

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

地球科學科

科別：地球科學科

組別：國小組

作品名稱：陽陽陽，大家一起來抓「陽」

關鍵詞：太陽高度角、太陽方位角

編號：080509

學校名稱：

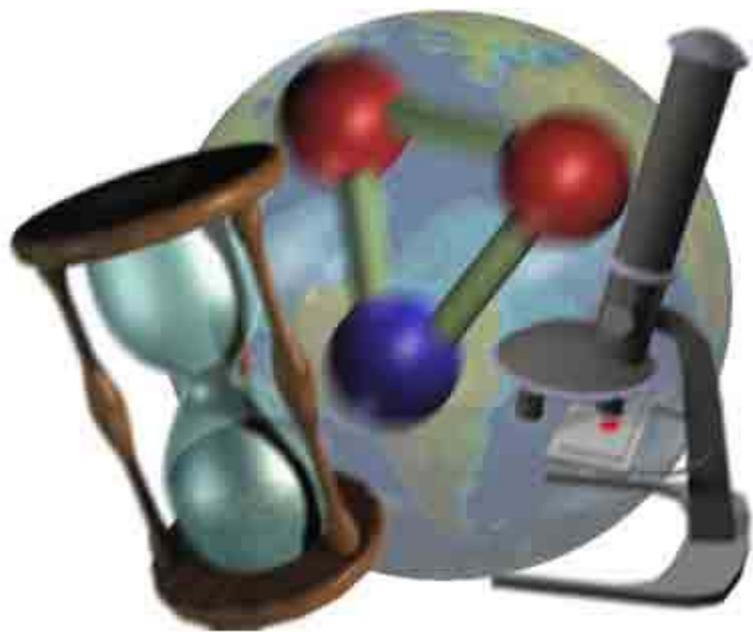
台中市南屯區大新國民小學

作者姓名：

劉孜韻、劉孜勤、林易署、林其宏、江尙叡、籃傑

指導老師：

童進昌、梁琬菁



摘要

五年級上學期的自然課，老師曾經教我們如何觀測太陽的高度角，後來在看到百科全書上對太陽高度角的介紹之後，才知道原來這其中還藏有許多的奧妙之處，在和老師討論之後，開始了我們一連串的抓「陽」行動。經過實作比較之後，我們以立竿見影法中的太陽位置觀測板作為測量太陽高度角和方位角的工具。從民國 91 年 12 月至 92 年 7 月止，配合學校作息時間，每天共做五次的觀測紀錄。然後將紀錄所得的資料，輸入電腦，以 Excel 試算軟體，做出圖表，作為討論及分析、比較的依據。從其中我們發現：

- 一、以立竿見影法測量的太陽高度角或方位角不同的原因有黏土在太陽下易軟化，牙籤會不穩，且黏土乾時，容易脫落、牙籤未垂直插入黏土中等。
- 二、測量太陽高度角或方位角的方法大致上可分為目測法、窺管原理觀測法、立竿見影測量法等三種。
- 三、同一個地點，不同時間，太陽的高度角或方位角會隨時間而有規律的改變。
- 四、同一個地點，太陽的高度角會因日出日落時間的不同而有所改變。
- 五、同一個時間，太陽的高度角會因太陽直射點或緯度的不同而有所改變。
- 六、影響太陽高度角改變的原因有地球自轉、地球公轉、地軸傾斜的角度、地軸傾斜的方向等。

壹、研究動機

有一天，我們在一本百科全書上面看到了一些有關太陽高度角的資料，比課本上所學的更為深入，讓我們覺得十分好奇，但是內容裡有一些讓我們感到不太了解的地方，所以我們去請教老師，想得到心中感到疑問的解答。老師跟我們談得十分融洽，也十分欣賞我們的研究精神，所以建議我們從五年級自然課裡所曾經學過的「太陽的位置」的單元著手，去做更深入的研究，而這也開始了我們一連串抓「陽」的行動。

貳、研究目的

- 一、探討同學測量的太陽高度角和方位角不同的可能原因。
- 二、探究測量太陽高度角和方位角的方法有那些。
- 三、探討同一個地點，不同時間，太陽高度角和方位角的變化情形。
- 四、探討同一個地點，太陽高度角和日出日落時間的關係。
- 五、探討同一個時間，不同地方，太陽高度角的變化情形。
- 六、探討影響太陽高度角的因素有那些。

參、研究問題

- 一、同學測量的太陽高度角或方位角不同的可能原因有哪些？
- 二、測量太陽高度角或方位角的方法有那些？

- 三、同一個地點，不同時間，太陽的高度角或方位角會有什麼樣的變化？
- 四、同一個地點，太陽的高度角會因不同的日出日落時間，而有什麼樣的變化？
- 五、同一個時間，不同地方，太陽的高度角會有什麼樣的變化？
- 六、影響太陽高度角改變的原因有那些？

肆、研究器材

牙籤、黏土、指南針、投影機、大頭針、泡棉膠、地球儀、珍珠板、投影筆、半天球模型觀測器、仰角尺標、量角器、仰角量角器、自製吸管窺天觀測器、太陽位置測量儀、吸管、太陽位置觀測板、棉線、方位盤。

伍、研究方法

一、同學測量的太陽高度角或方位角不同的可能原因有哪些？

方法：依教科書上測量太陽位置的方法實際操作，操作步驟如下：

1. 將一小塊黏土放在方位盤的中央，再將牙籤垂直插在黏土上面。
2. 以指南針測出實際方位，調整方位盤的方位和它一致，使指南針南北的方位和方位盤的方向相對齊。
3. 用筆點出牙籤影尖的地方，並記錄上時間。
4. 測量出牙籤的長度、影長的長度以及太陽所在的方位角。
5. 畫出直角三角形，找出太陽高度角。

結果：經由討論的結果，我們認為之所以造成每個人所測量的太陽高度角或方位角不同的原因，我們發現可能如下：

1. 黏土在太陽下易軟化，牙籤會不穩，且黏土乾時，容易脫落。
2. 牙籤未垂直插入黏土中。
3. 三角作圖時未形成一個直角三角形。
4. 方位盤放置的方位和指南針南北方位不同。
5. 影長不是從方位盤的中心點開始量起。
6. 直接把牙籤露出黏土的部分當成竿長。

