

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

第一名

最佳創意獎

080507

星空狂想曲--多功能天球儀的設計與探究

學校名稱：嘉義市西區興嘉國民小學

作者： 小五 吳政陽 小五 蔡旻叡 小五 黃子玗 小五 何宜靜	指導老師： 拱玉郎
---	------------------

關鍵詞：日晷、天球儀、四季

題目：星空狂想曲--多功能天球儀的設計與探究

摘要

我們參考「渾天儀」和星座盤，將天球儀加裝「時刻環」和「日期圈」成功設計出「即時星空天球儀」。當晚上使用時，具有立體星座盤的功能，若白天使用時，利用日影則可變為具有計時功能的「天球儀日晷」。也可以將「即時星空天球儀」改裝成能顯示 24 節氣的「天球儀圭表」。「雷射指星裝置」結合「即時星空天球儀」即變成能戶外使用星象儀。我們自創的「可調緯度天球儀」可以模擬出赤道和南北極的星體運行軌跡與太陽運行軌跡，也可當成測緯度用的「緯度測定儀」。我們計算證明各種不同圭表，若以 [冬至到春秋分的距離] 以及 [夏至到春秋分的距離] 的比例可分成【1：1】和【2：3】兩類。「天球儀日晷」、「可調緯度天球儀」和「天球儀圭表」具有多項設計的巧思和獨創性，具有商品化的價值，也可考慮申請專利。

壹、研究動機

我們在國小五下南一版自然課本的「我們來看星星」單元有學到「星座盤」的使用方法，星座盤的正面在南方星空地平線附近的星座變形的很厲害，當平面的星盤要轉換為立體概念的星空，對我們小學生來說並不很容易。若能將星座盤改為立體球形，一定更能和真實星空更契合。我們想改進市售天球儀不能顯示即時星空的缺點，使天球儀能像星座盤一般，能隨心所欲調整顯示出幾月幾日幾點鐘的星空。

在國小五上南一版自然課本的「太陽與四季」單元有「日晷」以及「圭表」簡單介紹。我們不以重複做和別人一模一樣的日晷以及做相同的實驗為滿足，想挑戰做新式的日晷及圭表，並對我們設計的儀器做更進一步有趣的探討

貳、研究目的

- 1.【研究一】相關資料收集與分析
- 2.【研究二】「即時星空天球儀」的設計與探討
- 3.【研究三】以「即時星空天球儀」進行各項模擬實驗
- 4.【研究四】世界各地均可使用的「可調緯度天球儀」之設計
- 5.【研究五】「雷射指星裝置」的設計
- 6.【研究六】「星座盤日晷」的自創與發現
- 7.【研究七】「天球儀日晷」的自創與發現
- 8.【研究八】「天球儀日晷」的實際觀測
- 9.【研究九】設計獨特的「天球儀圭表」

參、研究材料和設備

塑膠透明半球（南一教具）、保麗龍球、木板、水平儀、雷射筆、壓克力板

星空模擬軟體 Stellarium0.8.2（中文）、Starry Night Deluxe2.0、市售簡易天球儀、

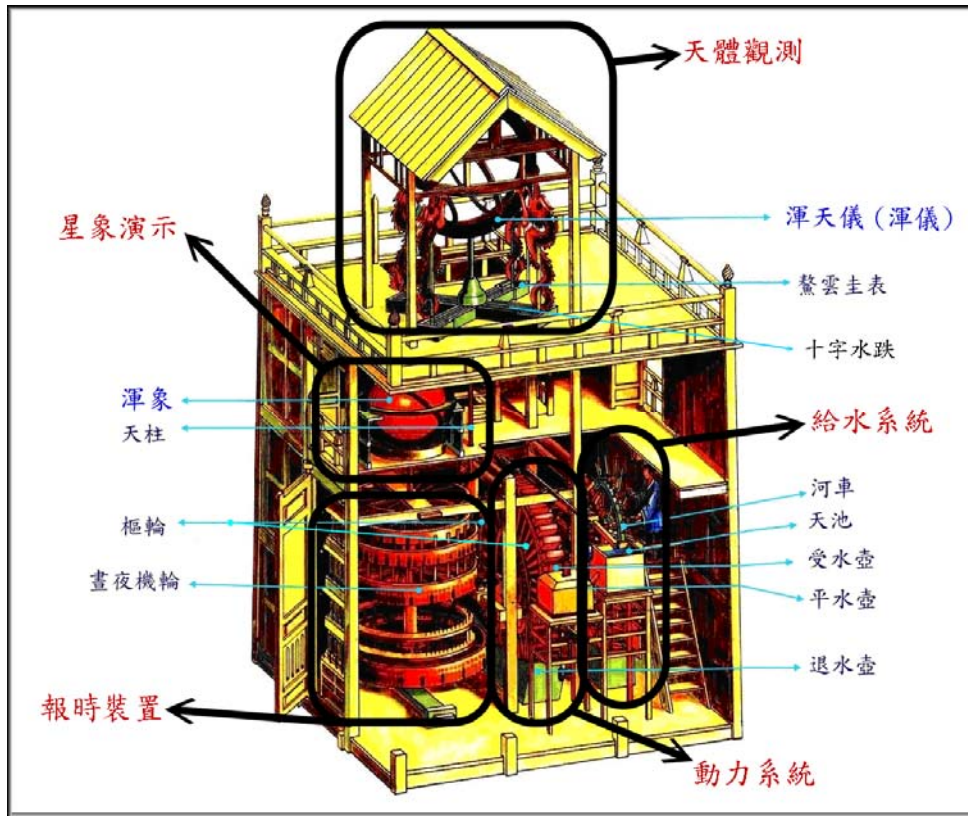
肆、研究過程和方法

1. 【研究一】相關資料收集與分析

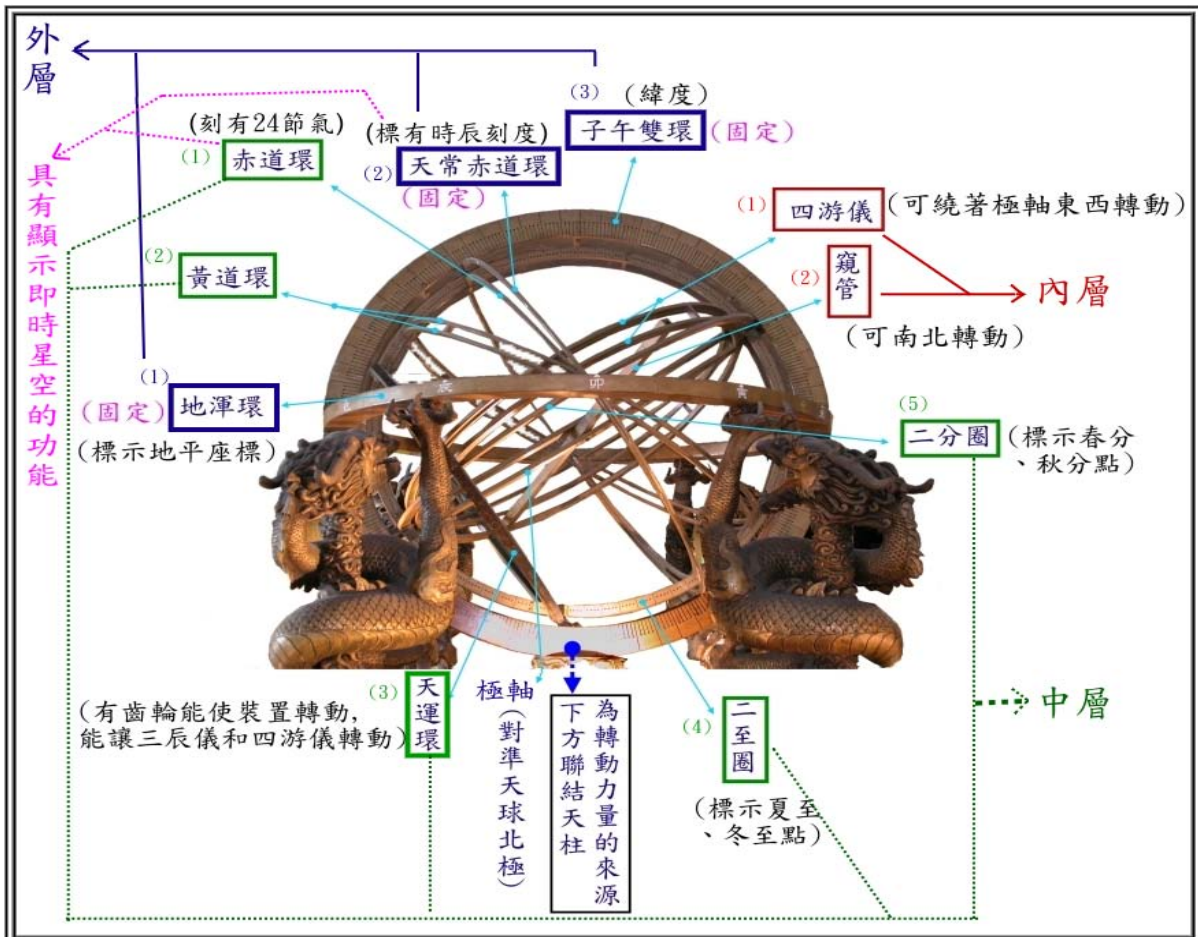
【圖 1】能顯示星圖的科學儀器--資料整理

名稱	(1) 星座盤	(2) 市售天球儀 (購自台中科博館)	(3) 水運儀象台 (台中科博館)	(4) 星空模擬軟體	(5) 星象儀
圖示			 〈高度：12 公尺〉 〈長寬各 7 公尺〉	 Stellarium 0.8.2 (中文) {Starry Night Deluxe 2.0}	 (專業)  (市售)
呈現	平面星空	立體星空	立體星空	平面星空	立體星空
星空	能顯示即時星空	不能顯示即時星空	能顯示即時星空	能顯示即時星空	市售型不能顯示即時星空； 專業型能顯示即時星空
特徵	南天球北天球星空因壓縮而變形，星座形狀也會變形	由天外觀天。極軸仰角非 23.5 度而是固定在 66.5 度。也不能顯示即時星空	下層為利用水車運轉的計時裝置；中層為演示星空「渾象」；上層為觀測天體的「渾天儀」。	能準確顯示不同時間不同地點的日、月、恆星、星雲星團位置。缺點：需要電腦執行，戶外使用不便，畫面仍是平面的。	需要圓形投影用的天花板，不能戶外使用。

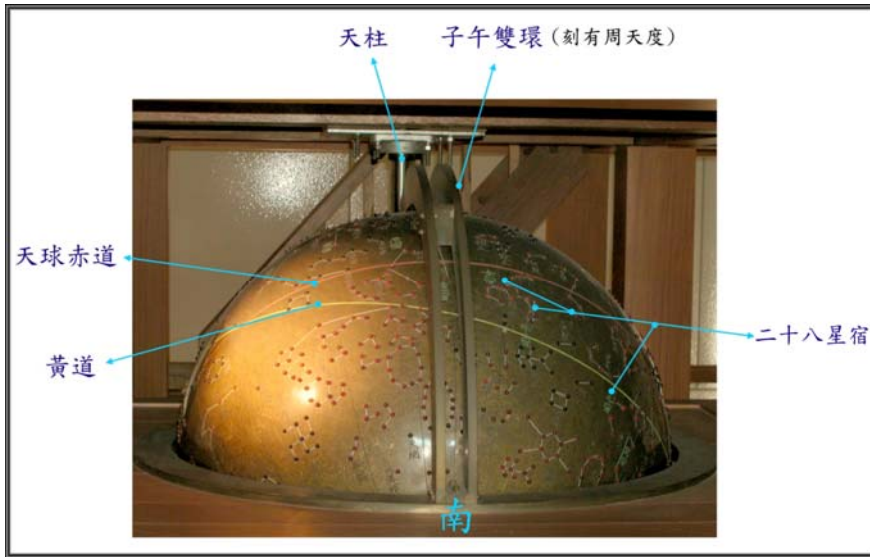
【圖 2】參觀台中科博館的「水運儀象台」。北宋蘇頌的「水運儀象台」分成「渾天儀」、「渾象」和「晝夜機輪」三大部位。利用天柱由下而上傳送水車的動力使三大部位同步運轉。



