

『夸父追日』現代版 ——太陽位置觀測器之設計與製作

明德國小
吳柏菱 楊世昌

摘 要

在自然與生活科技領域的五年級教材中有『觀測太陽』的單元，其中最主要的科學操作活動便是測量太陽的方位和高度角，並學習根據整日的觀測紀錄，分析太陽位置變化和時間的關係。雖然各版本對於太陽觀測器的修正或開發頗為用心，但是作者仍感到教科書提供的太陽觀測器雖然組裝簡易，但是使用並不方便，特別是測量結果的準確度不佳，明顯影響學生對科學概念的建構。

由於作者在第48屆科展的指導歷程中，和學生共同利用傳統的建築五金器材：鉛錘和水平儀，研發出一個更能準確測量且有效解決傳統觀測器諸多缺點的太陽觀測儀器，並獲得全國科展國小組地球科學類第一名的肯定。因此，作者嘗試將此一觀測儀器再加以改良，增加立即判讀太陽高度角的功能，期盼未來能協助更多教師指導學生正確、有效且利用多元方式進行太陽位置的觀測。



教材教具實物展示類
——特優



關鍵詞：太陽位置、太陽高度角、鉛錘



知己知彼 ~ 現有教具與學生學習狀況分析

目前國小自然與生活科技領域共有牛頓、康軒、南一、翰林四個版本的教材。四個版本在五年級的第一單元皆為『觀測太陽』，是學生升上高年級〈九年一貫第二階段〉後接觸的第一個科學主題，其科學認知的深度和廣度會影響學生對後續學習的期待，而科學技能的培養和科學態度的建立對於科任教師的班級經營也具有相當程度的影響。

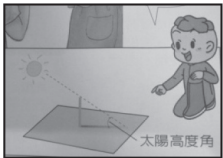
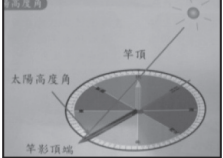
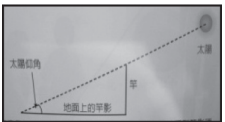
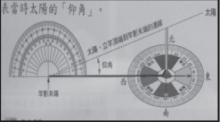
因此，在第一單元的學習歷程中，太陽位置觀測器設計的原理理解、測量方式是否精確有效率，對於教師教學和學生學習皆至為重要。以下便針對各版本教材異同與優劣與學生學習經常遭遇的困難兩個向度進行分析，可作為設計新的太陽位置觀測器時之參考依據，亦可提供給新手教師作為教學備課時的參考。

一、各版本太陽位置觀測器教具異同分析


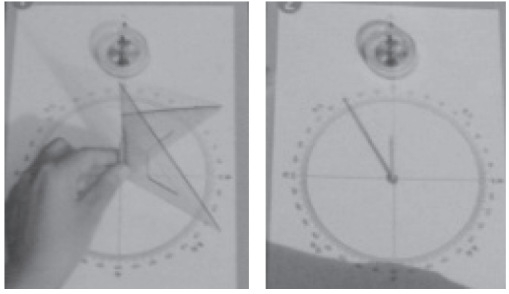
針對太陽位置的觀測，主要包含方位角和高度角兩個向度。

方位角的觀測方式，各版本大同小異，皆是以人或立竿的影子對應指南針的方位後進行反推，但各版本立竿的方式不同，有的會特別強調使立竿垂直的設計。

高度角觀測的方式，各版本皆採開放式的提出至少兩種方式供學生參考，以下將四版本的測量方法異同整理如下表：

版本名稱	牛頓	康軒	翰林	南一
太陽高度角定義	人面向太陽時，視線和地面之間所夾的角，也可以說是竿頂和竿影頂點的連線與地平線所夾的角。 	人面向太陽時，視線和地面所夾的角度，也可說是竿頂和竿影頂端的連線與地平線的夾角。 	陽光和地平面之間的夾角，可以先將竿頂到竿影頂端連成直線，直線和地面的夾角就是太陽高度角，也稱為太陽仰角。 	太陽、立竿頂端到竿影末端的連線和竿影之間形成的夾角，代表當時太陽的「仰角」。 
教材位置	課本：p10~p11 習作：p7~p9	課本：p7~p13 習作：p3~p6	課本：p10~p13 習作：p4~p5	課本：p6~p9 習作：p3~p4



版本名稱	牛頓	康軒	翰林	南一
方法一 標註 ● 表示 教材 有介紹	牛頓：拿一條繩子，從人的頭頂拉到影子的末端，用大型量角器量出太陽的高度角。			
	●		●	
方法二 標註 ◆ 表示 教材 有介紹	牛頓：豎一根竿子，從竿子的頂端拉一條線到影子的末端，再用量角器測量線和竿影頂點的夾角。 康軒：用棉線將小重物固定在竿子上，以確定竿子是否垂直於地面。將另一條棉線固定在竿子頂端，從竿頂拉到竿影頂端，再使用量角器測量棉線和影子的夾角，就是太陽的高度角了。 翰林：取一段長約40公分的棉線，以及長約10公分的吸管。將棉線穿過吸管後並插入底座，再以膠帶固定在習作附件一的方位盤圓心處，檢查吸管是否和地面保持垂直。將棉線拉到影子的末端，利用習作附件的量角器測量出太陽的仰角。			
	◆	◆	◆	