二、能否尋找一個比較適合我們用來作觀測太陽的位置的儀器或方法呢？

方法：1.到圖書館、科博館或上網尋找有關觀測太陽位置的儀器或方法的資料。
2.將蒐集到的方法實際操作，討論並歸納出它們之間的優缺點。

結果：從實作當中，我們發現用來作觀測太陽的位置的儀器或方法大致上可以歸納出以下三種類型：

1. 目測法：以肉眼直接觀察太陽的高度再估算太陽的高度角。
2. 窺管原理觀測法：調整太陽觀測器上的窺管，讓太陽光通過中空的管子從另一端射

出，再量出窺管傾斜的角度，就是太陽高度角。

3. 立竿見影測量法：利用竿影測量法，量出影子和竿子的長度，並以竿子長當高、影子長當底，畫出直角三角形再以量角器量出太陽高度角。

其優缺點經討論整理後，如下表一：

表一 觀測太陽位置的儀器或方法之優缺點分析表

類型	方法	優點	缺點
目測法	拳頭測量（如圖一）	1.方便。	1.易傷害眼睛，不建議使用。 2.方位不易測得。 3.因人而異，誤差較大。
窺管原理觀測法	1.太陽位置測量儀（如圖二）	1.測量結果精確。 2.可直接讀出高度角的度數。	1.儀器不易攜帶。 2.儀器不易取得。 3.操作步驟繁瑣。
	2.仰角量角器（如圖三）	1.攜帶方便。 2.操作步驟簡單。 3.可直接讀出高度角的度數。	1.易傷害眼睛，不建議使用。 2.方位不易測得。 3.誤差較大。
	3.吸管窺天觀測器（如圖四）	1.攜帶方便。 2.製作材料取得方便。 3.可直接讀出高度角的度數。	1.吸管易脫落。 2.不易操作，誤差大。 3.儀器製作過程麻煩。
立竿見影測量法	1.太陽位置觀測板（如圖五）	1.可清楚知道太陽運行軌跡。 2.可直接讀出高度角的度數。	1.儀器不易取得。 2.不易攜帶。 3.估算時易有誤差。 4.太大或太小的高度角不易測得。
	2.人影直接測量法（如圖六）	1.隨時可操作。 2.可直接讀出高度角的度數。	1.需較多人手幫忙。 2.誤差較大。
	3.簡易竿影觀測器（如圖七）	1.容易操作。 2.材料取得容易。 3.可知道太陽的方位。	1.竿子不穩，容易歪動。 2.要多畫一次直角三角形，除了費事外，也可能因畫得不準確而錯誤。
	4.半天球模型觀測器（如圖八）	1.能看出太陽的運行軌跡。 2.可直接讀出高度角的度數。 3.可知道太陽的方位。	1.儀器不易取得。 2.不易攜帶。



圖一



圖二



圖三



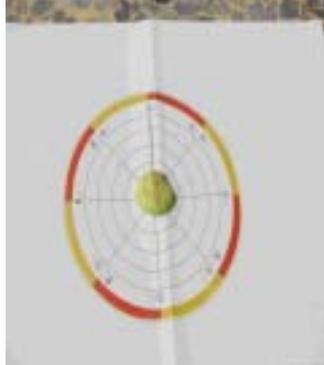
圖四



圖五



圖六



圖七



圖八

從以上幾種觀測方法的比較中，我們認為立竿見影測量法中的太陽位置觀測板，最適合我們來進行觀測太陽位置的儀器，因此我們決定選用它作為我們測量太陽位置的工具。

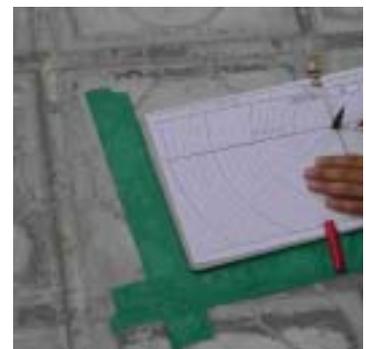
在我們實際測量的過程中，發現此工具在越接近圓心的地方，它的數值變化就越急遽，為了避免這種人為判斷的誤差，我們趕緊請教數學及電腦老師，幫我們設計出一個影子長度和太陽高度角的對照表，也解決了這個當初沒有考量到的問題。

三、同一個地點，不同時間，太陽的高度角或方位角會有什麼樣的變化？

◎問題三-1：同一個地點，在一天當中，太陽的高度角和方位角會有什麼樣的變化？

方法：1.自 91 年 12 月 4 日起至 92 年 7 月 21 日止。我們在學校頂樓的空地上，先用指南針找出正確的方位，然後在一個固定的地方貼上十字交叉且朝北的綠色膠帶，作為每次測量時測量板的一個固定頂點（如圖九）。

- 2.每天配合下課時間大約在 8:10、10:10、12:10、14:10、16:10 等五個時刻作一次測量。
- 3.用筆點出影尖的地方，並記錄上時間。



圖九

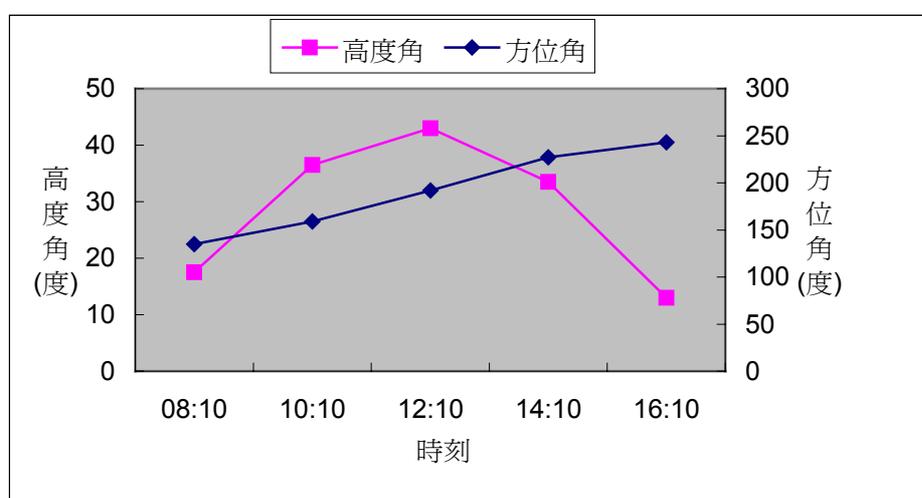
- 4.將測量的結果紀錄到「每日太陽觀測紀錄表」上，如遇有陰天或下雨的日子，則該時刻不予紀錄呈現留白狀態。

- 5.方位角的紀錄方式是以正北方向為 0 度、正東是 90 度、正南則是 180 度，而正西為 270 度。
- 6.選擇具有完整紀錄的一天，依紀錄表上的所得高度角及方位角的數據，輸入電腦作成圖表，然後加以討論。

結果：結果經整理如表二及圖十。

表二 12月17日的太陽高度角和方位角

時間	08:10	10:10	12:10	14:10	16:10
高度角(度)	17.5	36.5	43.0	33.5	13.0
方位角(度)	135	159	192	227	243



圖十 12月17日的太陽高度角及方位角和時間的關係圖

- 發現：
- 1.一天當中，8:10 及 16:10 的太陽高度角是比較低的，而中午 12:10 的太陽高度角則較高。
 - 2.上午時，太陽高度角是隨時間逐漸上升，一直到中午十二時十分左右，太陽在天空中位置較高，然後再隨時間逐漸減少。
 - 3.一天當中，太陽的方位角是隨時間逐漸改變。
 - 4.一天當中，太陽的方位角是隨時間逐漸增加，且是由東逐漸向西移動。
 - 5.一天當中，中午太陽在天空中的位置大約正南附近。