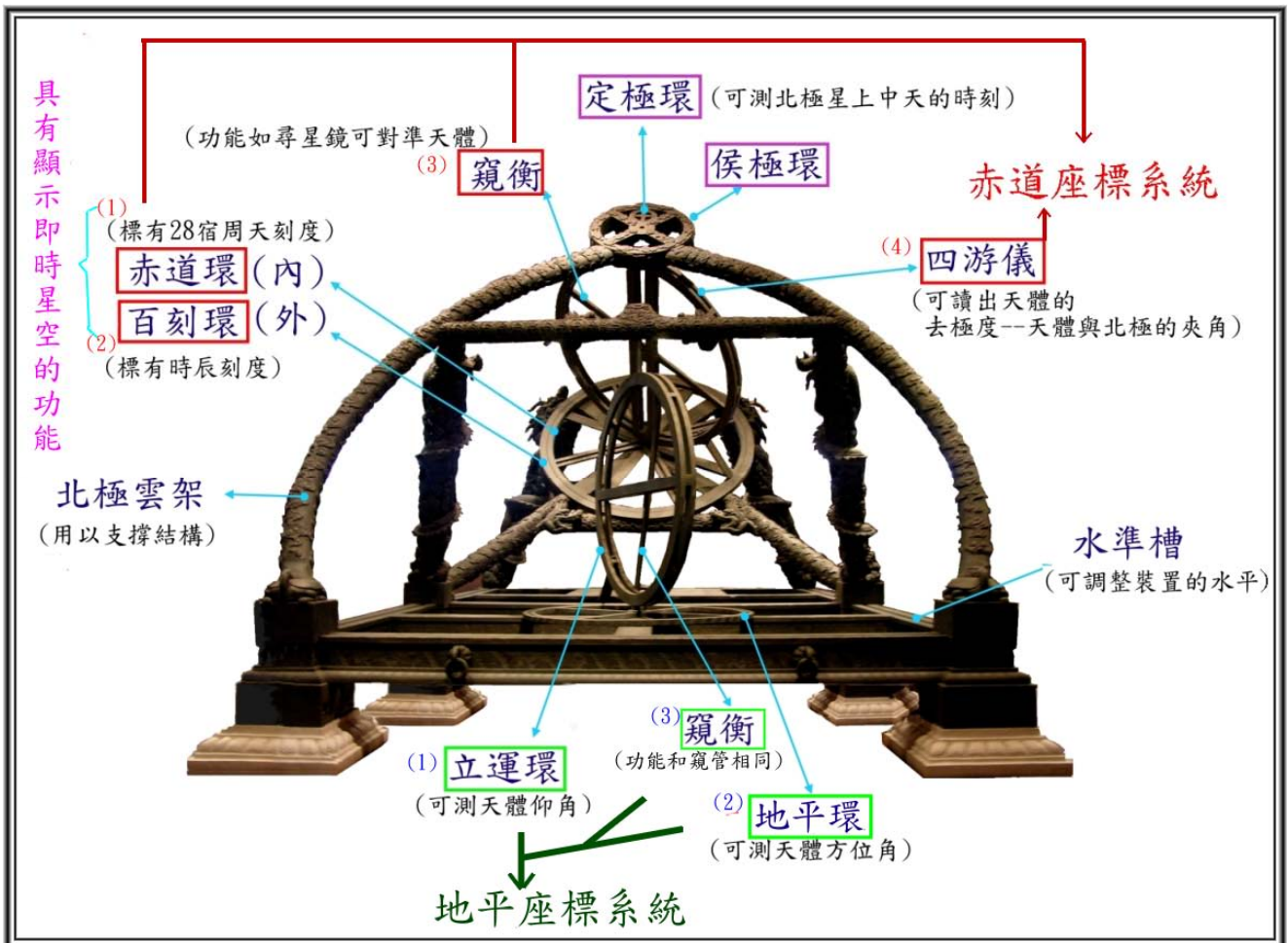
【圖3】「渾天儀」位於水運儀象台最上方，「渾天儀」有外層、中層和內層共三層構造。天運環具有齒輪，能使得渾天儀中層和內層轉動。最內層的四游儀和窺管可以用來測量天體的座標。我們觀察到渾天儀的「赤道環」和「天常赤道環」具有顯示即時星空的功能。



【圖4】「渾象」位於水運儀象台第二層，相當於「即時星空天球儀」的塑膠天球



【圖5】「簡儀」。簡儀是由元代科學家郭守敬設計的，他把渾天儀分解成赤道座標的「赤道經緯儀」和地平座標的「地平經緯儀」兩件儀器；簡化並撤掉了多餘的圈環。我們觀察到簡儀的「赤道環」和「百刻環」具有顯示即時星空的功能。



【我的發現】

當我們細看並思索許久之後，在「渾天儀」許多複雜的環當中，赫然發現其中有兩個環，能顯示即時星空的功能，就是「天常赤道環」和「赤道環」【圖 3】。「天常赤道環」，上面有百刻時刻，1 日分為百刻或 96 刻，它相當於我們「即時星空天球儀」上的「時刻環」。而「赤道環」，上面有 28 宿距度和 24 節氣，24 節氣是用太陽定日期的太陽曆而非陰曆，它相當於我們「即時星空天球儀」上的「日期環」。

2. 【研究二】「即時星空天球儀」的設計與探討

【圖 6】即時星空天球儀的製作過程

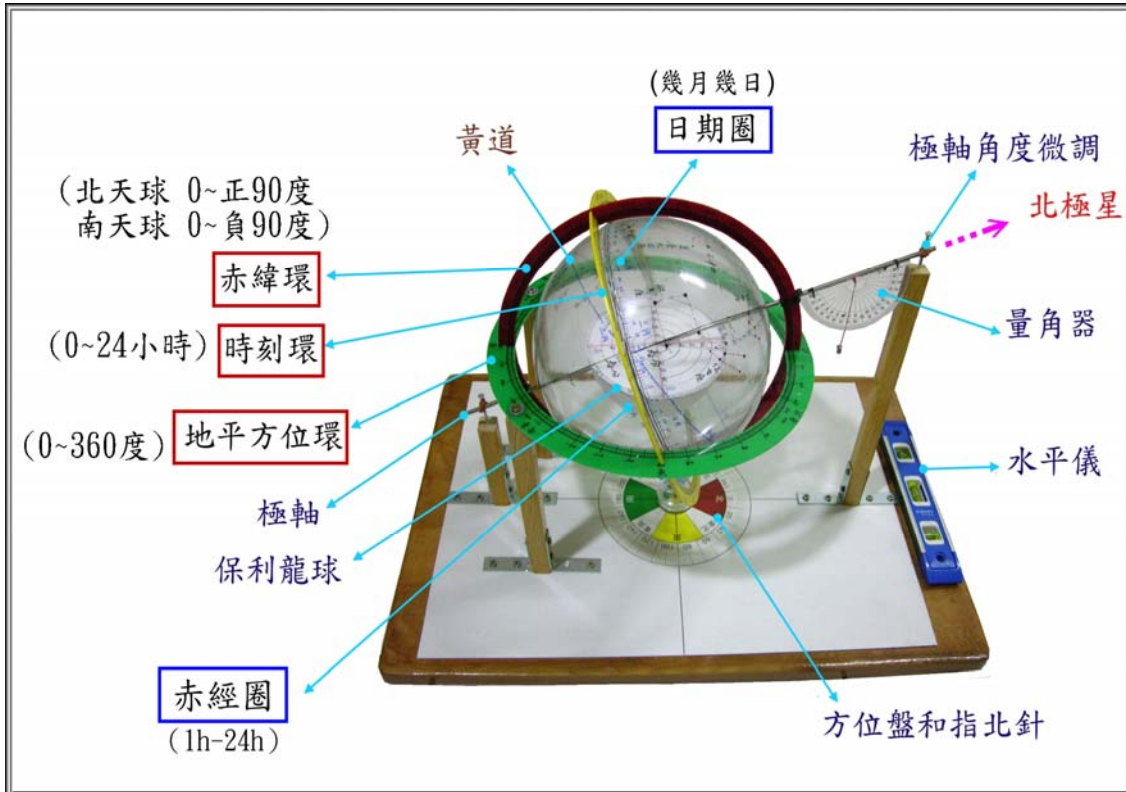
(1) 參觀水運儀象台	(2) 參觀渾天儀	(3) 畫出設計圖	(4) 完成第一代天球儀	(5) 利用星圖軟體讀出星體座標
				
(6) 在塑膠球上畫出黃道和四季代表星座	(7) 保麗龍球代表地球	(8) 組合塑膠天球和保麗龍球	(9) 第二代天球儀，三個環是用厚紙的	(10) 外環和「渾天儀」很神似
				
(11) 量角器可測量極軸仰角	(12) 底座設置指北針和方位盤	(13) 水平儀	(14) 橡皮筋可上下微調極軸角度	(15) 「即時星空天球儀」完成圖（第三代）
				

【結果討論】

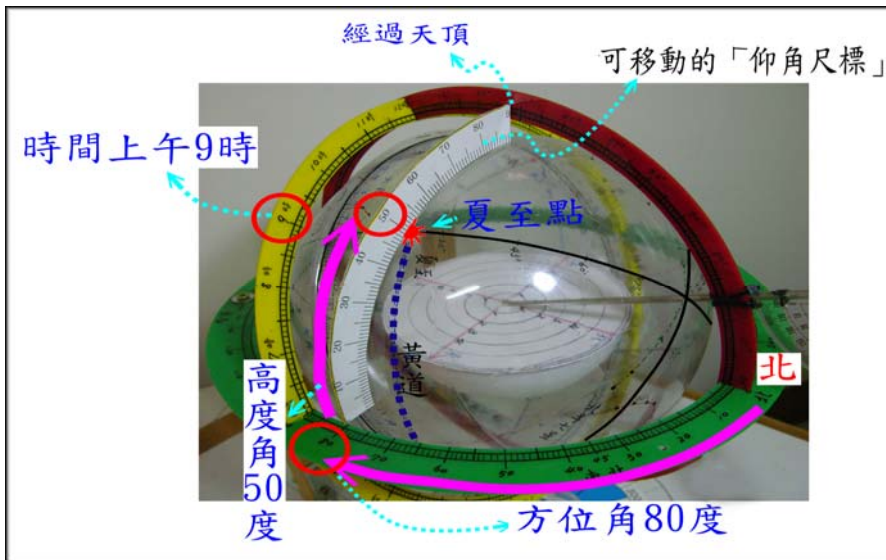
1. 將星座盤和渾天儀上的「日期圈」和「時刻環」的觀念運用到天球儀上，我們成功完成了能顯示任何時刻星空的「即時星空天球儀」。
2. 「即時星空天球儀」的三個外環相當於渾天儀的外層。赤道和赤經圈相當於渾天儀的中層，而雷射指星裝置相當於渾天儀的內層。