版本	牛頓	康軒	翰林	南一
方法三 標註 ★ 表示 教材 有介紹	<p>牛頓：用竿子的長度當高，影子的長度當底，畫出直角三角形，用量角器量出太陽的高度角。</p>			
	★			
方法四 標註 ▲ 表示 教材 有介紹	<p>康軒：將太陽觀測器專用量角器底部的一邊貼一小段吸管，用圖釘定在竿子上，並固定在方位盤上。用棉線把小重物(迴紋針)掛在圖釘上校正，確定竿子是否垂直。旋轉量角器，直到陽光通過吸管，在地面上顯現出圓圈形的光影，此時棉線所對準的量角器角度就是太陽的高度角。</p>			
		▲		
方法五 標註 ■ 表示 教材 有介紹	<p>南一：把鉛筆放在立體天空模型上移動，讓筆尖的影子落在底板中心。當筆尖的影子落在底板中央時，用白板筆在鉛筆尖所指的地方畫個點，這個點可以代表當時太陽在天空中的位置。</p> <p>用弧形的仰角尺標0度接在地板(地平面)，90度接在天空模型的天頂位置，旋轉尺標對到標記的點，尺標的刻度就是太陽的仰角。</p>			
				■



二、學生操作太陽位置觀測器進行測量之困難分析

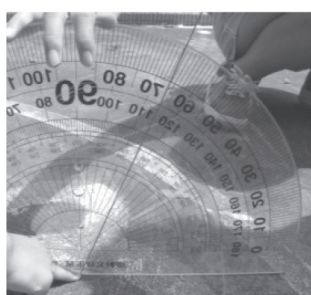
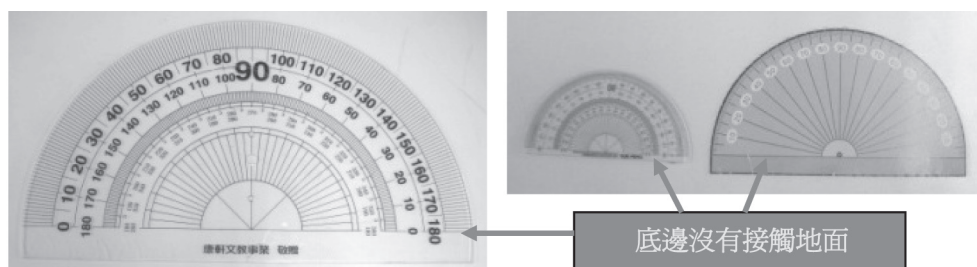
根據前面的教材分析，以下分別說明各種方法在實際教學中遇到的困難。

方法一：將繩子從頭頂拉到身體影子的末端，使用大型量角器測出繩子和地面的夾角。

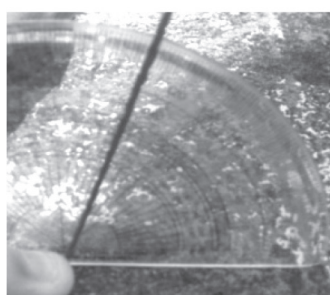
1. 小學生在實際測量時，身體的站姿或晃動明顯會影響測量結果，尤其是在將繩子拉緊時，學生的頭會不自覺的往下壓，導致影子的位置在測量時會不穩定。



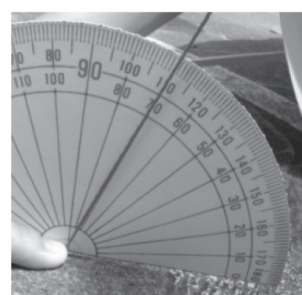
2. 此一方法必須使用大型量角器測量，若身體稍有移動，小型量角器測得的數值誤差會很大，所以無法讓所有學生進行角度測量的操作練習。而且不論大或小型量角器的底部多半都有一段空白縫隙，所以無法將底邊接觸到地面，測量出的角度一定會有誤差。



例：大型量角器測量結果： 66°



小型量角器測量結果： 68°



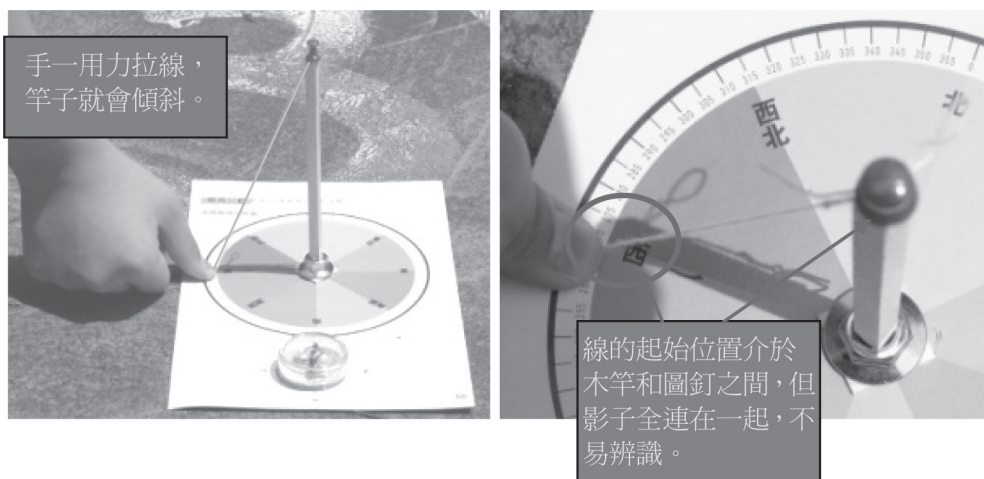
教具量角器測量結果： 70°

3. 人的頭部有寬度，繩子定在從頭頂中央，但影子是對應頭部的邊緣，所以有誤差。而人影的寬度或繩子的寬度都會產生誤差值。



方法二：從立竿的頂端拉一條線到竿影的末端，使用量角器測量線和地面的夾角。

1. 立竿的高度大多不超過20cm，使用小型量角器測量時，地面的平坦度明顯影響角度測量值。
2. 立竿必須與地面垂直，各版本的調整方法不一，多半較為繁複，而且並不穩定。在測量過程中容易因搬動方位盤〈習作附件的紙板，作為基底不夠穩固〉、拉線的力道、戶外風吹…等因素而使得方位紙盤移動或立竿傾斜，因而影響測量結果的準確度。尤其是接近中午時段的測量活動，方位角的誤差更為明顯，甚至從偏東方變成偏西方。當部份學生的測量值有明顯誤差時，便很難引導學生歸納出正確的科學概念。