◎問題三-2：同一個地點，不同的月分，太陽的高度角會有什麼樣的變化？

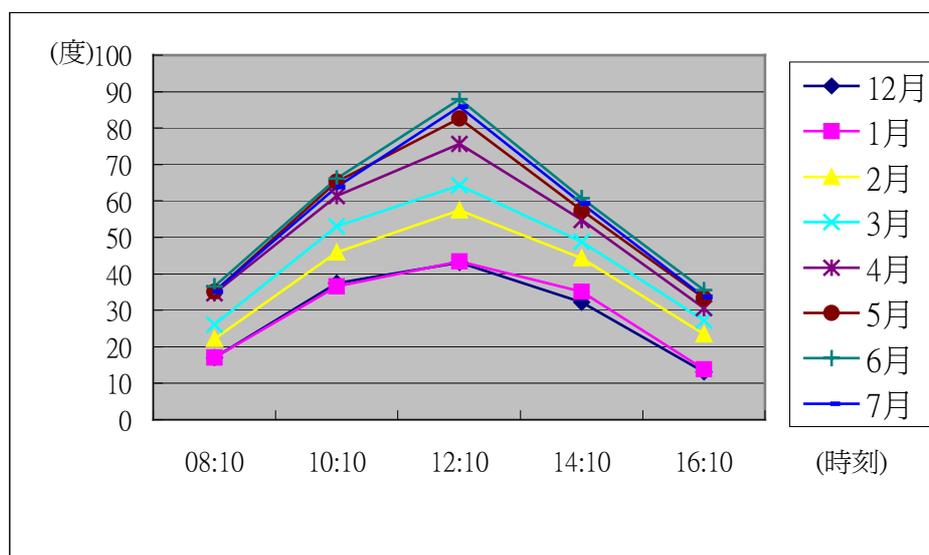
方法：1.同問題三-1。

- 2.將紀錄表上的所得高度角依每月各時刻所測量的數值加以平均，輸入電腦作成圖表，然後加以討論。

結果：結果經整理如表三及圖十一。

表三 12月到7月太陽平均高度角（單位：度）

高度角 月份	時刻	08:10	10:10	12:10	14:10	16:10
12月		17.1	37.5	43.1	32.2	13.1
1月		17.1	36.6	43.4	35.1	13.9
2月		22.1	45.9	57.5	44.3	23.5
3月		26.1	53.0	64.3	48.8	27.3
4月		34.7	61.4	75.6	54.8	30.6
5月		35.1	65.3	82.6	57.4	33.4
6月		36.6	66.2	87.9	60.8	35.5
7月		35.2	63.9	85.8	59.3	33.7



圖十一 12月到7月的太陽平均高度角

發現：1.12月到7月中，太陽高度角是隨月分的不同而有所不同。

2.12月到7月中，每月的太陽高度角平均值以12月的最低，然後再隨時間逐漸增加，至6月時，太陽高度角最大，7月又開始逐漸下降。

◎問題三-3：同一個地點，不同的月分，太陽的方位角會有什麼樣的變化？

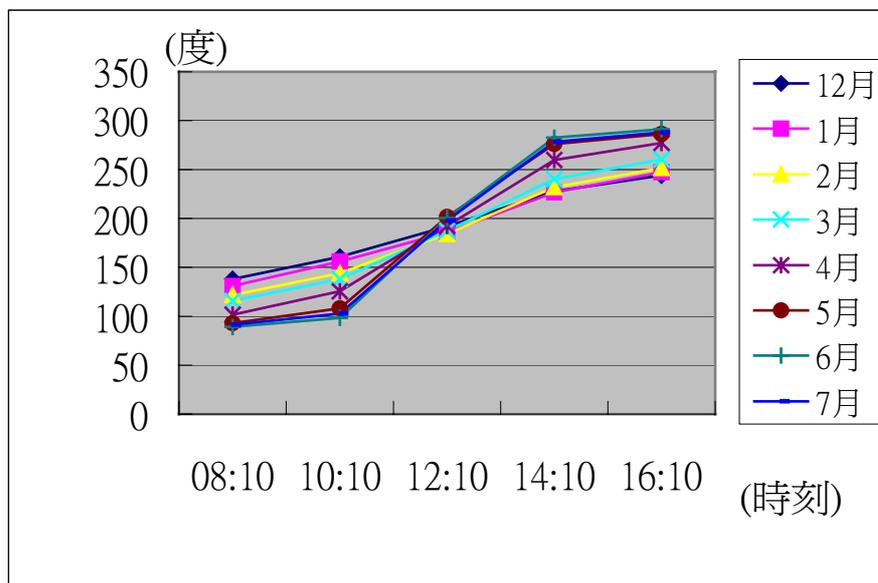
方法：1.同問題三-1。

2.將紀錄表上的所得方位角依每月各時刻數值加以平均，輸入電腦作成圖表，然後加以討論。

結果：結果經整理如表四及圖十二。

表四 12 月到 7 月太陽平均方位角（單位：度）

方 位 角 月 份	時 刻 08:10	10:10	12:10	14:10	16:10
12 月	138.2	161.0	192.1	227.8	243.9
1 月	130.9	156.0	185.9	226.4	247.1
2 月	121.6	144.1	184.4	232.0	251.6
3 月	115.8	138.2	187.7	240.3	260.3
4 月	101.8	125.3	192.5	259.8	277.0
5 月	92.8	108.4	201.5	275.9	286.4
6 月	89.4	98.1	200.4	282.7	291.3
7 月	91.5	102.8	197.7	278.3	287.8



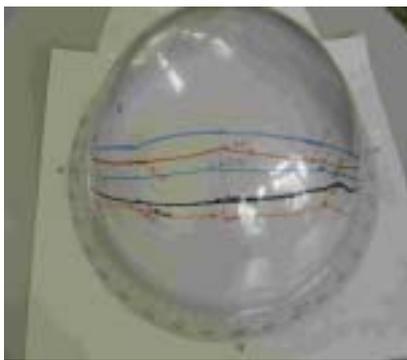
圖十二 12 月到 7 月太陽平均方位角

- 發現：
- 1.同一時刻的太陽的方位角是隨月分的不同而有所不同。
 - 2.中午十二時左右，太陽的位置大約都是在正南的方向附近。
 - 3.太陽方位角在較接近日出的 8:10 左右是較小的，也就是較靠近正東方向。
 - 4.太陽方位角在較接近日落的 16:10 左右是較大的，也就是較靠近正西方向。
 - 5.8：10 的太陽方位角數值以 12 月最大，也就是較偏離東方；6 月最小，也就是較接近東方。

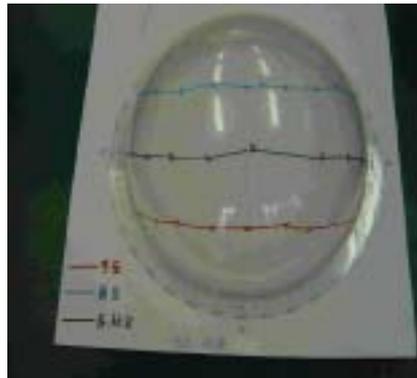
6. 16:10 的太陽方位角數值以 12 月最小，也就是較偏離西方；6 月最大，也就是較接近西方。
7. 太陽升起時越靠近東邊，落下時就越靠近西邊；反之，升起時離東邊越遠，那麼太陽落下時離西邊就越遠。

模擬一：1. 將測量所得的太陽高度角及方位角的資料，依在各點所得的高度角、方位角每月的平均數值為座標，在透明的半球體上點出它的適當位置來。
2. 將同一個月的點連接成線，成為當月的太陽運動軌跡（如圖十三）。

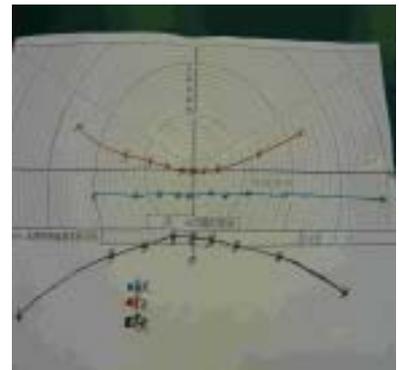
模擬二：1. 上氣象局網站查詢春分、夏至、秋分及冬至各時刻的太陽高度角及方位角數值的資料。
2. 以春分各時刻的高度角及方位角的數值為座標點，分別在透明的半球體上及太陽觀測紙上點出它的適當位置來。
3. 將這些點連接起來，即成為太陽在春分時，在台灣所見的太陽在空中運行的軌跡。
4. 依次做出夏至、秋分及冬至等三條運動軌跡（如圖十四、圖十五）。