3. 【研究三】以「即時星空天球儀」進行各項模擬實驗

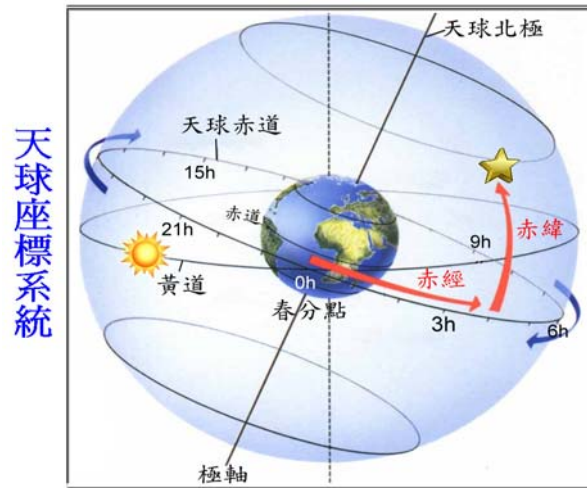
【圖7】「即時星空天球儀」(第三代)，它具有「地平座標系統」和「天球座標系統」



【圖8】本圖示範以「即時星空天球儀」測量太陽的「仰角」和「方位角」的方法。本圖顯示的是「地平座標系統」。

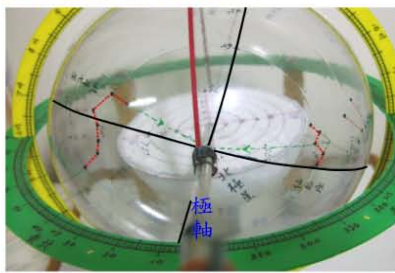


【圖 9】天球座標系統：地球的經度、緯度和赤道可以對應到天球的赤經、赤緯和天球赤道

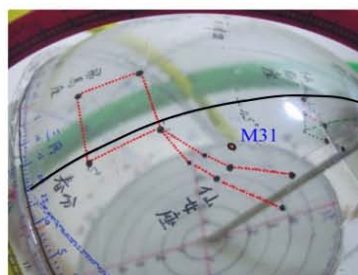


【圖 10】以「即時星空天球儀」尋找北極星、星座、星雲星團具有準確、快速、方便等優點

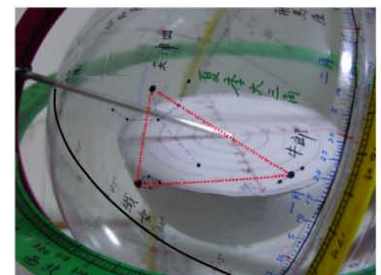
- (1) 1. 北斗七星和仙后座在相反位置
2. 利用雷射筆放在極軸方向很容易找到北極星



- (2) 搭配[雷射指星裝置]很容易找到M31(仙女座星系)或M45(昴宿星團)

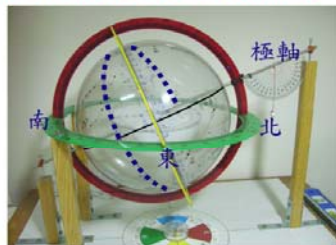


- (3) 搭配[雷射指星裝置]很容易辨識星座, 例如夏季大三角



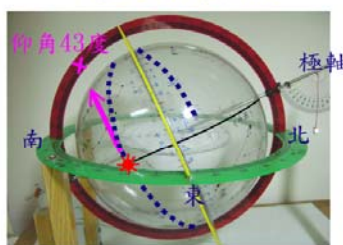
【圖 11】「即時星空天球儀」成功模擬嘉義四季代表日的日出、日落的時間、方位角和仰角

觀察地點: 嘉義北迴歸線(本校)



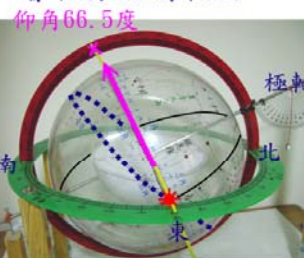
極軸仰角23.5度

冬至太陽軌跡



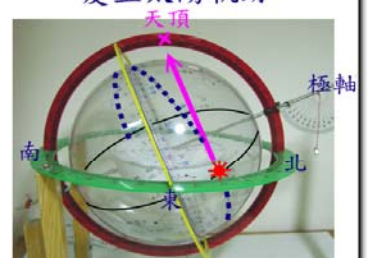
- (1) 東偏南升起
(2) 中午在正南仰角43度
(3) 西偏南落下

春秋分太陽軌跡



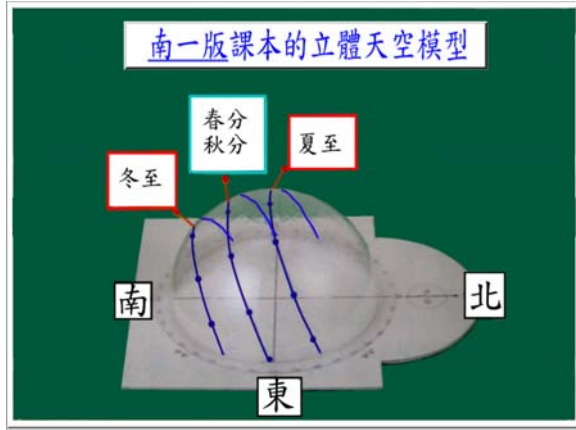
- (1) 正東升起
(2) 中午在正南仰角66.5度
(3) 正西落下

夏至太陽軌跡



- (1) 東偏北升起
(2) 中午在正天頂
(3) 西偏北落下

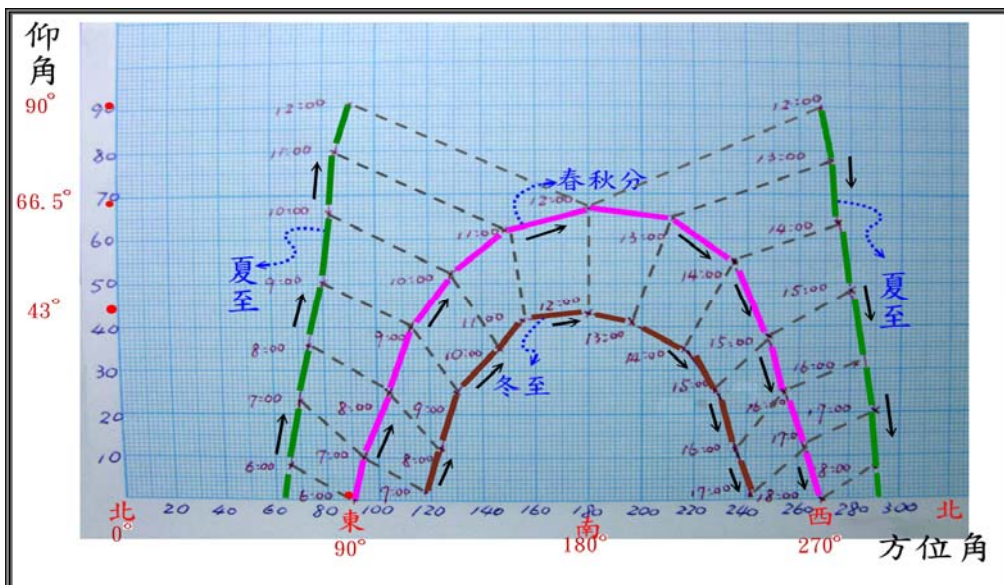
【圖 12】 在上圖【圖 11】模擬結果和南一版「太陽與四季」單元的「立體天空模型」結果一致（圖中三條藍線），我們的方法比課本方法更直接、更簡便



【表 1】以「即時星空天球儀」模擬嘉義市四季代表日的「太陽方位角」和「仰角」的數據。本結果和中央氣象局網站資料相當接近【參考資料 9】

模擬地點		嘉義市 緯度：北緯 23.5 度 經度：東經 120.5 度													
	時	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
夏至	仰角	8	23	36	50	66	80	90	77	63	48	31	20	8	
	方位	67	71	73	80	82	84	90	272	273	280	281	285	290	
春分 秋分	仰角	0	10	25	40	52	62	67	65	55	38	25	12	0	
	方位	90	94	104	113	128	149	180	211	235	248	254	261	270	
冬至	仰角	-	2	12	25	35	41	43	41	35	24	13	1	-	
	方位	-	118	123	130	143	157	180	196	216	228	235	242	-	

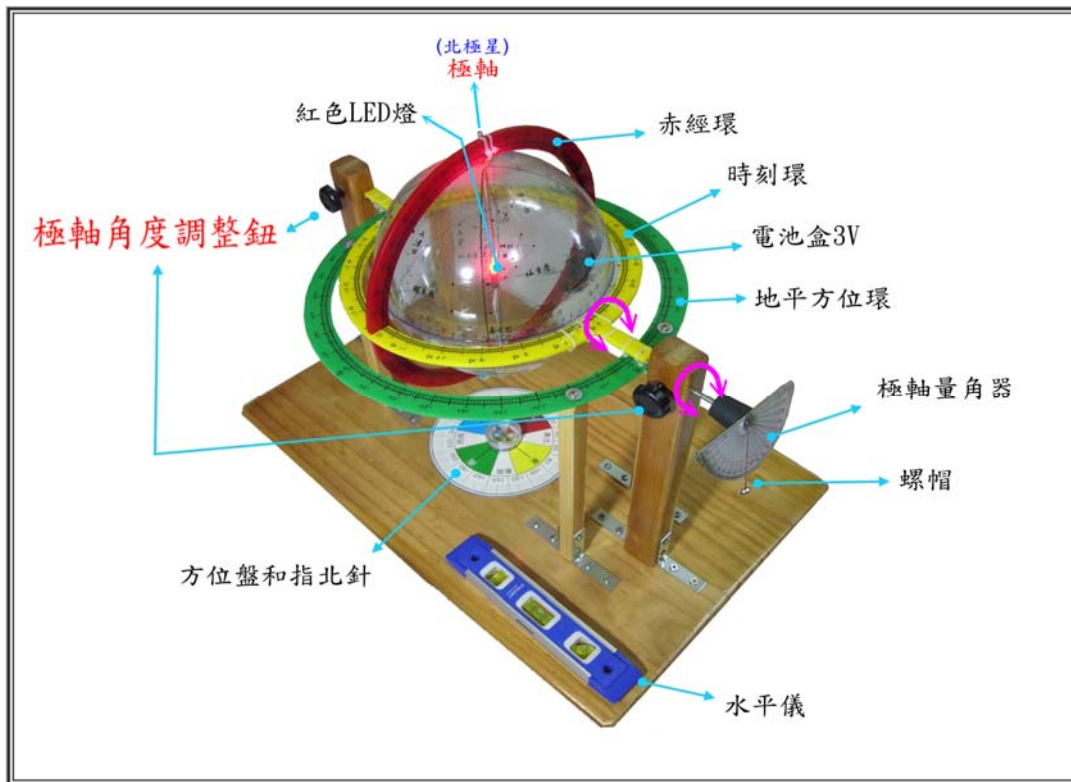
【圖 13】以「即時星空天球儀」模擬嘉義市四季代表日的太陽方位角和仰角，由本圖是依【表 1】之數據所繪製。春分、秋分的太陽由正東升起、正西落下，中午太陽在正南方仰角 66.5 度



