之前先以遠方之一特定固定目標修正。簡平儀之方位，以期長時間之觀測誤差最小。
- (五)利用北極星修正簡平儀之方位是最科學也最標準。
- (六)根據對北極星觀測實驗結果發現，北極星非固定不動，它繞著地球自轉軸以0.9度旋轉。
- (七)月蝕照片並不能直接求出月、地半徑比，尚須加以修正。

七、結論

- (一)北回歸線標誌地區之中天時間每天不同，其實驗觀測值與理論值比較時快100秒是因為北回歸線標誌位於北緯23度27分4.51秒，東經120度24分45秒，經度每差1度太陽之中天時間差4分鐘，理論值是以東經120度為準，所以北回歸線標誌處之中天時間快了約100秒。
- (二)北回歸線標誌之地標方位已偏了負2.8度，希望即將改建的北回歸線標誌及地標能修正之，期使這象徵地球科學重要的國際地理位置能標準化、國際化。
- (三)由實驗可測出月地距離約為 364037 km與平均值 384400 km誤差約為5.3%

註：月球近地距離 356500 km

遠地距離 406700 km

八、參考資料

(一)天文日曆。

(二)應用天文學 夏堅白著 (台灣商務出版)

評語

1. 利用自製的簡單工具及數學方法，求出一些天文上的數據，雖然沒有特別的創意，但是學生卻也能從實驗過程中得到一些經驗，知道利用，簡單的工具也可以得到還可以的結果。
2. 對資料的處理方式例如(二)圖中的資料點繪直綫時，應作得嚴謹些。
3. 若能對結果的可靠性稍加探討會更好（應假設不知真實的答案）。