圖十三



圖十四



圖十五

討論：1. 太陽的高度角及方位角是隨著季節的改變而有所不同。
2. 由於地球的自轉使我們覺得太陽的運動軌跡是東昇西落。
3. 夏天的太陽高度角較大，是因為太陽直射北半球的緣故。
4. 太陽在空中的行進路線投影在紙上，我們發現它並非直線，且和季節的不同有關。春分、秋分的太陽在空中的行進路線大致相同。
5. 夏至的太陽運行軌跡，在接近日出或日落的時刻，它的方位都會偏向北方，而在中午左右則又向南彎曲。但在冬至時，接近日出及日落的方位則偏向南邊，而在中午左右則又向北彎曲。在春分及秋分，太陽的日落及日出方位則接近正東與正西。
6. 一年當中，因為夏天的太陽日出日落都較偏北，而且在中午的高度角又較高，所以夏天的太陽行進軌跡較其他三個季節來的長，也就是白晝的時間是較長的；反之，一年當中，因為冬天的太陽日出日落都較偏南，而且在中午的高度角又較低，所以冬天的太陽行進軌跡較其他三個季節來的短，也就是白晝的時間在一年當中是較短的。

- 小結：1.一天當中，太陽的高度角是由日出時的 0 度逐漸增加，至中午左右太陽位置達到最高，然後逐漸下降。
- 2.一天當中，太陽的運動軌跡是東昇西落。
- 3.一年之中，12 月的太陽高度角最低，然後逐漸上升，至 6 月太陽位置達到最高，然後再逐漸下降，如此做有規律的變化。
- 4.四季之中，夏天的太陽高度角較高，而冬天較低。
- 5.一年之中，夏天的太陽日出日落的方位都較偏北方，冬天的太陽日出日落的方位都較偏南方。

四、同一個地點，不同的日出日落時間，太陽的高度角會有什麼樣的變化？

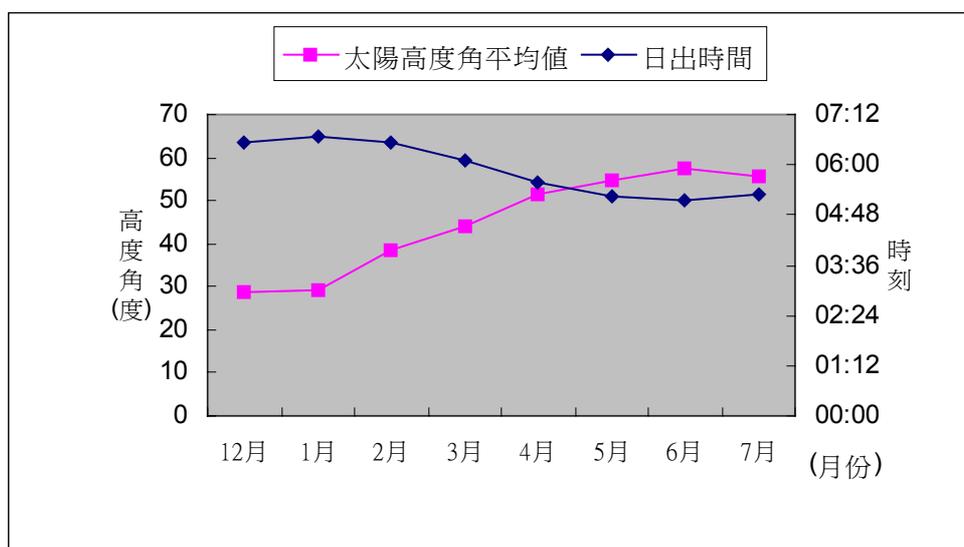
◎問題四-1：同一個地點，不同的日出時間和太陽的高度角變化有關係嗎？

- 方法：1.由我們所紀錄的太陽高度角資料中，計算出 12 月到 7 月太陽高度角的平均值。
- 2.上氣象局網站，算出 12 月到 7 月，日出日落的平均時間，並推算出白晝的時間。
- 3.將資料輸入電腦，繪成晝長時間和太陽的高度角關係圖。

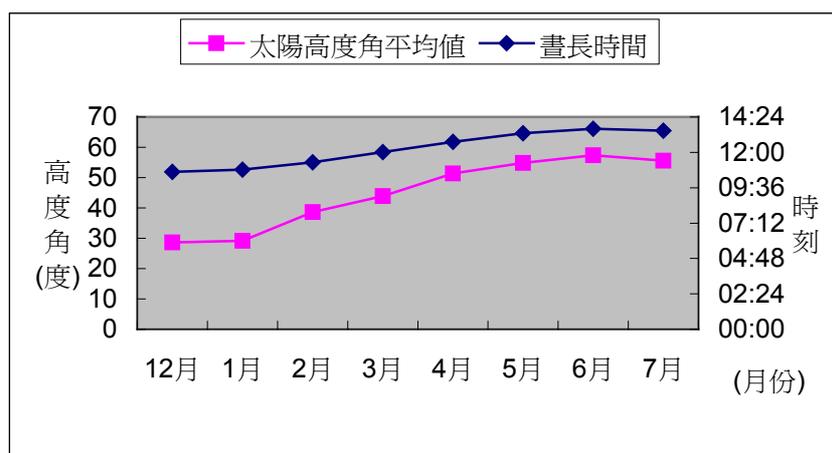
結果：如下表五及圖十六、十七。

表五 12 月到 7 月，日出及晝長時間和太陽的高度角

月份	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
太陽高度角平均值	28.6	29.2	38.6	43.9	51.4	54.8	57.4	55.6
日出時間	06:32	06:41	06:31	06:05	05:36	05:15	05:09	05:18
日落時間	17:13	17:31	17:51	18:06	18:19	18:33	18:45	18:46
晝長時間	10:41	10:50	11:20	12:01	12:43	13:18	13:36	13:28



圖十六 12 月到 7 月，日出時間和太陽高度角關係圖



圖十七 12 月到 7 月晝長時間和太陽高度角關係圖

- 發現：
1. 從 12 月到 7 月的日出時間是以 1 月最晚，6 月最早。
 2. 從 12 月到 7 月的太陽高度角逐漸增加，是以 12 月最低，6 月最高。
 3. 從 1 月到 7 月，當日出的時間較早，太陽的高度角也會較大。
 4. 從 12 月到 7 月的白晝時間逐漸增加。
 5. 從 12 月到 7 月，當白晝的時間較長，太陽的高度角也會較大。

以上是我們就實際紀錄當中所得到的發現，但究竟在一年當中，日出時間和白晝的長度與太陽高度角有何關係呢？這是我們感到興趣的。

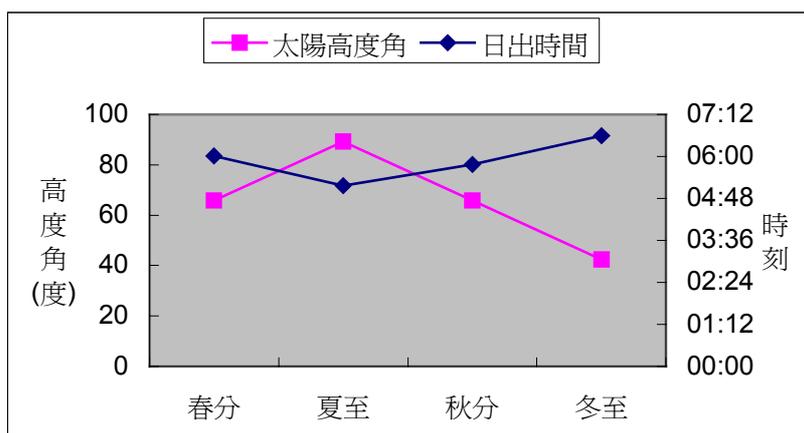
◎問題四-2：同一個地點，一年當中，不同的晝長時間和太陽的高度角變化有關係嗎？

- 方法：
1. 上氣象局網站查詢春分、夏至、秋分及冬至的日出、日落時間、及太陽出現在中天的高度角資料。
 2. 將日落時刻減掉日出時刻，算出白晝的時間。
 3. 將相關數據輸入電腦，繪出一年當中晝長時間、及太陽出現在中天的高度角的關係圖。