4. 【研究四】世界各地均可使用的「可調緯度天球儀」之設計

【1. 製作結果】

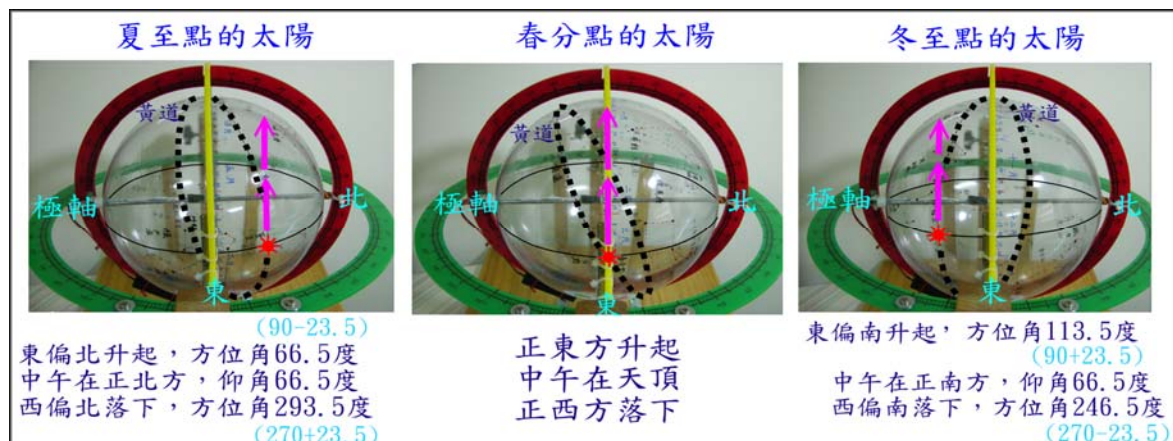
【圖 14】「可調緯度天球儀」可以成功演示不同緯度和任何時刻的星空以及太陽位置。



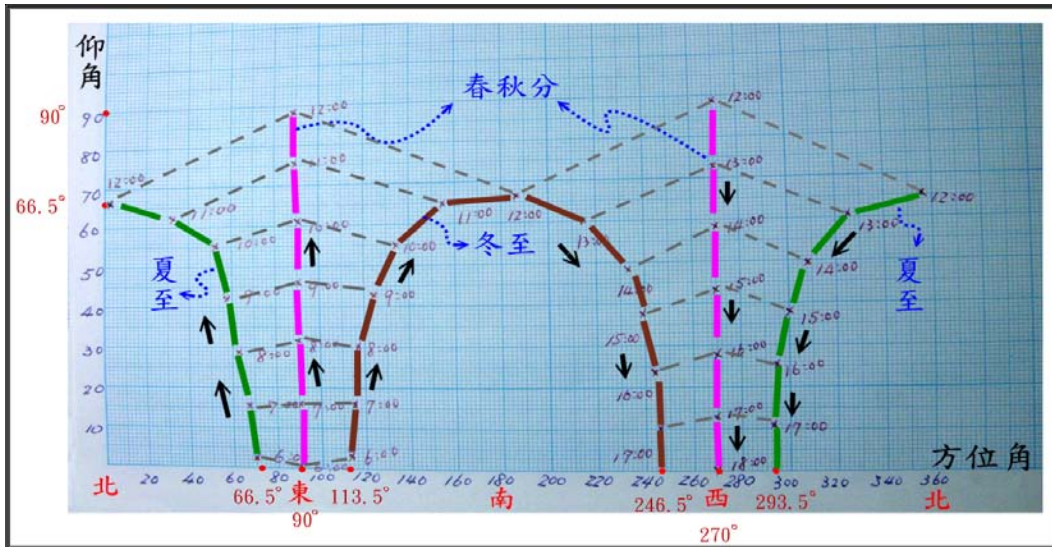
【2. 結果討論】

1. 我們發現「可調緯度天球儀」也可當成「緯度測定儀」，用來測定緯度。當所有的條件都是已知，例如：日期、時刻、方位、日影等都是已知，只有緯度是未知數時，就可以利用「可調緯度天球儀」來測量當地緯度的度數。
2. 以「可調緯度天球儀」測量緯度的步驟：（操作方式類似【圖 23】天球儀日晷）
 - （1）已知當時的日期和時刻
 - （2）原子筆放在當日的黃道線上
 - （3）轉動塑膠天球使原子筆筆尖對準時刻
 - （4）在陽光下此時的筆尖影子並未過球心，調整緯度調整鈕使筆尖影子正好過球心
 - （5）此時極軸量角器讀出的度數就是緯度。

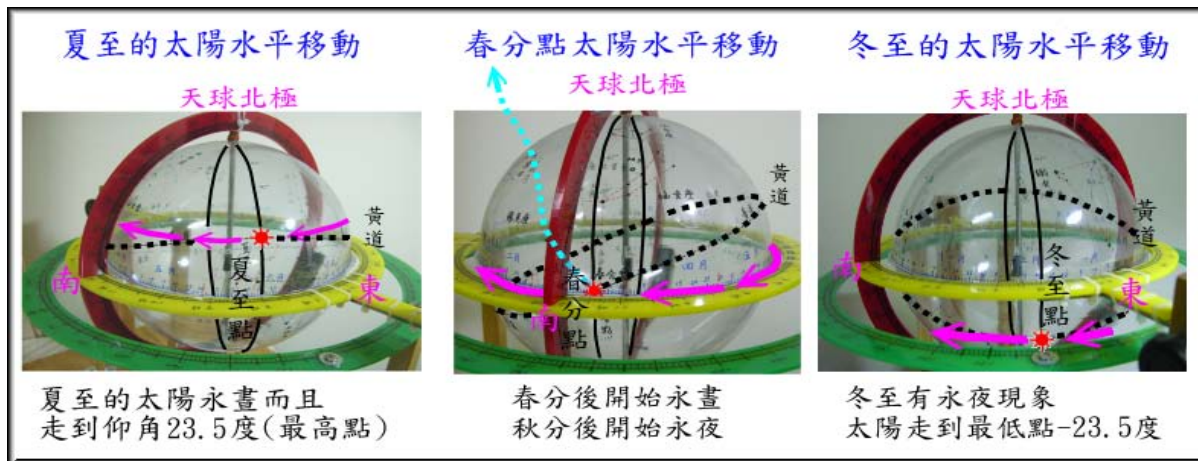
【圖 15】「可調緯度天球儀」可以模擬「赤道的太陽四季軌跡」。太陽軌跡和子午線垂直



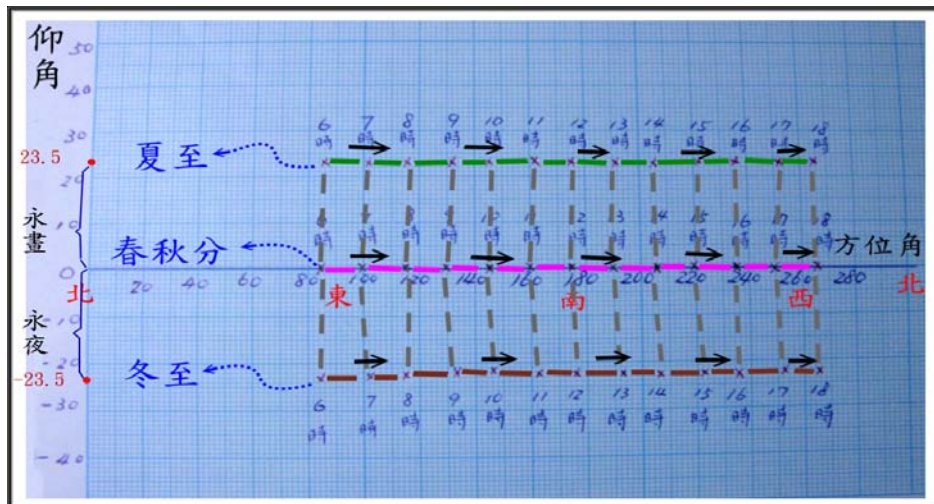
【圖 16】以「可調緯度天球儀」模擬「赤道的太陽四季軌跡」。
由本圖是依上圖【圖 15】的數據所繪製。



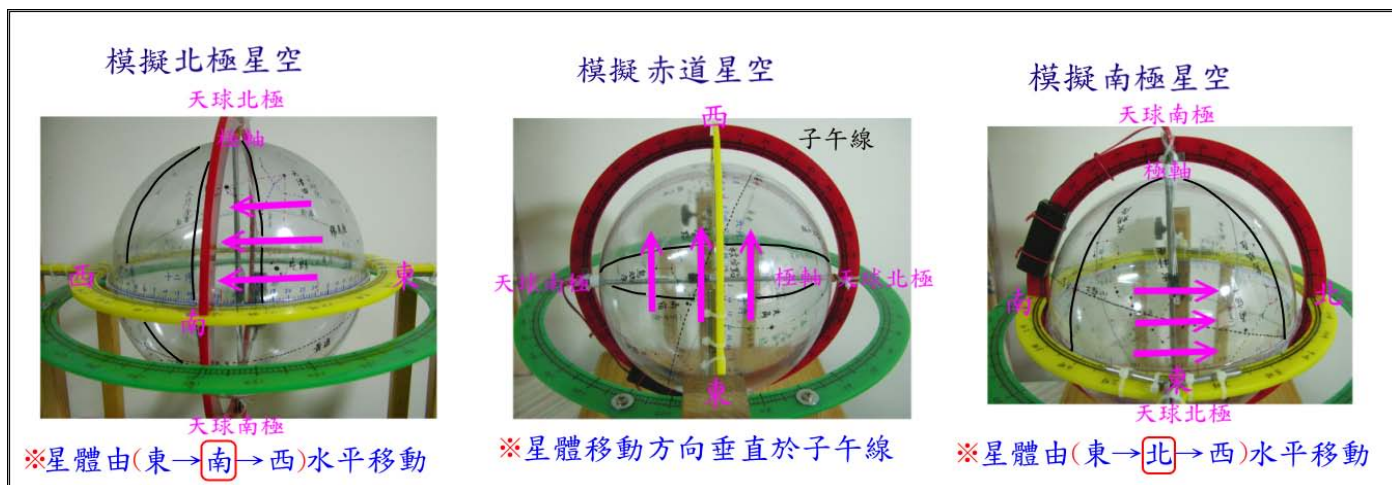
【圖 17】利用「可調緯度天球儀」可以模擬「北極」的太陽永晝和永夜現象。
(註：此時極軸仰角調為 90 度)



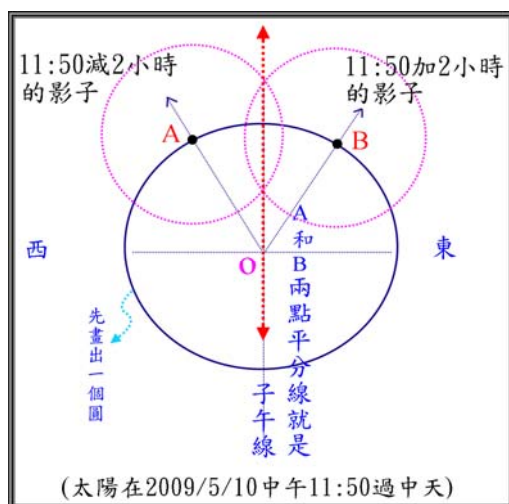
【圖 18】以「可調緯度天球儀」模擬「北極」的太陽永晝和永夜現象。由本圖是依上圖【圖 17】的數據所繪製。這也證明了「赤道日晷」的時間刻度會等間隔（等角速度）