3. 市售學生用的小型量角器底部多半有一段邊，無法將底邊接觸到地面，所以角度一定會有誤差。如果改用教材附的紙製量角器，雖能避免此一現象，但紙製量角器不夠堅固平整，容易被彎折，也可能影響測量結果。

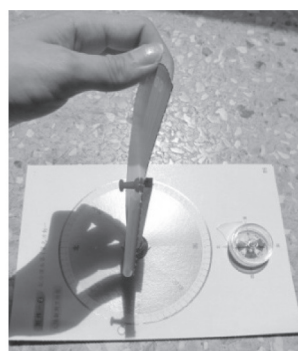
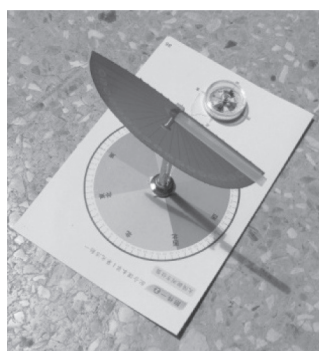
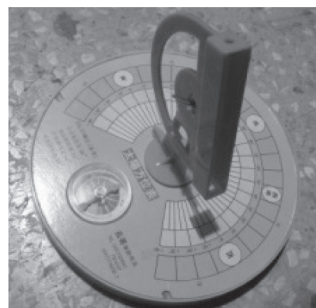
方法三：用直尺測量立竿的長度當高，竿影的長度當底，在紙上畫出直角三角形，再用量角器量出斜邊和底邊的夾角，就是太陽高度角。

1. 與方法二相同，此一方法最大的問題就是立竿的垂直度難以精準固定。但利用紙上繪圖再測量的方法比直接拉線測量的準確度提高許多。
2. 在繪製直角三角形時，直角的測量不夠精確，也可能使得高度角的測量值產生誤差。

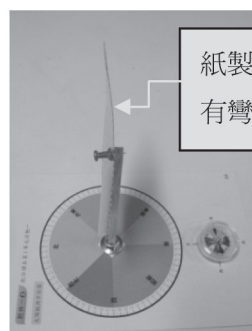
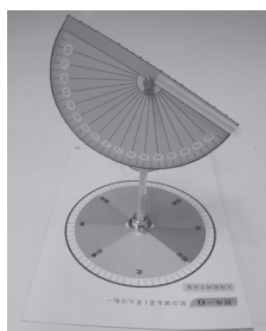


方法四：旋轉太陽觀測器上專用的量角器，利用陽光透過量角器底部吸管會在地面上顯現出的圓圈形影子來對準太陽時，此時棉線所對準的量角器角度就是太陽的高度角。

1. 此一設計與早期的太陽觀測器教具〈參閱右圖〉雷同，整體設計和方法二相似，只是將量角器移到立竿上方，必須先轉動下方底座調整方位(如下左圖)使紙板量角器影子成一條線形，才能旋轉量角器使光線能直接穿過吸管形成圓形影子(如下右圖)，調整難度很高，而當影子最接近圓形時，就表示對準太陽。但此一方法仍無法擺脫方法二的缺點。

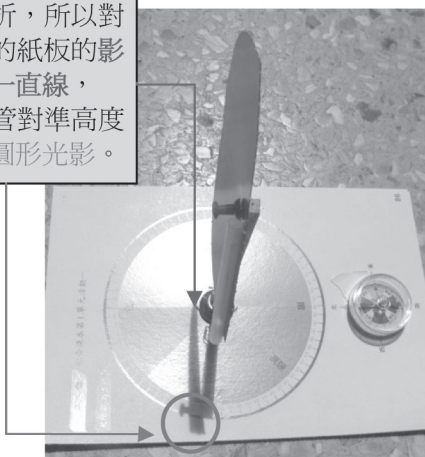


2. 又將紙製量角器固定在立竿上方，使得立竿頭重腳輕，垂直的穩定性更差。而且紙製量角器本身不夠平整，手在調整轉動時，非常容易被彎折變形(如右圖)，只要有一點點的偏折弧度，就會干擾影子的形狀，詳細說明如下。

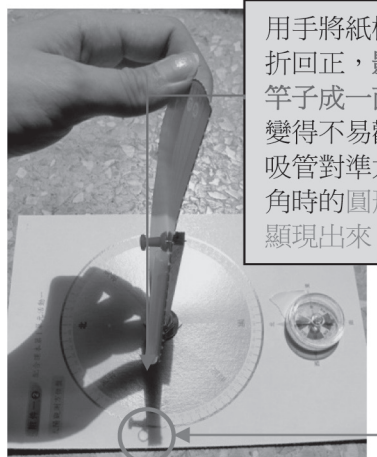


紙製量角器側面圖，有彎折變形的情况。

紙板稍有彎折，所以對準太陽方位的紙板的影子並沒有成一直線，也看不到吸管對準高度角時出現的圓形光影。



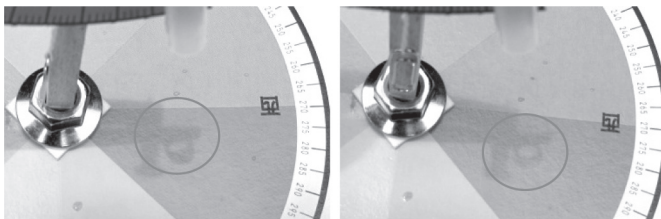
用手將紙板稍微彎折回正，影子才與竿子成一直線，但變得不易觀察。而吸管對準太陽高度角時的圓形光影才顯現出來。