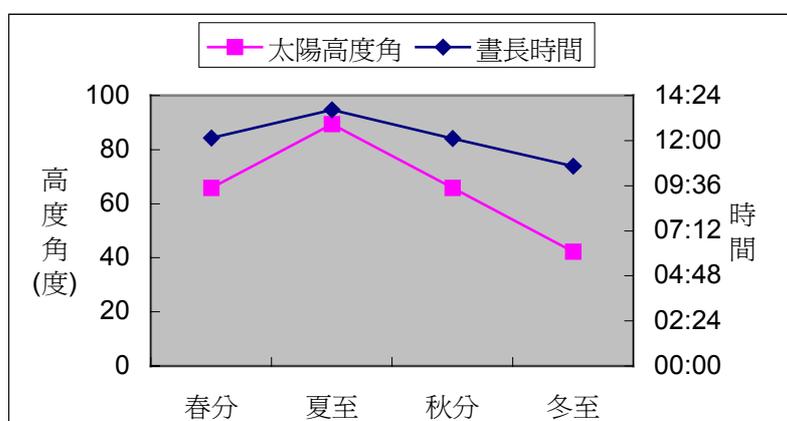
結果：如表六及圖十八、十九。

表六 一年中，不同的晝長時間和太陽的高度角

季節	春分	夏至	秋分	冬至
中天的太陽高度角	65.8	89.3	65.8	42.3
日出時間	06:01	05:10	05:46	06:36
日落時間	18:09	18:48	17:53	17:15
晝長時間	12:08	13:38	12:07	10:39



圖十八 日出時間和中天太陽高度角的關係圖



圖十九 晝長和中天太陽高度角的關係圖

- 發現：
- 1.一年當中，夏天的日出時間較早，而冬天的日出則較晚。
 - 2.一年當中，夏天的太陽高度角較大，而冬天的太陽高度角較小。
 - 3.一年當中，夏天日出時間較早，太陽高度角也較大，反之，冬天日出時間較晚，太陽高度角也較小。
 - 4.一年當中，夏天的白晝時間較長，而冬天的白晝時間較短。
 - 5.一年當中，當白晝的時間越長，太陽的高度角越大。

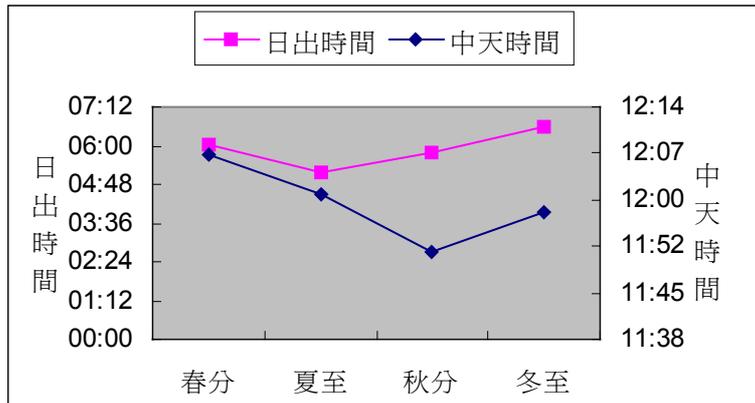
◎問題四-3：一年當中，日出的時間和太陽出現在中天的時刻有關係嗎？

- 方法：
- 1.上氣象局網站查詢春分、夏至、秋分及冬至的日出時刻及太陽出現在中天的時刻資料。
 - 2.將太陽出現在中天的時刻減掉日出時刻，得出太陽從日出到出現在中天所花費的時間。
 - 3.將相關數據輸入電腦，繪出一年當中日出時間、及太陽出現在中天的時間的關係圖。

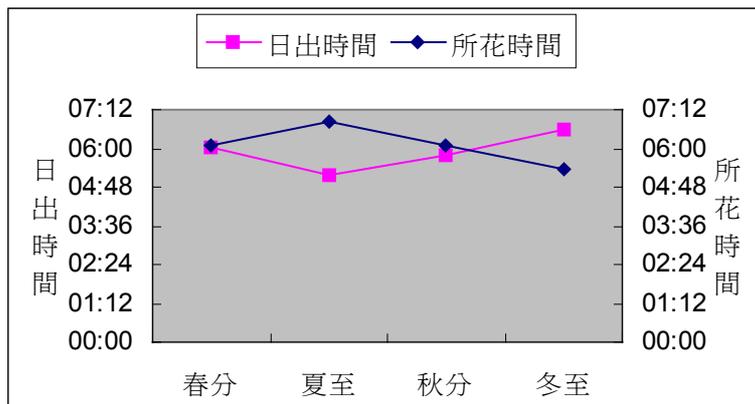
結果：如表七及圖二十、二十一。

表七 日出時間和太陽出現在中天的時間

季節	春分	夏至	秋分	冬至
日出時間	06:01	05:10	05:46	06:36
中天時間	12:07	12:01	11:52	11:58
所花時間	6:06	6:51	6:06	5:22



圖二十 日出時間和太陽出現在中天的時間關係圖



圖二十一 日出時間和太陽出現在中天所花的時間關係圖

- 發現：
- 1.一年當中，夏天的日出時間較早，而冬天的日出則較晚。
 - 2.一年當中，日出的早晚，與太陽出現在中天的時間，並沒有直接相關。
 - 3.一年當中，太陽經過中天所花的時間以夏天較長，冬天較短。
 - 4.一年當中，日出的時間越早，太陽經過中天所花的時間越長。

五、同一個時間，不同地方，太陽的高度角會有什麼樣的變化？

◎問題五-1：同一個時間，不同的樓高，太陽高度角一樣嗎？

方法：1.選擇同一天的同一時刻，請同學在自家公寓的頂樓測量太陽高度角。

2.將相關數據輸入電腦，繪出不同的樓高和太陽高度角的關係表。

結果：如表八。

表八 3月25日中午12點30分不同樓高的太陽高度角

樓層	一樓	四樓	六樓	十四樓	二十二樓
高度角(度)	65	65	65	65	65

發現：1.每一層樓所測得的太陽高度角都是65度。

2.同一個時間，不同的樓高，太陽高度角是一樣的。

模擬：1.在地球儀上找出台灣的位置，貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。

2.在赤道上找出和台灣同一條經線的點，貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。

3.以投影機當作太陽的光源，調整光源的角度，直到直射赤道上的大頭針為止。

4.放上珍珠板並切齊泡棉膠，使珍珠板和泡棉膠形成同一個平面，再點出大頭針落在珍珠板上的影尖部分。

5.重複上述動作，依次在台灣的位置貼上2塊泡棉膠、4塊泡棉膠、8塊泡棉膠，分別點出各個高度的影尖位置（如圖二十二）。

6.依立竿見影測量法，做出太陽之高度角。



圖二十二

結果：結果如表九。

表九 不同的泡棉膠數和模擬的太陽高度角關係

泡棉膠個數	1塊泡棉膠	2塊泡棉膠	4塊泡棉膠	8塊泡棉膠
太陽之高度角(度)	67	67	67	67

討論：1.在赤道上找出和台灣同一條經線的點，貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針，目的是為了確定每一次的實驗，光線都是以同一角度投射在地球儀上。