【圖 19】以「可調緯度天球儀」模擬在赤道、南極、北極的「星體運行方向」，發現和我們台灣很不相同。星星在南北極是水平移動，星星在赤道地區是垂直於子午線移動的



【圖 20】我們利用上午和下午兩個竿影來求得子午線，以便校正儀器對準正北

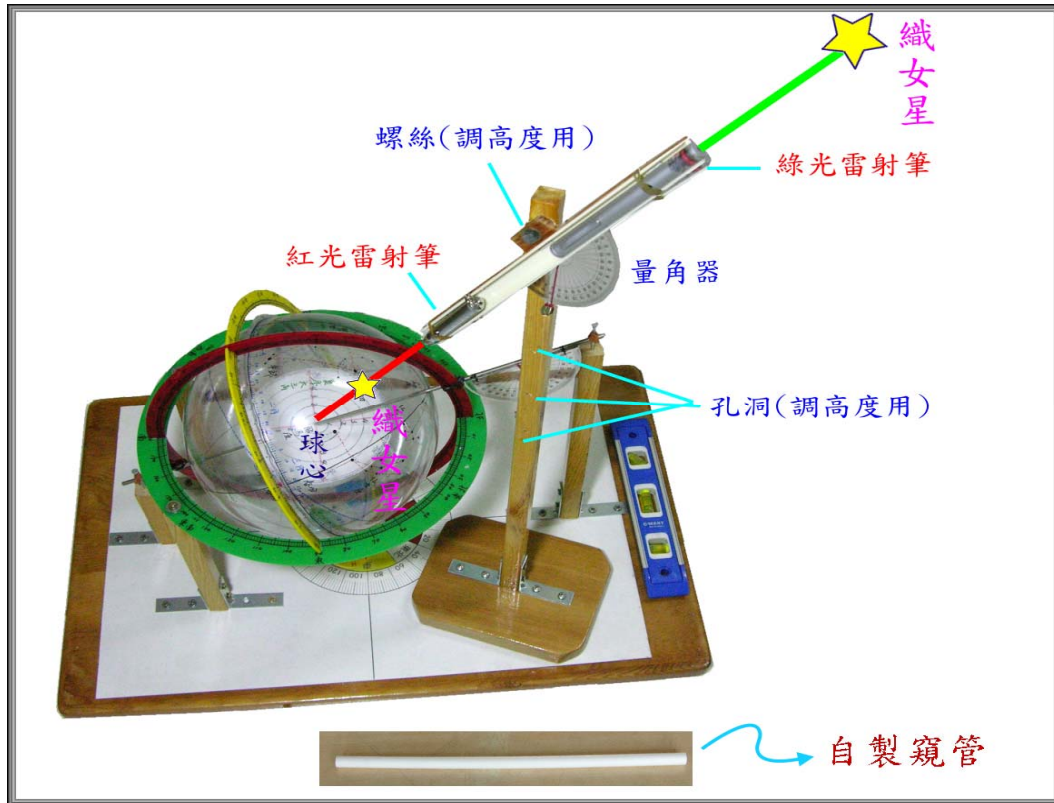


4. 本實驗誤差形成的原因歸納如下：

- (1) 裝置是否對準正北方
- (2) 裝置水平校正是否確實
- (3) 極軸仰角是否精確與緯度一致 (23.5 度)
- (4) 雲層的厚度影響陽光強弱會影響判斷。
- (5) 塑膠天球是否為正圓。
- (6) 塑膠環製作和刻度誤差。
- (7) 正午陽光直射所以筆影清楚，清晨黃昏太陽斜射，導致筆影變寬誤差變大。
- (8) 模型大小。模型大誤差小，模型小誤差大。
- (9) 人為的測量誤差

5.【研究五】「雷射指星裝置」的設計

【圖 21】「雷射指星裝置」---利用強力的綠色雷射光線可準確指向天上的星體



【1.優點和特色】

1. 「星象儀」是一種能投射星點在室內天花板或是有半球形螢幕的放映廳，但是都不能室外使用。然而我們的「雷射指星裝置」的功能卻如同可以戶外使用的星象儀，這是本研究的一項重要的創舉。
2. 「雷射指星裝置」的使用法：儀器調好觀察的時間與日期，將紅光雷射筆對準塑膠球上的某星體（例如織女星），此紅光再對準保麗龍球的球心，另一端的強力綠光雷射筆就能成功指向星空中的該星體。
3. 只要是標示在塑膠天球上的星體，都可以利用本裝置以綠光雷射筆在實際星空中找到它們。例如：可在塑膠天球標上恆星、星雲、星團。甚至可標示上彗星位置用以幫助找彗星（需先查到彗星的赤經赤和緯座標）。

6. 【研究六】「星座盤日晷」的自創與發現

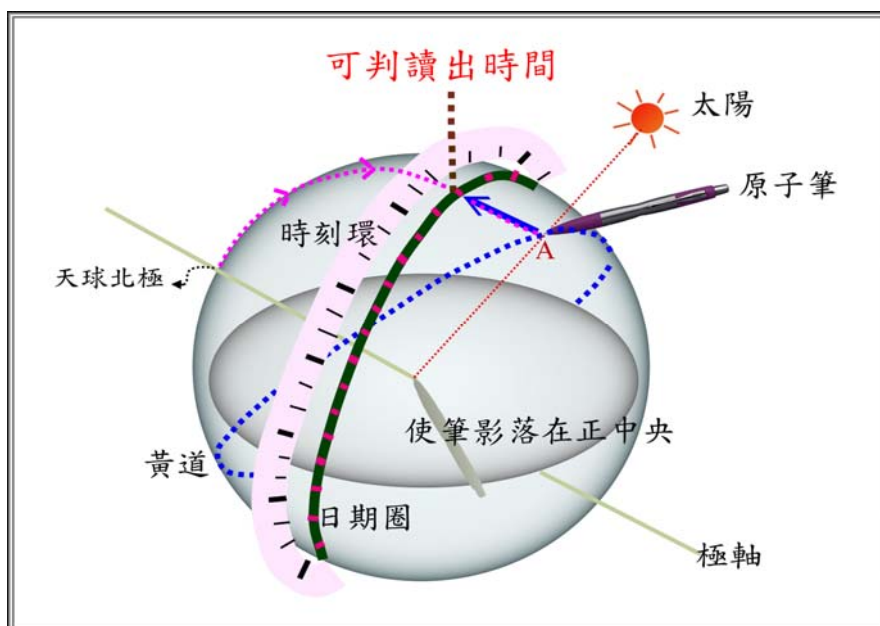
【圖 22】自創「星座盤日晷」。我們想利用星座盤上的黃道線和太陽來測時間，結果是失敗的。但只有將竹籤放到黃道線上面的春分和秋分兩點時才會成功(AB 和 CD 能重疊)，才能正確顯示出時間。



7. 【研究七】「天球儀日晷」的自創與發現

【1. 操作方法】原理：當時刻已知時，可利用「即時星空天球儀」的黃道線得知太陽位置，所以可由太陽位置（影子）反推出時間。

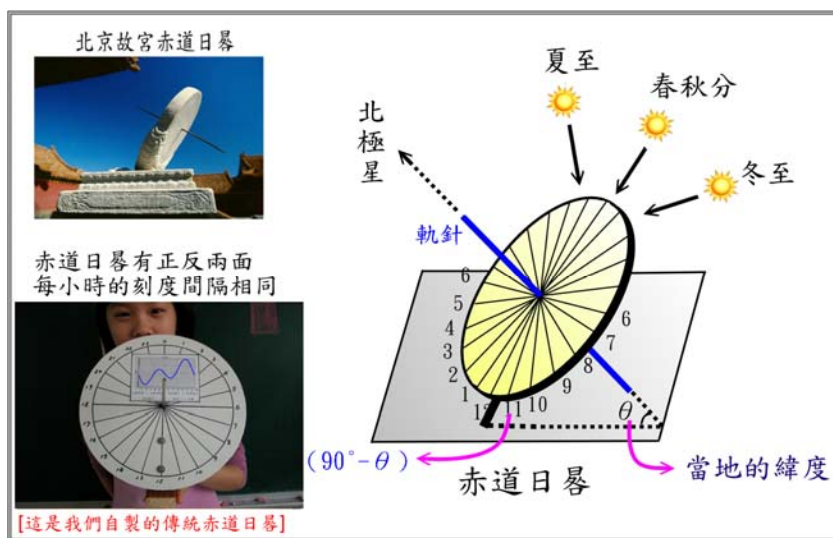
【圖 23】「天球儀日晷」的使用法：當日期已知時，將原子筆置於當日的黃道線上，轉動天球，當筆影落於球心時，則可讀出「天球儀日晷」的日晷時間



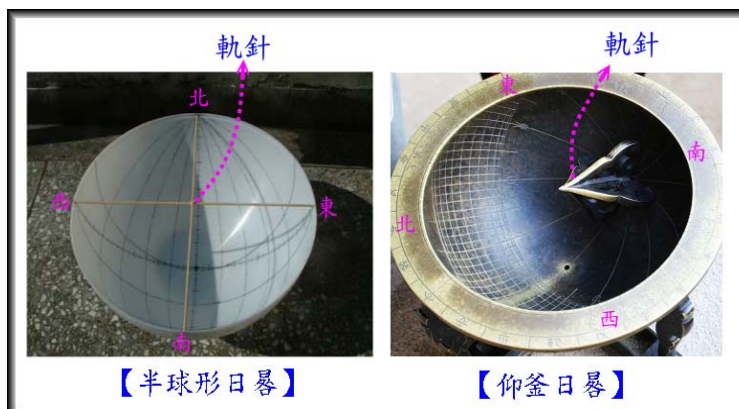
【2.實驗結果與討論】

- 1.實驗結果發現和手錶時間很接近，這個結果令我們很興奮，我們終於開發出一種書上和參考資料都沒有的「天球儀日晷」。
- 2.為什麼會成功呢？原理？我們分析發現自創的「天球儀日晷」是屬於一種晷面平行於天球赤道的「赤道日晷」【圖 24】，並且和「仰釜日晷」和「半球形日晷」相類似。
3. 我們發現「天球儀日晷」也具有指北針的功能。假若已知現在時間和日期，讓時刻環和日期圈相對準，藉由陽光讓筆影投在天球儀球心，此時的極軸指的方向就是正北方。
4. 「天球儀日晷」就像是一個時鐘，白天以太陽為指針，晚上則可以利用亮星為指針，配合「雷射指星裝置」就可以當成晚上用的時鐘。

【圖 24】傳統的「赤道日晷」。春秋分前後太陽照射不同面，日影會做「等角速度」移動。



【圖 25】我們發現「天球儀日晷」和「仰釜日晷」和「半球形日晷」很類似。「天球儀日晷」和本圖這兩種日晷的晷針、晷影和晷面的位置都正好相反，可見「天球儀日晷」的成功不是偶然的。