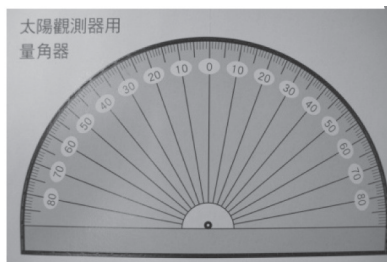
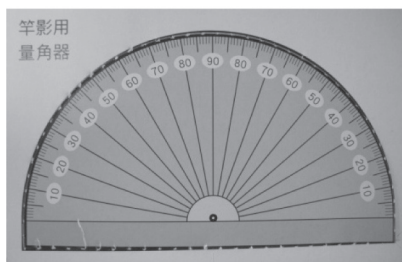


3. 吸管的黏貼是否與量角器底邊完全平行並黏貼牢固，也會影響測量的準確度。

4. 對於吸管圓圈影子的形狀判定，不同的學生可能會有主觀上的辨識誤差，亦會影響測量結果。

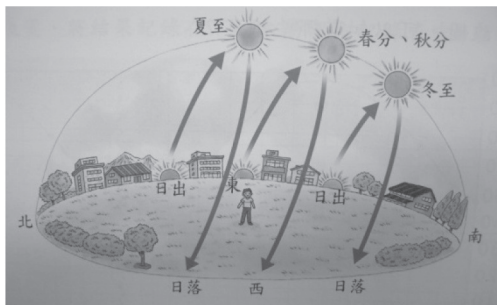
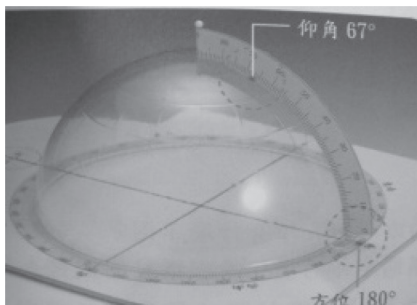


5. 量角器上棉線所指刻度〈棉線和底邊夾角〉與太陽高度角互餘〈角度合為90度〉，所以棉線所指刻度還必須經過換算，對於部分學生會造成學習負擔。附件上雖然有換算後適用的量角器〈如下方右圖〉，但仍須經過解說與實際測量比較，學生才能理解為何有兩種型式的量角器，這在教學上，對於大部分的學生會造成學習困擾。



方法五：利用版本研發的立體天空模型，移動筆尖使影子落在底板中央，筆尖所指的地方即代表當時太陽在天空中的位置。弧形仰角尺標對應的刻度就是太陽的仰角。

1. 此一南一版本教具(如下左圖)將天球的概念引入，立意很好，教具的穩定性也較佳，但仍受地面不是水平的現象干擾。



2. 此一設計必須將地面的觀測者視為一點，較缺乏真實感，學生是否能將觀測結果與自身觀測太陽的光影感受進行聯結與理解(如上右圖)，還須進一步觀察與研究〈作者並未使用過該教具實際進行教學〉。



不屈不撓 ～ 教學與科展共同向太陽觀測宣戰

作者擔任高年級自然科任已滿十個年頭，因此反覆接觸此一太陽觀測的單元亦有四回，前述的學生學習困難其實也是教師自身的教學困難，在每一回的教學歷程中，無不努力嘗試克服各項困難。從剛開始每班要同時指導近30個學生操作的手忙腳亂窘況、面對不合理的數據就質疑學生不夠認真，到現在已能有經驗的事先提醒學生操作技巧與應變措施，並有效率地完成教學活動，尤其是能自信的在測量數據取得後和學生分析造成誤差的各種可能原因，引導出較合理的概念，但看到仍有學生是在不確定的結果中學習，總是有些遺憾。

在指導學生參與48屆全國科展時，一開始學生是想對太陽能板在不同時間的發電效能進行探討，為了確認相關因素，必須先對太陽位置變化進行精確測量。於是，因緣際會的便一頭栽進了如何精確測量太陽位置的技術改良研究，以下便節錄學生在科展報告中有關太陽位置觀測技術的研究歷程與成果，這也是作者後續嘗試改良太陽觀測器成為教學時可方便使用的教具原型。

一、科展指導歷程紀實

(一) 觀測動機：由於前幾次到戶外進行太陽能板發電情形的初步觀測時，我們觀察每節下課測量的紀錄，發現方位角和高度角都會增加10幾度，但是每節課〈40分鐘〉增加的數據又不一致，所以開始懷疑究竟是我們測量的技術不夠準確，還是太陽的位置變化真的不規律，所以在進行後續各項實驗的同時，有必要對太陽的位置變化規律作一番仔細的觀察。

(二) 觀測步驟：以下簡略說明我們測量與逐步修正的過程。

1. 作法一：使用舊教具「太陽方位及高度角觀測器」測量。

狀況：測量結果與天文館公佈的台北市中天時間仰角資料進行比對後不符，高度角誤差達到4度，方位盤的指南針受地面干擾嚴重，每次測量到中午時間，方位都不在正南方，而且誤差很大。



2. 作法二：回歸原始測量方式，以架子紀錄竿影位置和長度變化。

狀況：地面不平、架子不正，測量上產生更大的誤差，還是與天文館公佈的台北市中天時間仰角資料不符合。





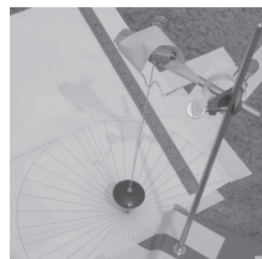
3. 作法三：以砝碼和繩子製作鉛錘線，替代竿子並記錄影子的位置變化，然後用繩子與量角器立刻拉線測量太陽高度角

狀況：砝碼不夠重，鉤子形狀不對稱使重心不穩，加上風吹影響，使鉛垂線不停旋轉。

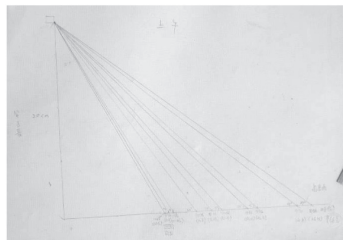
4. 作法四：使用建築用的鉛錘，改善作法三的缺點。

狀況：方位測量較準確，以中天時間測量到的方位為正南方，再用量角器反推回去測量各時間的方位。但是地不平，量角器無法確實水平擺放，產生高度角的誤差。

5. 作法五：沿用作法四的方法，在鉛錘下方放置圓形方位紀錄紙，先在紙上點出各時刻的影子頂點，一整天觀測結束後再畫線〈線長與影長垂直，連接鉛錘線頂點與影子頂點〉，測量高度角。