2.實驗所測得的太陽高度角，並不因泡棉膠的數目不同而有所差異，這和我們在不同樓高所測得太陽高度角，結果相同。這也表示，在同一地點所測的太陽高度角不會因不同的高度而改變。

◎問題五-2：同一個時間，不同緯度，太陽高度角一樣嗎？

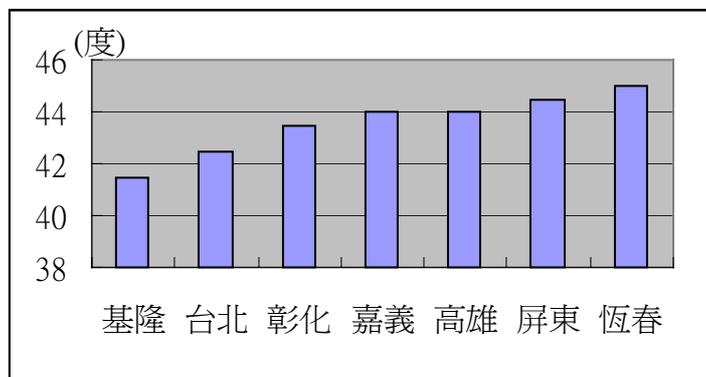
方法：1.將全國科學展覽中所收集到的「台灣各地在冬至時的影長」原始資料，轉換成當地的太陽高度角資料。

2.將資料輸入電腦，做成圖表。

結果：經統整如下表十及圖二十三。

表十 台灣地區各地方冬至中午十二時太陽高度角

地點	基隆	台北	彰化	嘉義	高雄	屏東	恆春
高度角(度)	41.5	42.5	43.5	44	44	44.5	45



圖二十三 台灣地區各地方冬至中午十二時太陽高度角

發現：1.冬至中午時刻所測得的太陽高度角，以基隆 41.5 度最低，恆春 45 度最高。

2.冬至中午時刻，太陽高度角會因緯度的不同而有所差異。緯度越高的地方，高度角越低。

模擬：1.在地球儀上找出台灣的位置（北緯 23.5 度），貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。

2.在和台灣同一條的經線上，找出北緯 66.5 度及北緯 90 度、0 度的點，分別貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針（如圖二十四）。



圖二十四

3.以投影機當作太陽的光源，調整光源的角度，直到直射赤道上的大頭針為止（假想為春分及秋分點的中午）。

4.放上珍珠板並切齊泡棉膠，使珍珠板和泡棉膠形成同一個平面，再點出大頭針落在珍珠板上的影尖部分。

5.利用立竿見影測量法，分別求出各點（0 度、23.5 度、66.5 度、90 度）所模擬的太陽高度角。

6.重複上述步驟，但將光源依序直射北緯 23.5 度（假想為夏至中午）及南緯 23.5 度（假想為冬至中午）的地方。

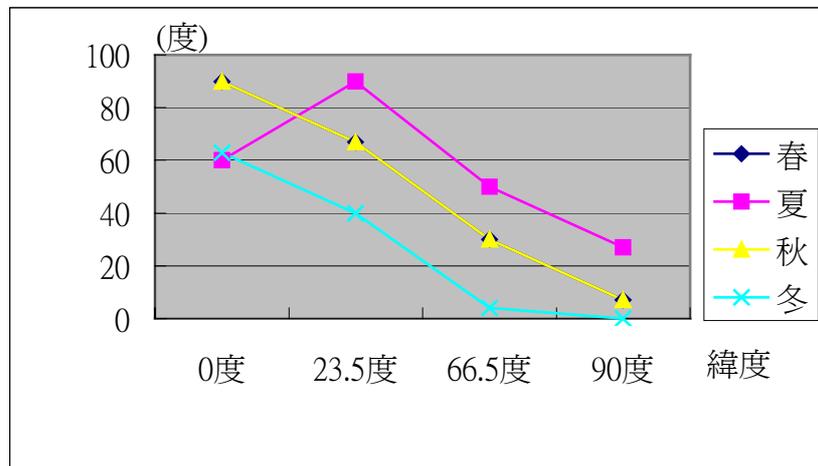
7.將數據輸入電腦，並繪成圖表。

結果：結果如表十一及圖二十五。

表十一 在台灣經度線上，不同緯度的太陽高度角

高度角 緯度 季節	0度	23.5度	66.5度	90度
春	90	67	30	<7
夏	60	90	50	27
秋	90	67	30	<7
冬	63	40	<4	—

註：1.因測量時影子太長，無法量出影尖的位置，所以我們以「<」來標示。
2.因在陰影之下無法測得太陽高度角，所以我們以「—」來標示。



圖二十五 和台灣同一條經度線上，不同緯度的太陽高度角

- 討論：
- 1.同一經線上，緯度不同，太陽高度角也就不同。
 - 2.太陽直射赤道時，緯度越大、太陽高度角越小。
 - 3.太陽直射北回歸線時：
 - (1) 在北緯 0 度到 23.5 度之間，緯度越大，太陽高度角越大。
 - (2) 在北緯 23.5 度到 90 度之間，緯度越大，太陽高度角越小。
 - 4.太陽直射南回歸線時，北半球的緯度越大，太陽高度角越小。

- 小結：
- 1.在春、秋分時，緯度越大、太陽高度角越小。
 - 2.在夏至時：
 - (1) 在北緯 0 度到 23.5 度之間，緯度越大，太陽高度角越大。
 - (2) 在北緯 23.5 度到 90 度之間，緯度越大，太陽高度角越小。
 - 3.在冬至時，北半球緯度越大，太陽高度角越小。

六、影響太陽高度角改變的原因有那些？

◎問題六-1：地球自轉或公轉會影響太陽的高度角嗎？

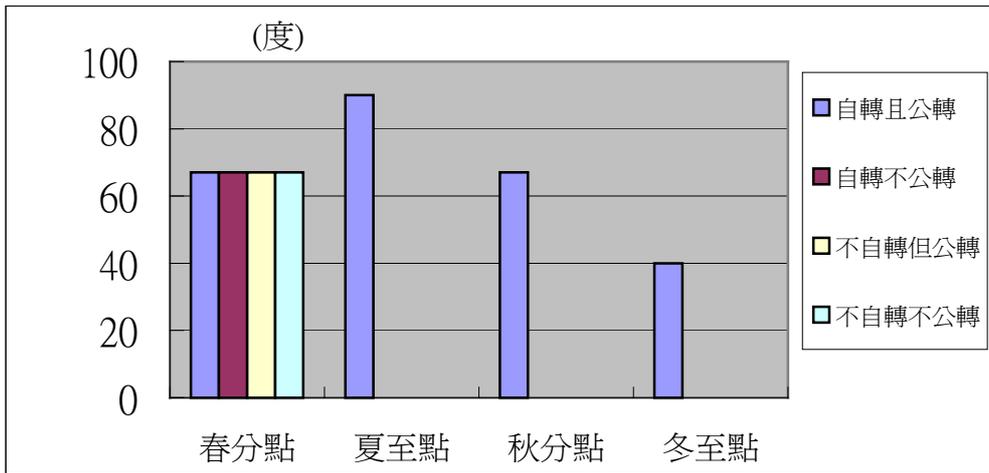
- 方法：1.在地球儀上找出台灣的位置（北緯 23.5 度），貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。
- 2.在和台灣同一條的經線上，找出 0 度及南緯 23.5 度的點，分別貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。
- 3.以投影機當作太陽的光源，調整光源的角度，直到直射赤道上的大頭針為止（假想為春分點及秋分點的位置）。
- 4.放上珍珠板並切齊泡棉膠，使珍珠板和泡棉膠形成同一個平面，再點出大頭針落在珍珠板上的影尖部分。
- 5.利用立竿見影測量法，分別求出各點所模擬的太陽高度角。
- 6.重複上述步驟，但將光源依序直射北緯 23.5 度（假想為夏至點的位置）及南緯 23.5 度（假想為冬至點的位置）的地方。
- 7.依據地球自轉但不公轉等假設條件，做出各種模擬的情形。
- 8.將數據輸入電腦，並繪成圖表。