8.【研究八】「天球儀日晷」的實際觀測

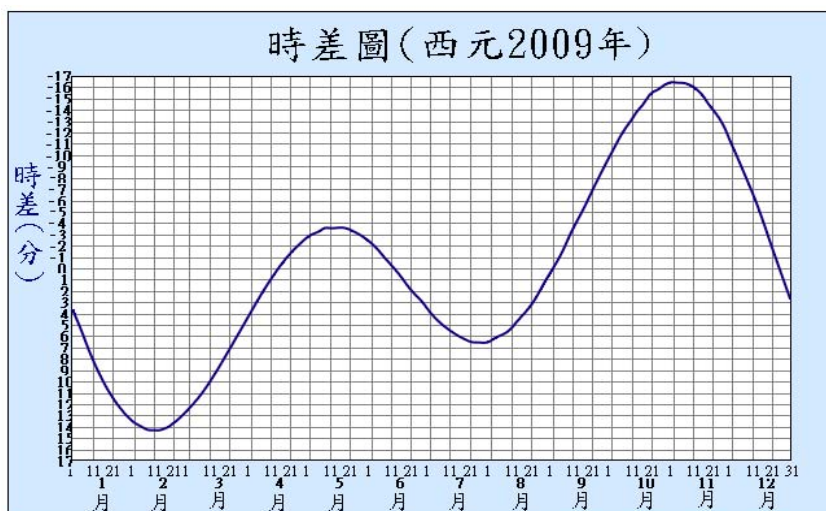
【1. 由日晷時間求得手錶時間】

$$\text{手錶時間} = \text{日晷時間} + \text{時差補正} + \text{經差補正}$$

$$\text{經差補正} = (120 - \text{經度}) \times 4 \text{ 分鐘}$$

(例子)10月25日，於嘉義市本校的天球儀日晷顯示 11 點 50 分，本校的經度是 120.5 度，相對應的我們的手錶時間應該是 11 點 50 分加上 -16 分鐘（時差補正），再減去 2 分（經差補正），即預估手錶時間是 11 點 32 分。

【圖 26】時差校正曲線（時差補正）【參考資料 6】



【表 2】以「天球儀日晷」的實際觀測的結果（部分數據）

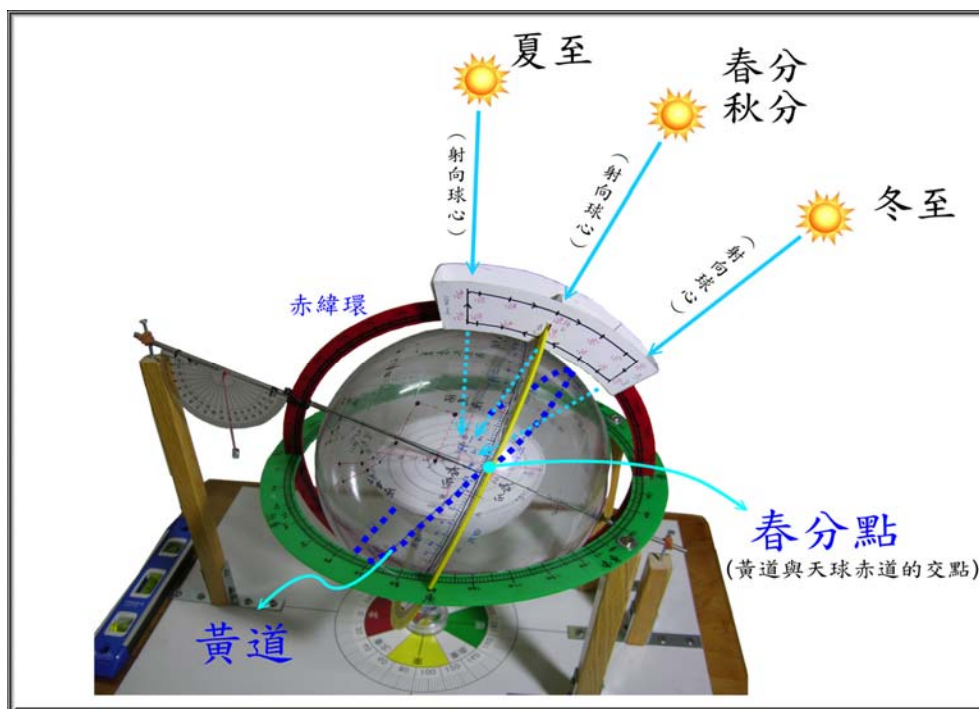
日期	日晷時間	時差補正 (分鐘)	經差補正 (分鐘)	天球日晷 的真太陽時 (預估手錶時間)	手錶時間 (中原標準時間)	誤差 (分鐘)
2008.10.11	8:45	-13	-2min	8:30	8:20	+10
2008.10.11	10:50	-13	-2min	10:35	10:25	+10
2008.10.11	11:45	-13	-2min	11:30	11:25	+5
2008.10.11	13:55	-13	-2min	13:40	13:45	-5
2008.10.11	15:25	-13	-2min	15:10	15:07	+3
2008.10.12	11:16	-13	-2min	11:01	11:05	-4
2008.10.25	11:05	-16	-2min	10:47	10:43	+4
*2008.10.25	11:50	-16	-2min	11:32	11:35	-3
2008.10.25	13:20	-16	-2min	13:02	13:07	-5
2008.10.25	14:40	-16	-2min	14:22	14:25	-3
2008.10.25	16:00	-16	-2min	15:42	15:50	-8
2008.11.22	11:10	-14	-2min	10:54	10:50	+4
2008.11.22	11:30	-14	-2min	11:14	11:05	+9
2008.11.22	12:00	-14	-2min	11:44	11:40	+4
2008.11.23	8:45	-14	-2min	11:29	8:30	-1
2008.11.29	16:40	-12	-2min	16:26	16:23	+3
2008.11.30	09:55	-12	-2min	09:41	09:38	+3
2008.11.30	11:15	-12	-2min	11:01	11:10	-9
2008.11.30	13:20	-12	-2min	13:06	13:05	+1
2008.11.30	15:00	-12	-2min	14:46	14:50	-4
2008.11.30	16:20	-12	-2min	16:06	16:05	+1
2008.12.08	09:20	-8	-2min	09:10	09:05	+5
2008.12.08	13:45	-8	-2min	13:35	13:27	+8
2008.12.20	10:15	-3	-2min	10:10	10:05	+5
2008.12.20	16:25	-3	-2min	16:20	16:23	-3
2008.12.15	11:20	-5	-2min	11:13	11:18	-5
2008.12.15	15:32	-5	-2min	15:25	15:16	+9
2009.01.04	8:47	+5	-2min	8:50	8:43	+7
2009.01.04	16:02	+5	-2min	16:05	16:10	-5
2009.01.23	09:25	+12	-2min	9:35	9:37	-2
2009.01.23	16:05	+12	-2min	16:15	16:18	-3
2009.02.05	11:53	+14	-2min	11:05	10:57	+8
2009.02.05	15:33	+14	-2min	15:45	15:34	+11
2009.02.27	9:39	+13	-2min	9:50	9:58	-8
2009.02.27	13:44	+13	-2min	13:55	13:58	-3
2009.02.27	16:29	+13	-2min	16:40	16:42	-2
2009.03.07	8:16	+11	-2min	8:25	8:20	+5
2009.03.07	14:26	+11	-2min	14:35	14:30	+5
2009.03.16	10:14	+9	-2min	10:21	14:17	+4
2009.03.16	16:13	+9	-2min	16:20	16:21	-1
2009.04.08	09:08	+2	-2min	9:08	9:06	+2
2009.04.08	15:40	+2	-2min	15:40	15:41	-1
2009.04.20	10:04	-1	-2min	10:01	09:57	+4
2009.04.20	14:58	-1	-2min	14:55	15:01	-6
2009.05.01	10:25	-3	-2min	10:20	10:14	+6
2009.05.01	16:05	-3	-2min	16:00	16:03	-3
2009.05.13	11:30	-4	-2min	11:24	11:19	+5
2009.05.13	15:32	-4	-2min	15:26	15:23	+3

【 2. 結果與討論】

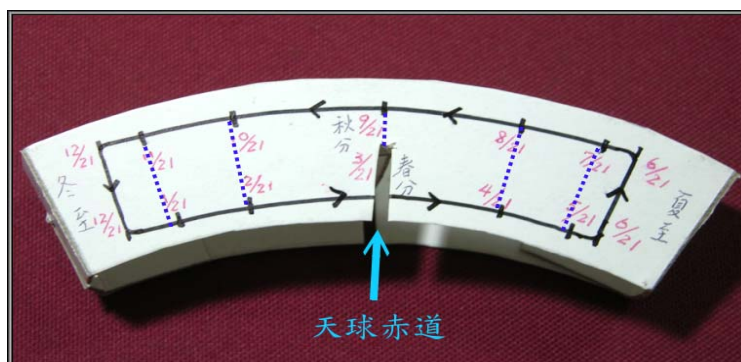
- 我們的「天球儀日晷」的確成功了。誤差在±1~11 分鐘之間，誤差在可接受範圍。
- 「天球儀日晷」對於儀器的誤差比其他的地平日晷敏感，一般而言當「赤道日晷」水平或仰角每誤差一度，造成日晷時間誤差 4 分鐘，半球形日晷也會有此現象【參考資料 10】。
- 時差校正曲線：是因為地球公轉並不是等速度，影響原因有二：【參考資料 11】
 - 因為地軸傾斜 23.5 度
 - 地球公轉軌道並非正圓形而是橢圓形。
 ，也因此太陽並非每日正午 12：00 過中天。
- 「即時星空天球儀」、「天球儀日晷」減少儀器誤差的方法：
 - 三個壓克力環是以雷射切出正圓。環的刻度是利用圓規以兩點平分線法，精確畫出各個環的刻度。
 - 繪製塑膠天球的星點時，是利用星空模擬軟體 Stellarium 讀取星體的赤經和赤緯座標。
 - 加裝極軸量角器以校正極軸的仰角。
 - 加裝水平儀校正底座的水平。
 - 以【圖 20】的方法，利用上午和下午兩個竿影子來求得子午線，用以校正儀器對準正北方。