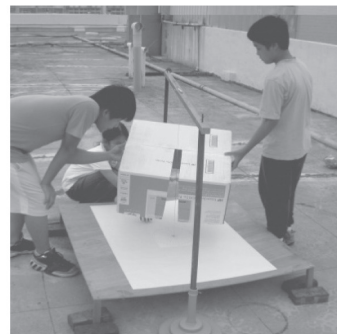


狀況：中午的時候標記的影子太短，會和鉛錘的影子重疊，導致我們沒有辦法明確記錄標記影子的位置。另外，由於早晚的陽光強度較弱，且外在光線干擾嚴重，導致半影的產生，使觀測時點的記錄位置不準確，無法清楚的看到本影。



6. 作法六：沿用作法五，用支撐架撐起紀錄紙，並將鉛錘懸吊在木板下方，以避免鉛垂干擾到正中午鉛垂線標記點的紀錄。而且，為了不讓懸吊鉛垂的木桿影子與鉛垂標記的影子重疊，我們在左右各擺一個可移動的支撐桿，上下午各調整一次。另外，為了克服半影的問題，我們用紙箱自製一個能夠遮擋外在光的罩子，且以懸空的方式，以免使木板凹陷影響觀測結果。

狀況：桌子的木板太薄，中間木板有些下陷，應另外再訂製一個更厚更堅固的觀測架。



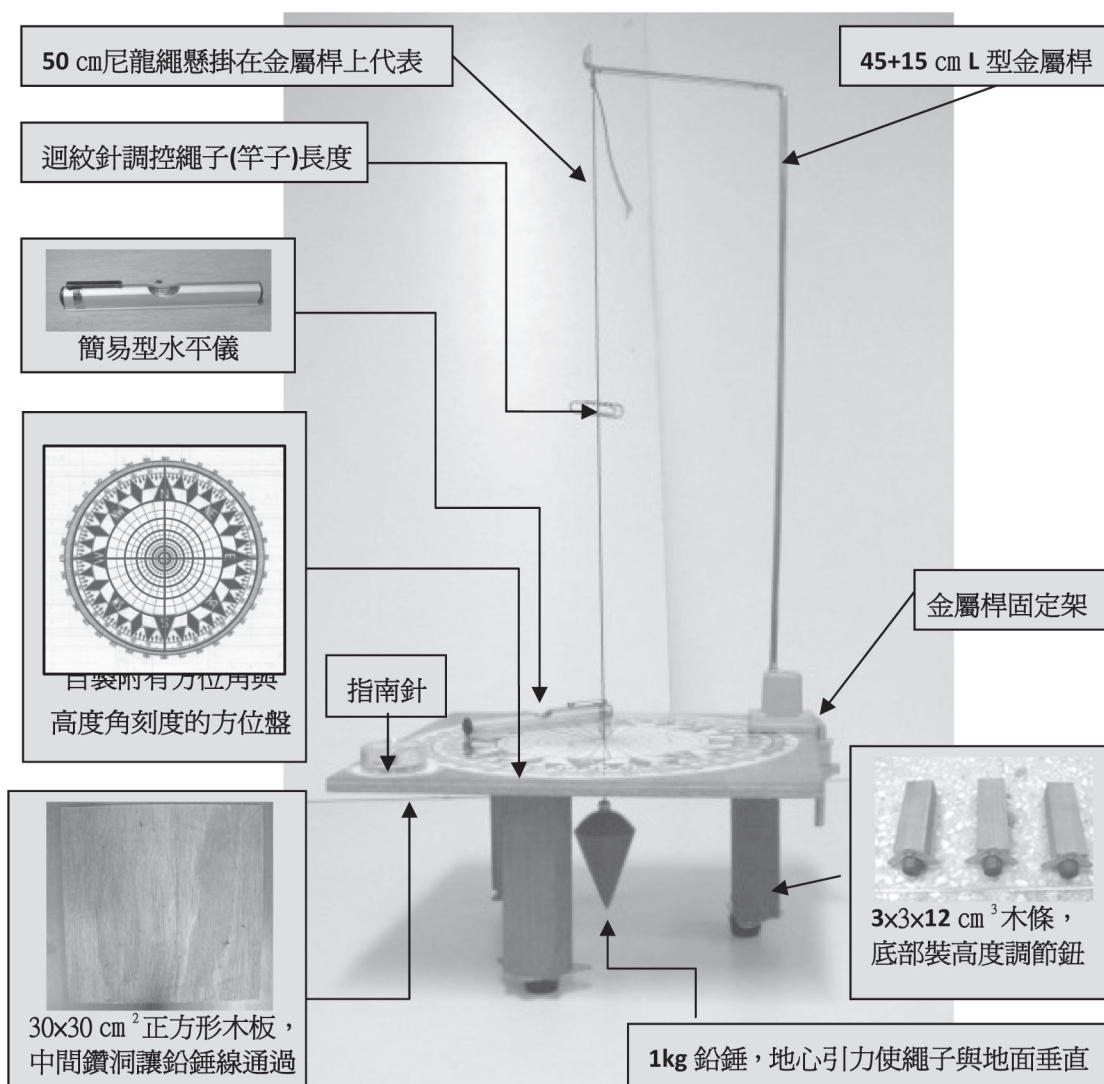
再接再厲 ～ 太陽位置觀測器製作歷程全記錄

根據科展研發出的太陽位置觀測器原型，作者指導學生製作了一個簡易縮小版的模型（如右下圖），作為參加科展複審口試時的解說模型。後續又因為有機會和其他教師分享此一研究成果，獲得許多正面的回應與改進建議，因此在下一年即將有機會再上太陽觀測的單元前，作者決定嘗試將研究成果精緻化與模組化，期待能運用於實際教學，解決多年來在教學上遇到的困擾。以下便詳細介紹自製太陽位置觀測器的製作方法與操作方式。