結果：結果如表十二及圖二十六。

表十二 地球的轉動方式及其太陽高度角的變化

高度角 位置 方式	春分點	夏至點	秋分點	冬至點
地球自轉且公轉	67	90	67	40
地球自轉不公轉	67			
地球不自轉且公轉	67	0	—	0
地球不自轉不公轉	67			

註：因在陰影之下無法測得太陽高度角，所以我們以「—」來標示。



圖二十六 地球的轉動方式和太陽高度角的關係圖

- 發現：
- 1.地球若是自轉且公轉時，則每天在同一地點、同一個時間的太陽高度角都不相同，太陽直射點會隨著時間而改變，且太陽高度角有規律性的變化，也有四季的變化。
 - 2.地球若是自轉、不公轉時，則每天在同一地點、同一個時間的太陽高度角都一樣，太陽直射點的改變週期為一天，無四季可言。
 - 3.若是地球不自轉，但公轉時，則每天在同一地點、同一個時間的太陽高度角都不相同。太陽直射點會隨著時間而改變，也有四季的變化。
 - 4.地球若是不自轉、不公轉時，則地球只有半面受光，造成一半是永晝、一半是永夜的情形，且同一個地點的太陽高度角永遠都一樣，太陽直射點不會隨著時間而改變，也無四季可言。

將以上的發現整理如下表十三：

表十三 不同的地球轉動方式對同一地點、同一時間的太陽高度角影響的比較

轉動方式 \ 比較類別	太陽高度角	太陽高度角變化的週期	太陽直射點的位置	日夜變化	四季變化
地球自轉且公轉	有規律變化	一年	會隨時間改變	有	有
地球自轉不公轉	沒有變化	無	會隨時間改變	有	無
地球不自轉且公轉	有規律變化	一年	會隨時間改變	無	有
地球不自轉不公轉	沒有變化	無	不會隨時間改變	無	無

由以上的發現我們知道了地球的自轉或公轉會影響太陽高度角的變化。

◎問題六-2：地軸的傾斜角度會影響太陽的高度角嗎？

- 方法：1.在地球儀上找出台灣的位置（北緯 23.5 度），貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。
- 2.在和台灣同一條的經線上，找出 0 度及南緯 23.5 度的點，分別貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。
- 3.以投影機當作太陽的光源，調整光源的角度，直到直射赤道上的大頭針為止（假想為春分點及秋分點的位置）。
- 4.放上珍珠板並切齊泡棉膠，使珍珠板和泡棉膠形成同一個平面，再點出大頭針落在珍珠板上的影尖部分。
- 5.利用立竿見影測量法，分別求出各點所模擬的太陽高度角。
- 6.重複上述步驟，但將光源依序直射北緯 23.5 度（假想為夏至點的位置）及南緯 23.5 度（假想為冬至點的位置）的地方。
- 7.依據地軸傾斜的角度為 0 度、45 度及 90 度等假設條件，再做出各種模擬的情形。
- 8.將數據輸入電腦，並繪成圖表。



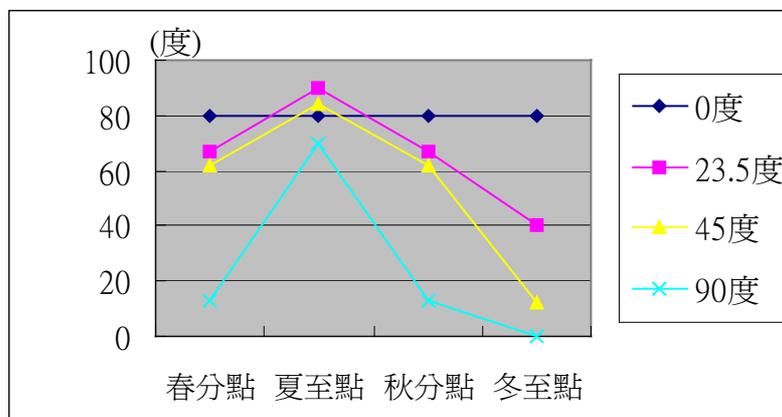
圖二十七

結果：如表十四及圖二十八。

表十四 不同地軸的傾斜角度對太陽高度角的影響

高度角 傾斜角	位置	春分點	夏至點	秋分點	冬至點
0 度		80	80	80	80
23.5 度		67	90	67	40
45 度		62	84	62	12
90 度		13	70	13	—

註：因在陰影之下無法測得太陽高度角，所以我們以「—」來標示。



圖二十八 不同地軸的傾斜角度和太陽高度角的關係圖

- 發現：1.地軸傾斜的角度若是 0 度，則同一時間同一地點的太陽高度角都相同，太陽高度角變化週期為一天。赤道上的太陽高度角永遠為 90 度，太陽高度角不會因地球公轉而有變化。
- 2.地軸傾斜的角度若是 23.5 度，則同一時間同一地點的太陽高度角不相同，太陽高度角變化週期為一年。赤道上的太陽高度角只有在春、秋分時為 90 度，太陽高度角會因地球公轉而有變化。
- 3.地軸傾斜的角度若是 45 度，則同一時間同一地點的太陽高度角不相同，太陽高度角變化週期為一年。赤道上的太陽高度角只有在春、秋分時為 90 度，太陽高度角會因地球公轉而有變化。
- 4.地軸傾斜的角度若是 90 度，則同一時間同一地點的太陽高度角不相同，且變化劇烈，太陽高度角變化週期為一年。赤道上的太陽高度角在春、秋分時為 90 度，太陽高度角會因地球公轉而有變化。
- 5.如果地軸是傾斜的，則太陽高度角在一年當中就會有週期性的變化，也就形成了四季。
- 6.地軸傾斜的角度如果越大則太陽高度角的變化越急遽，也就是四季的變化越明顯。
- 將以上的發現整理如下表十五：

表十五 地軸的傾斜與否對太陽高度角影響的比較

地軸沒有傾斜	地軸有傾斜
1. 同一個地點、同一個時間，太陽高度角都會一樣。	1. 同一個地點、同一個時間，太陽高度角會不一樣。
2. 太陽高度角變化的週期為一天。	2. 太陽高度角變化的週期為一年。
3. 太陽每天直射赤道，在赤道上中午的太陽高度角永遠是 90 度。	3. 太陽直射的地方每天都不同，會隨地軸傾斜的角度而改變。
4. 越接近赤道，太陽高度角越大。	4. 越接近直射點，太陽高度角越大。
5. 有日夜變化。	5. 有日夜變化。
6. 沒有四季變化。	6. 有四季變化。