9. 【研究九】設計獨特的「天球儀圭表」

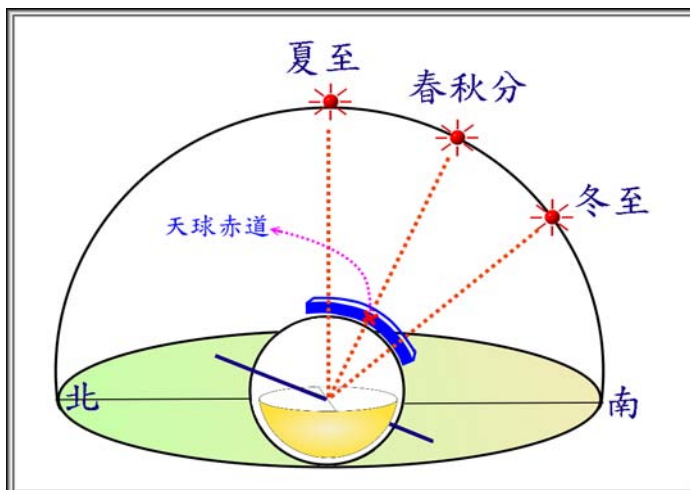
【圖 27】獨創的「天球儀圭表」--可用來觀測 24 節氣的時間點



【圖 28】利用「天球儀圭表」的黃道線和 子午線（赤緯環）的相交點所設計的「天球儀圭表」

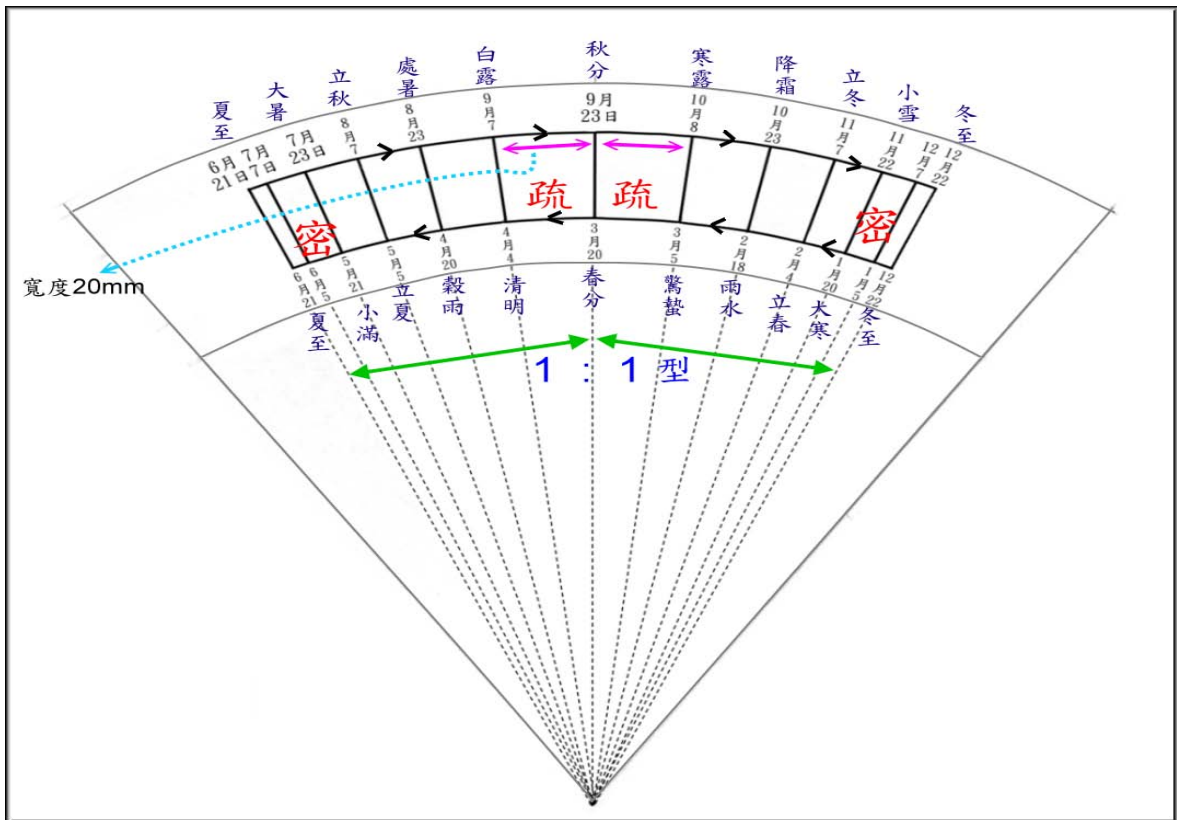


【圖 29】我們獨創的「天球儀圭表」和真實的天球有共同的球心，和實際天球相吻合。



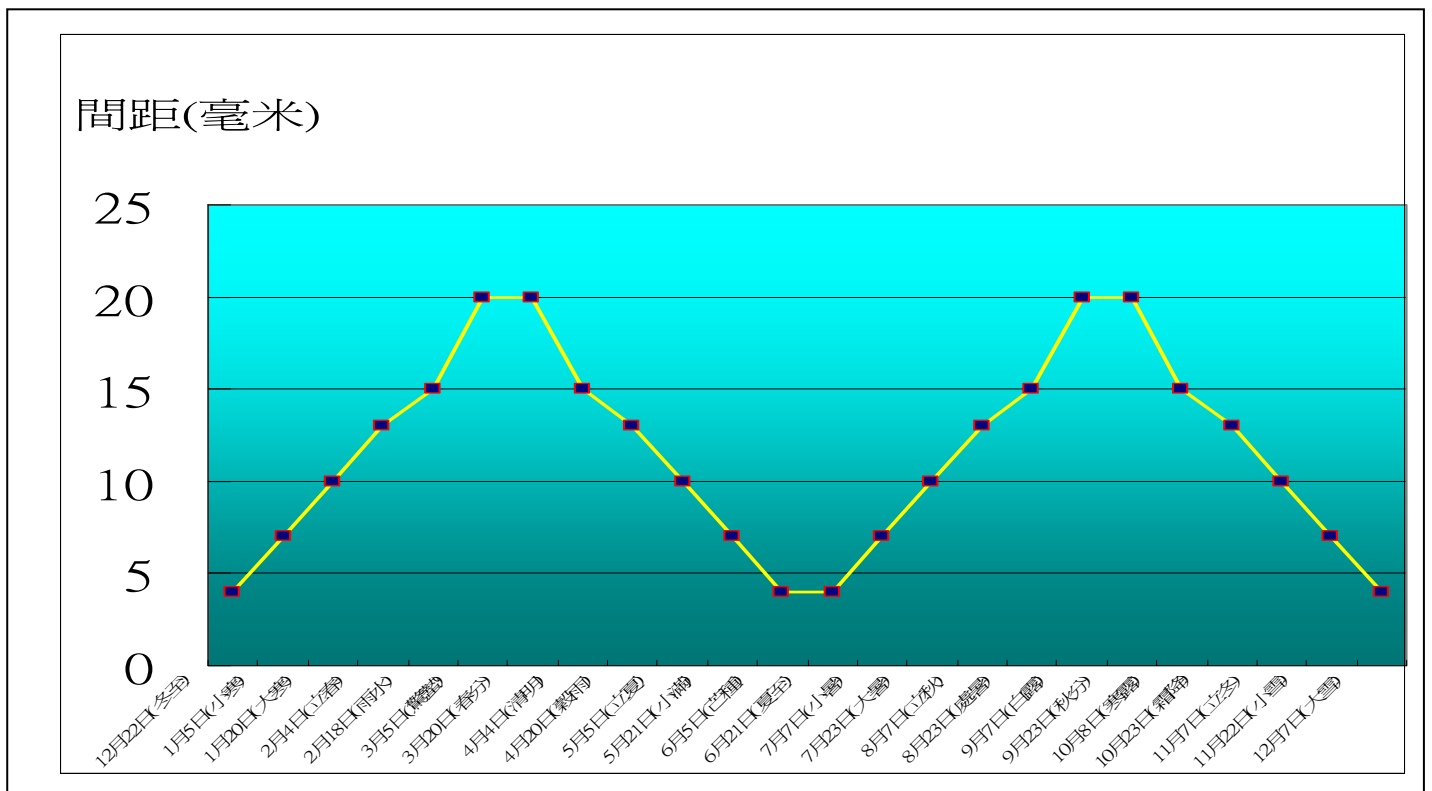
【圖 30】：將「星球儀圭表」更精確標定出 24 節氣的時間點。

注意：中間間隔較疏，外側間隔較密，具有左右對對稱性。【為 1：1 型】。



【圖 31】：將「星球儀圭表」的間距離量出，以 24 節氣的「時間」對「節氣間距」做圖可得到。

本圖是一種有規則的數學曲線。本圖可發現 **春分、秋分前後--太陽移動速度較快**；**冬至、夏至前後--太陽移動速度較慢**。（註：每 15 天的單位時間內移動距離稱為速度）