一、太陽位置觀測器製作方法

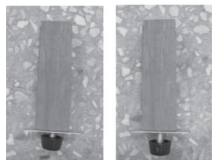
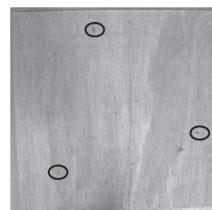
1. 實際成品與製作材料說明





2. 太陽位置觀測器製作方式

- (1) 以正方形木板兩條對角線交會點為圓心，畫一個半徑10cm的圓，在圓周每隔 120° 標記，共標計3點。
- (2) 在正方形木板中心用電鑽穿一個直徑約0.5cm的洞。
- (3) 將木條底端裝上高度調節螺旋底座，釘在事先標記的圓周上，形成三足鼎立。



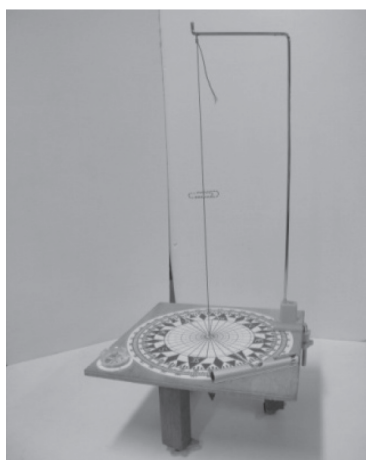
可旋鈕螺絲改變長度



- (4) 將自製同心圓型紙板護貝後，同樣在圓心穿一個直徑0.5cm的洞並黏貼在木板上方。
- (5) 將指南針方位和自製太陽位置觀測記錄盤方位對齊並固定。
- (6) 將L型金屬桿固定夾在木板邊緣，金屬桿轉至圓心上方。
- (7) 將尼龍繩鎖在鉛錘上，再穿過木板中心，調整適當距離，在尼龍繩頂端打一個可套掛的圈結，套在金屬桿上。



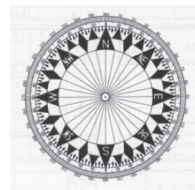
- (8) 在尼龍繩上夾一個迴紋針代表竿頂，迴紋針的位置可上下任意調整決定竿長。





3. 方位與高度角數值對應圓盤製作方式

(1) 運用網路搜尋具有 360° 及八方位標示的方位盤圖形當作基底圖〈如右圖〉。



(2) 運用EXCEL計算 $20^\circ \sim 85^\circ$ 的 $\tan \theta$ 值，選定適當的立竿長度

〈例：4cm〉反推出各種高度角出現時的影長。但須注意：竿長愈長，竿影也愈長，觀測架也跟著增大，教師可根據需求或環境做選擇。

高度角 θ	$\tan \theta$	竿長 / $\tan \theta$ = 竿影長 (4cm / $\tan \theta$)	方位盤直徑 (cm)
0	0.00	#DIV/0! (無限長)	#DIV/0!
1	0.02	229.2	458.3
10	0.18	22.7	45.4
15	0.27	14.9	29.9
20	0.36	11.0	22.0
25	0.47	8.6	17.2
30	0.58	6.9	13.9
35	0.70	5.7	11.4
40	0.84	4.8	9.5
45	1.00	4.0	8.0
50	1.19	3.4	6.7
55	1.43	2.8	5.6
60	1.73	2.3	4.6
65	2.14	1.9	3.7
70	2.75	1.5	2.9
75	3.73	1.1	2.1
80	5.67	0.7	1.4
85	11.43	0.3	0.7
89	57.29	0.1	0.1
90	#####	0.0	0.0

根據右表補充說明：

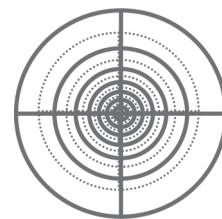
I. 教具使用時間多半是在學生上課時間〈約上午8:00~下午4:00〉，所以根據天文相關資料記錄，學生有可能測量的高度角多半在 20° 以上，因此製作方位盤時，可省略過小的角度〈紅色標記〉。

II. 根據右表可知：過小的高度角(例 $0^\circ \sim 20^\circ$)時，竿影會非常長，且會因為其他天光形成半影，導致影子變模糊，或是受週邊建築物的阻擋，不易測量。

II. $85^\circ \sim 90^\circ$ 之間的位置〈綠色標記〉剛好是鉛錘線通過的位置，所以無法顯示影子的位置，但在台北〈甚至全台灣〉出現此一現象的機會很低，台北只有在1夏至

6/22時正中午時段，才有可能出現約 89° 的高度角，所以一般學校在9~10月上此一太陽觀測單元時， $85^\circ \sim 90^\circ$ 不易辨識的問題不會影響教學。

IV. 由於 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之間每一度的竿影變化差異不大，所以在製作高度角判讀刻度時，以每5度為一標示區間。中間的數值可透過估算或是利用三角形作圖的方式精算，練習不同的測量方式。