由以上的發現我們知道了地球的傾斜與否會影響太陽高度角的變化。

◎問題六-3：地軸的傾斜方向會影響太陽的高度角嗎？

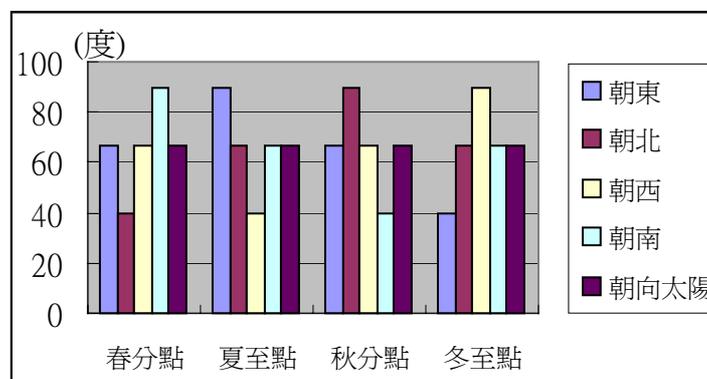
- 方法：1.在地球儀上找出台灣的位置（北緯 23.5 度），貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。
- 2.在和台灣同一條的經線上，找出 0 度及南緯 23.5 度的點，分別貼上一塊泡棉膠，垂直插上一根大頭針。
- 3.將地軸方向朝東，以投影機當作太陽的光源，調整光源的角度，直到直射赤道上的大頭針為止（假想為春分及秋分點的中午）。

4. 放上珍珠板並切齊泡棉膠，使珍珠板和泡棉膠形成同一個平面，再點出大頭針落在珍珠板上的影尖部分。
5. 重複上述步驟，但將光源依序直射北緯 23.5 度（假想為夏至中午）及南緯 23.5 度（假想為冬至中午）的地方。
6. 利用立竿見影測量法，分別求出各點所模擬的太陽高度角。
7. 依序將地球儀傾斜方向改變成朝北、朝西及朝南和永遠朝向太陽等假設狀況，觀察太陽高度角。
8. 將數據輸入電腦，並繪成圖表。

結果：如表十六及圖二十九。

表十六 不同地軸的傾斜方向對太陽高度角的影響

高度角 位置 方向	春分點	夏至點	秋分點	冬至點
朝東	67	90	67	40
朝北	40	67	90	67
朝西	67	40	67	90
朝南	90	67	40	67
朝向太陽	67	67	67	67



圖二十九 不同地軸的傾斜方向對太陽高度角的影響

- 發現：
1. 地軸的傾斜方向會影響太陽高度角的變化，但是若地軸永遠朝向太陽，則同一地點、同一時刻的太陽高度角會一樣。
 2. 地軸的傾斜方向會影響四季的變化，但是若地軸永遠朝向太陽，則沒有四季變化。

表十七 不同的地軸傾斜方向的比較

比較類別 \ 傾斜方向	永遠朝同一方向	永遠朝向太陽
同時同地的太陽高度角	不同	相同
日夜變化	有	有
四季變化	有	沒有

由以上的發現我們知道了不同的地軸傾斜方向會影響太陽高度角的變化。

陸、結論與未來研究方向

一、結論

(一) 同學以立竿見影法測量的太陽高度角或方位角不同的可能原因如下：

- 1.黏土在太陽下易軟化，牙籤會不穩，且黏土乾時，容易脫落。
- 2.牙籤未垂直插入黏土中。
- 3.三角作圖時未形成一個直角三角形。
- 4.方位盤放置的方位和指南針南北方位不同。
- 5.影長不是從方位盤的中心點開始量起。
- 6.直接把牙籤露出黏土的部分當成竿長。

(二) 測量太陽高度角或方位角的方法大致上可分為三種：

- 1.目測法
- 2.窺管原理觀測法
- 3.立竿見影測量法

(三) 同一個地點，不同時間，太陽的高度角或方位角會隨時間而有規律的改變：

- 1.一天當中，太陽的高度角是由日出時的 0 度逐漸增加，至中午左右太陽位置達到最高，然後逐漸下降。
- 2.一天當中，太陽的運動軌跡是東昇西落。
- 3.一年之中，12 月的太陽高度角最低，然後逐漸上升，至 6 月太陽位置達到最高，然後再逐漸下降，如此做有規律的變化。
- 4.四季之中，夏天的太陽高度角較高，而冬天較低。
- 5.一年之中，夏天的太陽日出日落的方位都較偏北方，冬天的太陽日出日落的方位都較偏南方。

(四) 同一個地點，太陽的高度角會因日出日落時間的不同而有所改變。

- 1.一年當中，夏天日出時間較早，太陽高度角也較大，反之，冬天日出時間較晚，太陽高度角也較小。
- 2.一年當中，當白晝的時間越長，太陽的高度角越大。

(五) 同一個時間，太陽的高度角會因太陽直射點或緯度的不同而有所改變。

1.在春、秋分時，緯度越大、太陽高度角越小。

2.在夏至時：

(1) 在北緯 0 度到 23.5 度之間，緯度越大，太陽高度角越大。

(2) 在北緯 23.5 度到 90 度之間，緯度越大，太陽高度角越小。

3.在冬至時，北半球緯度越大，太陽高度角越小。

(六) 影響太陽高度角改變的原因大致如下：

1.地球自轉

2.地球公轉

3.地軸傾斜的角度

4.地軸傾斜的方向

二、未來研究方向

(一) 我們本次科展研究的觀測紀錄是從 12 月到 7 月，從研究中我們發現，觀測太陽的位置是需要花很長的時間，才能獲得較完整的紀錄。因此，在未來的研究中，我們必須再繼續觀測並紀錄，獲得一整年太陽位置的資料，才能做更詳盡的分析與探討。

(二) 在探討影響太陽高度角改變的原因時，我們也很好奇地球的形狀是不是也是影響的原因之一。因此，在未來的研究中，我們可以再利用模型來加以模擬，進行驗證。

柒、參考文獻

人類文化公司編輯部 (民 75)：自然科學博物館-天文的現象。人類文化事業有限公司。

牛頓出版股份有限公司 (民 87)：小牛頓科學百科 5。牛頓出版股份有限公司。

成映鴻 (民 83)：國民小學氣象教材研究。國立教育資料館。

沈陌農 (民 81)：小學生科學之旅-天文篇。愛智圖書有限公司。

徐永松 (民 90)：21 世紀兒童智慧百科 7-宇宙小百科。鴻福印刷裝訂有限公司。

徐永松 (民 90)：21 世紀兒童智慧百科 8-地球小百科。鴻福印刷裝訂有限公司。

徐東濱編譯 (民 68)：少年兒童知識文庫-宇宙與氣象。時代公司。

戚啓勳 (民 81)：地球科學。季風出版社。

國立台灣科學教育館編 (民 88)：好冷、好熱，都是太陽公公惹的禍。中華民國中小學科學展覽第 26 到 30 屆優勝作品專輯國小組地球科學科合訂本，119-120。

張豐榮編譯 (民 82)：小小科學家-實驗觀察百科 6。三豐出版社。

謝基生 (民 81)：學生科學實驗百科-太陽的運行與光線。鐘文出版社。

中央氣象局：<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>

地球科學教學資源補給站：140.122.144.179

評語

- 1 主動積極的研究精神，值得嘉許
- 2 自行設計觀察性的儀器，詳實觀察記錄，分析合理
- 3 符合科學長期記錄精神