(3) 再利用繪圖軟體〈例：WORD 圖案功能〉，根據前項計算出的每5度竿影長度變化，繪製半徑不等的同心圓，代表各個高度角〈如右圖〉。

(4) 將代表高度角的同心圓與方位盤圓心重疊，即完成太陽位置觀測器的方位與高度角數值對應圓盤。

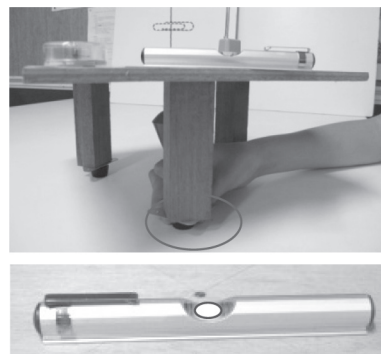


二、太陽位置觀測器操作方式

1. 將觀測架擺放在可照到陽光的地面或平台後，旋轉腳架下方高度調節螺旋鈕，使觀測架桌面上水平儀不論擺在什麼位置，氣泡都在正中心，即表示桌面已成水平。

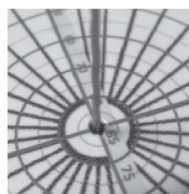
(註：裝設3支腳架在調整水平時較為容易，先固

定1支腳的高度，轉動另外2支，使水平儀氣泡移到中心。



2. 將觀測架旋轉至圓形自製方位盤與指南針方位對應(如右圖)。

3. 調整尼龍繩通過木板圓心，不要碰觸到木板，即表示繩子已受重力方向牽引而呈垂直。



4. 在棉線靠近洞口處往上從用尺量出4cm高，將迴紋針移動至標記高度，代表竿頂。

(註：此件儀器上的太陽高度角刻度

是以竿子為4cm時計算的竿影對

照數值。如果要將竿子長度調整，必須將整個儀器比例縮放，教師可根據學校授課場地規模或是製作能力與資源進行調整，對應圓盤的製作方式可參閱前面的介紹。)



5. 可在圓盤上立刻根據迴紋針的影子位置判讀太陽的方位和高度角。

例：影子約西方，所以太陽在東方。

影子的方位角是： 266°

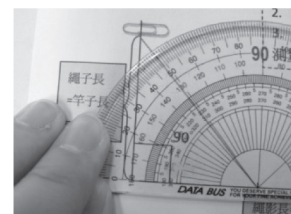
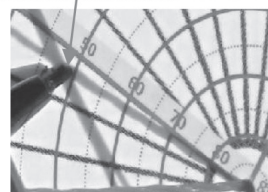
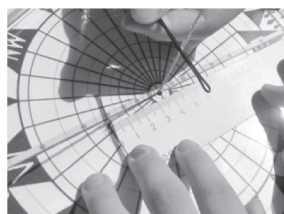
影子反向(太陽)的方位角是： 86°

高度角對應在 $45^\circ \sim 50^\circ$ 之間，約 49° 。



6. 亦可用簽字筆標記下棉線陰影上迴紋針的位置，測量影子長度後，在附件學習單(如下頁)上繪製直角三角形進行太陽高度角測量。

例：繩長： 4cm ，影長： 3.4cm ，高度角： 49°

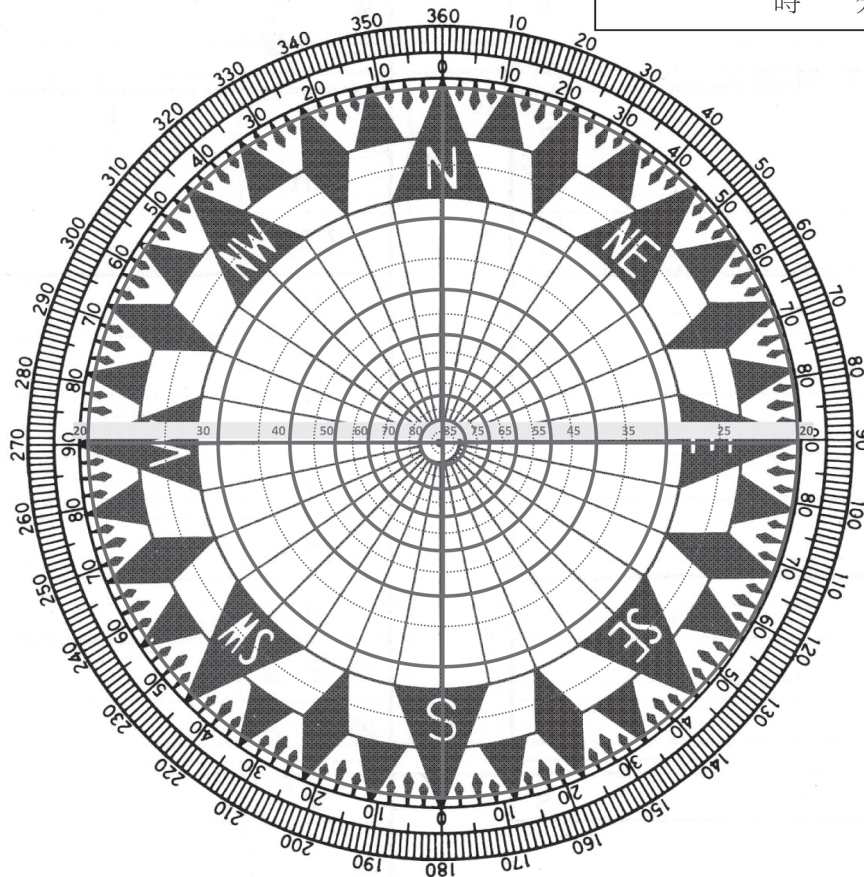




附件： 太陽高度角 測量學習單

測量方法一：在太陽觀測器上直接判讀，請根據太陽方位盤上的影子描繪記錄在縮小圖上。

觀測時間：	月	日
	時	分

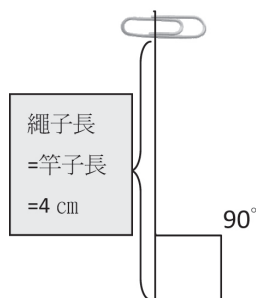


觀測盤上直接判讀結果：影子方位是：(方)，影子方位角是：(°)
 太陽方位是：(方)，太陽方位角是：(°)，太陽高度角是：(°)

觀測方法 二：作圖測量太陽高度角，步驟如下。

1. 在下方底邊標記繩影長度。
2. 請將繩子頂點與繩影頂點用直尺連線。
3. 用量角器 0° 底邊貼齊繩影線段，中心點對齊繩影頂點。
4. 測量兩頂點連線與底邊的夾角，即是太陽高度角。

測量結果：實際作圖測量出的太陽高度角是：(°)



繩子長
= 竿子長
= 4 cm

繩影長=竿影長=() cm，請在線上畫記標示



自立自強 ～ 自製太陽位置觀測器的優缺點分析

以實際教學的經驗累積與指導科展的發展機緣，作者本著科學教師應有的科學素養與科學態度，終於製作出一個師法傳統、結合科學、堅固穩定、測量精確、又能多元學習的太陽位置觀測儀器，心中的感動與激動真是難以言喻，也熱情的期望將這樣的成果與更多老師和學生分享，以下便列舉出自製太陽位置觀測器的優點與缺點，請大家給與批評和指教。

一、優點分析

(一) 師法傳統

觀測儀器中使用的水平儀和鉛錘兩樣零件都是老祖宗在建築房屋時經常使用的校準工具，在一般的五金行也都可以購得。

其中，水平儀是用來偵測方位盤是否擺放水平，這在現有的教材和教具中，幾乎完全被忽略，而在歷屆科展作品中，則有看過使用連通管原理進行校正，但技術較為繁複，所以我們採用市售的簡易水平儀替代，較為方便。

其次則是用鉛錘調整垂直，其實原本的教具中就有這樣的設計，但多半是在立竿上再加裝一條吊掛迴紋針的棉線，此一鉛錘只能作校正用途。但是我們則將立竿和校正鉛錘合而為一，亦即鉛錘線就是立竿，不但將結構簡化，而且將校正的工作交給地心引力，線一自然垂下，就代表立竿已經調整校正呈垂直了，不必再移動竿子或是拿三角板比對，因為誰能比地心引力校正得更準確呢？

另外，腳架下方裝了螺絲旋鈕，可快速調整腳架的高低，這也是從家具製作和傳統的天平儀器參考學來的技術。而高度調節螺旋鈕的零件亦可在五金行購得。

(二) 結合科學

除了上述利用氣泡在液體中會上升的現象來調整水平，以及運用地心引力使鉛錘線呈垂直的科學現象外，調整水平只裝置了三個腳架，一方面是因為在力學結構來看，等邊三角形的受力均勻，能夠相互支撐，不容易受外部力量的干擾而破壞。另一方面則是在調整時，腳架數量越少，互相的干擾箝制愈少，則越容易調整。

(三) 堅固穩定

原本的教具都是以紙板作為材料，雖然製作成本較低，但是在實際戶外測量時，自然的風吹以及人為的碰觸，都會讓儀器產生位置移動。因此以木板為基座，加上鉛錘的重量，儀器便明顯變得穩固。

觀測器的製作必須花費一些時間和材料費用，其中的木工裁切也不是人人有



工具和技術，但是一旦製作完成，保管得當，儀器是可以反覆利用，比將紙製觀測器使用後變成紙類回收更為環保。

另外，建議教師善用學校資源，例如：L形支撐竿與固定器是簡單機械單元提供的現成教具，而相關木工技術亦可以請學校技工協助。(註：感謝本校技工林先生的大力協助，讓這件作品得以完成，而觀摩木工相關技術的過程亦讓作者獲益良多。)

(四) 測量精確

現有的教具多半是以筆、牙籤、木條、竹筷…等長條狀物品作為立竿，在陽光下形成的影子寬度對應在方位盤上可能會橫跨有2~3度的範圍，學生的判讀便會產生誤差。但是換成鉛錘線時，繩子較細，所以對應在刻度上也較為精準。

在方位和高度角對應圓盤上的刻度精細，所以可以立刻判讀，免去因為操作時間過長而錯失即時對應結果，因為太陽的位置會隨著時間不斷改變。

(五) 多元學習

參閱p470和p471的觀測操作方法，此一觀測器具有立即判讀和利用直角三角形作圖兩種方法測量太陽高度角，一方面學習不同的測量技術，一方面也可將兩種測量結果進行比對，如果誤差很大，學生便可自發性的反覆檢驗測量技術，能有效激發學生自主學習。

二、缺點分析

(一) 儀器製作需技術與經費支援

相較於現有教具的附件與材料，自置儀器明顯較為繁複，需要額外購買一些器材(約200元)，也需要木工裁切與釘子固定銜接；在對應圓盤的繪製上也需要用電腦相關軟體進行處理與列印。但是，製作精良的儀器不但可以反覆使用，亦對科學概念建構有很大的助益。

(二) 測量範圍受限

參閱p469，由於太陽高度角較小時，竿影長度會多達上百倍，因此高度角對應圓盤或觀測器面板就必須變大，儀器不易搬動。所以受限儀器大小，繩長的設定便不宜太長，可測量的時間也有限，但是配合學校教學的月分與時間，儀器的使用限制並不會造成影響。

另外，支撐竿的影子會在某一個特定的時間和繩子的影子重疊，所以支撐桿的位置必須考量學校的地理緯度擺在太陽方位不會干擾的位置。(例如，台北地區，太陽比較不會出現在北方，支撐竿架在北方較佳。若真的有干擾，只需將支撐竿移位置就可，因為支撐竿是活動式的。



參考資料

1. 自然與生活科技領域 牛頓版 第五冊 第一單元 觀測太陽
2. 自然與生活科技領域 康軒版 第五冊 第一單元 太陽的觀測
3. 自然與生活科技領域 翰林版 第五冊 第一單元 太陽
4. 自然與生活科技領域 南一版 第五冊 第一單元 太陽與四季
5. 陽陽陽，大家一起來抓陽 全國科展43屆作品集 國小組 自然科 地球科學類
6. 照過來！看我為太陽能板擺POSE 全國科展48屆作品集 國小組 自然科 地球科學類