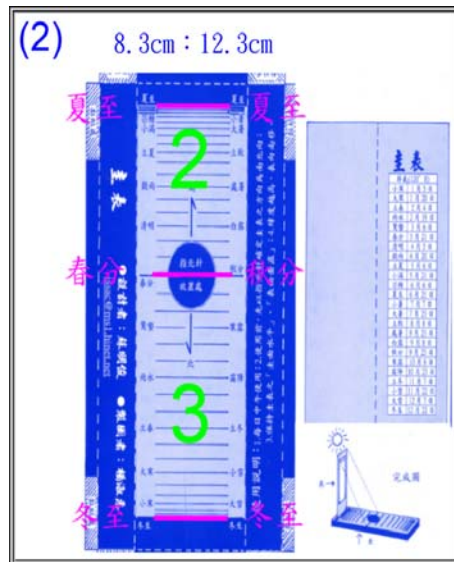


【1. 我們發現圭表可分成 1：1 型和 2：3 型兩類】

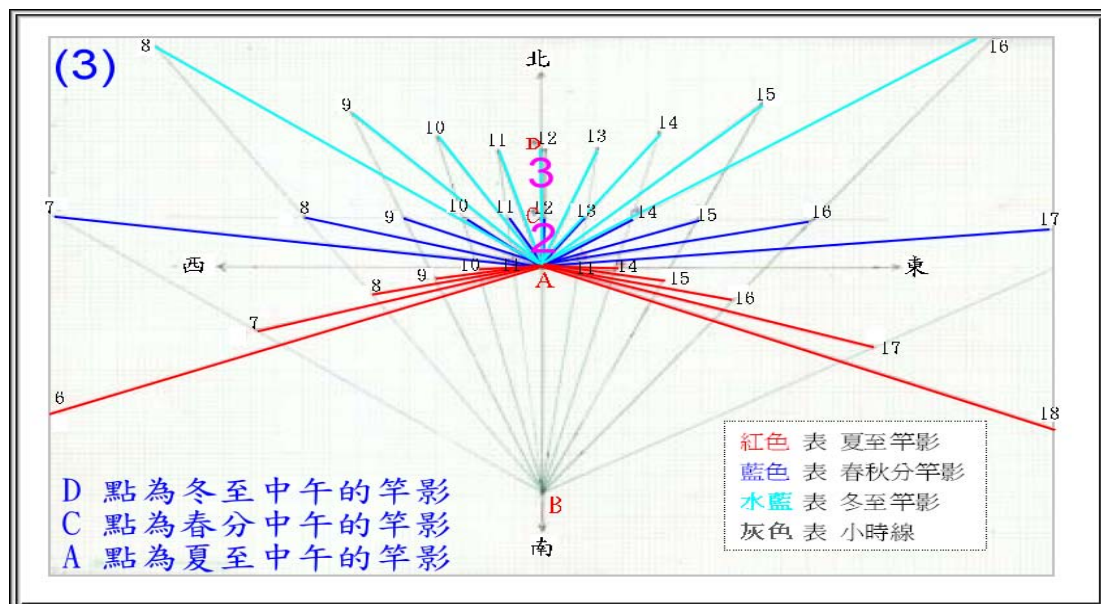
【圖 32】我們實地測量嘉義縣水上鄉太陽館的傳統圭表，為【2：3 型】圭表



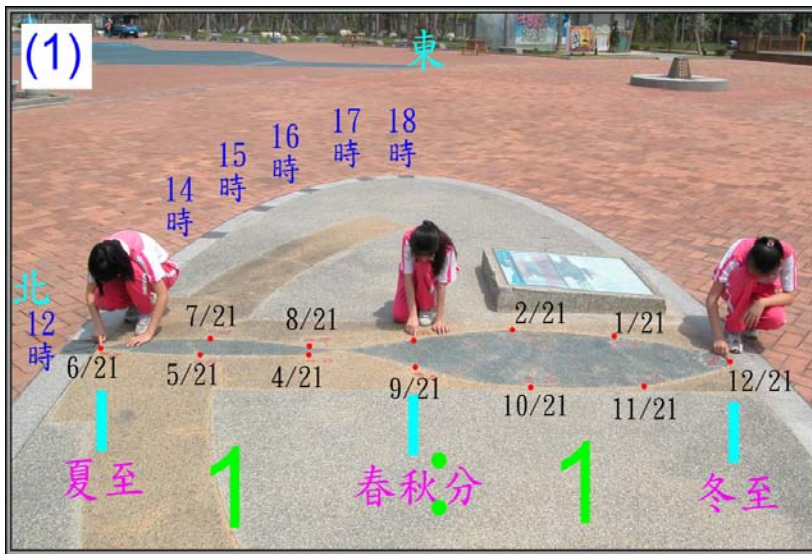
【圖 33】動手做圭表教具。【參考資料 7】，此為【2：3 型】圭表



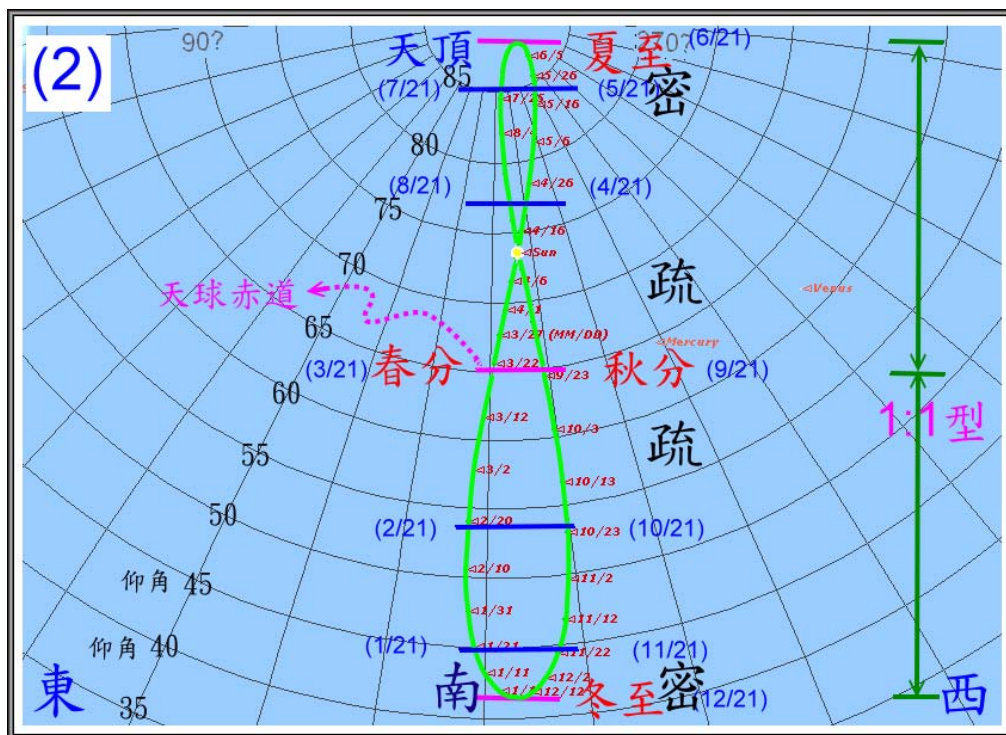
【圖 34】他人科展作品「e 世代日晷」中所製作的傳統「地平日晷」，我們發現若觀察中午時間，竿影在子午線(南北方向)上的移動 A→C→D 就是相當於「圭表」的「圭」。測量其中 AC 和 CD 的長度發現此為【2：3 型】圭表



【圖 35】實測嘉義縣水上鄉太陽館的 8 字型日晷。此為【1:1 型】圭表。

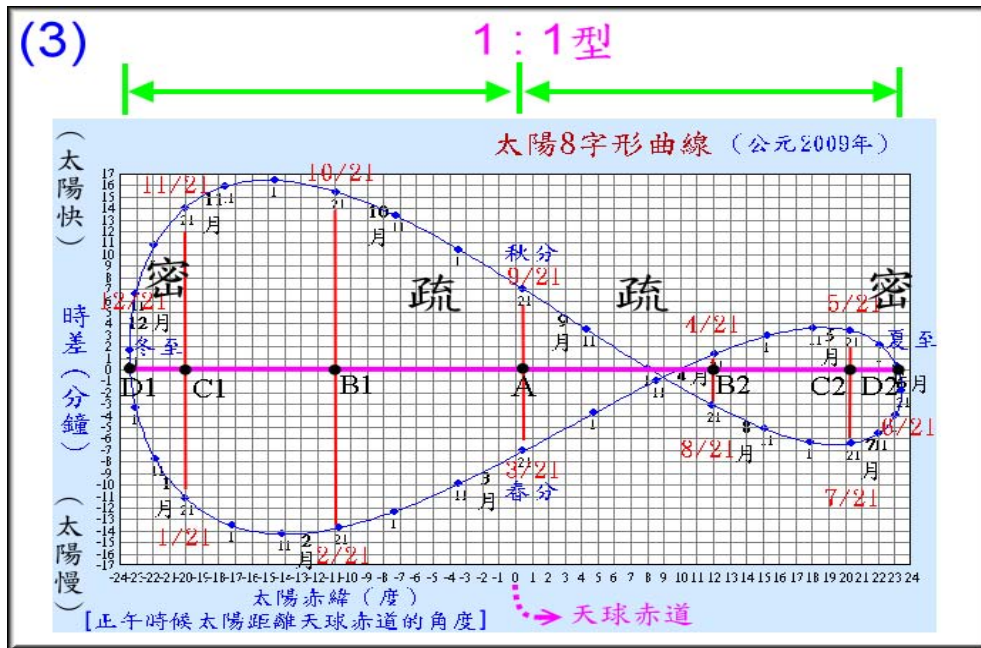


【圖 36】利用星圖模擬軟體 Starry Night Deluxe2.0，模擬出 2009 年每天中午 12 時「太陽在天空的 8 字型軌跡」。注意：(中間間隔較疏，外側間隔較密) 與【圖 30】結果一致。此為【1:1 型】圭表



【圖 37】我們利用日晷軟體畫出的「太陽 8 字時差修正曲線」。

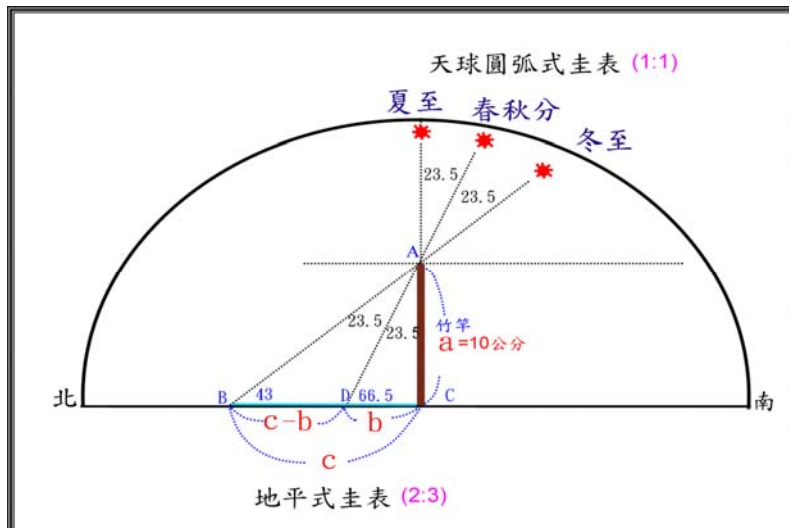
注意：(中間間隔較疏，外側間隔較密)與【圖 30】結果一致，為【1：1 型】圭表



【表 3】各種圭表實際測量之距離以及我們的圭表自行分類

	太陽館的 傳統圭表	動手做圭表 教具	E 世代日晷	天球儀圭 表	太陽館的 8 字日晷	太陽天空 8 字 形軌跡	太陽 8 字形 時差曲線
圖 例	【圖 32】	【圖 33】	【圖 34】	【圖 30】	【圖 35】	【圖 36】	【圖 37】
(A) 夏至到春秋分距離	85.2cm	8.3cm	1.4cm	5.1cm	176.0cm	23.5 度	23.5 度
(B) 春秋分到冬至距離	125.7cm	12.3cm	2.1cm	5.2cm	177.5cm	23.5 度	23.5 度
(A) : (B) 比例	2 : 3	2 : 3	2 : 3	1 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 1
我們自行分類	2 比 3 型	2 比 3 型	2 比 3 型	1 比 1 型	1 比 1 型	1 比 1 型	1 比 1 型
我們自行分類	地平式圭表			天球圓弧式圭表			

【圖 38】我們以三角函數來證明北回歸線附近的「地平式圭表」確實為 2：3 型圭表。



【2. 證明】利用 $\triangle ABC$ 和 $\triangle ADC$ 兩個直角三角形，

$\tan 66.5^\circ = a/b$ ，已知竿長 $a=10$ 公分，所以求得 $b=4.348$ ；

又 $\tan 43^\circ = a/c$ ，已知竿長 $a=10$ 公分，所以求得 $c=10.723$ ；

所以 $c-b=6.375$ ，因此 $b/(c-b)=4.348/6.375=0.682 \approx 0.67=2/3$

所以證明「地平式圭表」確實為 2：3 型

【3. 結果討論】

1. 【圖 35】、【圖 36】、【圖 37】三者和「星球儀圭表」都是間隔中間較疏外側較密；三者也都是【1：1】型圭表；三者也都具有【圖 31】的數學曲線。由此間接證明了我們的「星球儀圭表」的正確性。
2. 我們研究後將圭表分成兩類，即是「地平式圭表」和「天球圓弧式圭表」。第一種是地平式圭表，其中 [夏至到春秋分的距離]：[春秋分到冬至的距離]=2：3；第二種是天球圓弧式圭表，其中[夏至到春秋分的距離]：[春秋分到冬至的距離]=1：1。
3. 太陽並非每天 12：00 過中天，所以造成天空中太陽 8 字型軌跡，也構成時差修正曲線以及 8 字型時差圖。

伍、結 論

1. 我們將星座盤上的「日期圈」和「時刻環」移植到天球儀，成功完成了能顯示任何時刻的「即時星空天球儀」。
2. 「即時星空天球儀」的三個壓克力環相當於渾天儀的外層；「即時星空天球儀」的赤經圈、日期圈、黃道線相當於渾天儀的中層；雷射指星裝置相當於渾天儀的內層。
3. 「極軸角度調整鈕」可由仰角由-90 度~+90 度自由調整。因此「可調緯度天球儀」能成功地演示了不同緯度、任意時間的星空和太陽位置。
4. 「可調緯度天球儀」也可當成「緯度測定儀」，這是一個超級棒的發現。當所有的條件都是已知，只有緯度是未知數時，就可以利用「可調緯度天球儀」和日影來測量緯度。
5. 「即時星空天球儀」和「可調緯度天球儀」可以不受日夜和天氣好壞的影響，也能讓大家瞭解白天看不到的星空，也能得知太陽的位置，這是很棒的突破。
6. 「可調緯度天球儀」模擬「赤道」四季代表日的太陽的日升、日落軌跡，可測得仰角、方位角和時間的關係。以「可調緯度天球儀」成功模擬「北極的永晝、永夜」現象，也可測得太陽的仰角、方位角和時間的相關性。我們也成功以「可調緯度天球儀」模擬赤道、南極、北極三個地區的「星體運行方向」，發現星體運行方向和我們台灣的情形很不相同。
7. 星象儀都是都不能室外投影使用，而我們的「雷射指星裝置」卻能作為戶外使用的星象儀，這是本實驗一項很重要的創舉。
8. 我們想利用「星座盤日晷」上面的黃道線來測時間，結果是失敗的。但只有將竹籤放到春分和秋分兩點時會成功，才能正確顯示出時間，但這個主題有待我們將來深入探討。
9. 「天球儀日晷」實測結果是成功的，其誤差在 $\pm 1\sim 11$ 分鐘之間。

10. 我們發現圭表可依[夏至到春秋分的距離]和[春秋分到冬至的距離]比例，可分成 1：1 型和 2：3 型兩類的圭表。我們自行將圭表分類成「地面投影式圭表」和「天球圓弧式圭表」二種，並加以計算證明之。
11. 將「星球儀圭表」以 24 節氣的「時間」對「節氣間距」做圖可得一種有規則的數學曲線。可發現 春分、秋分前後--太陽移動速度較快；冬至、夏至前後--太陽移動速度較慢。而且「星球儀圭表」以春秋分點為中心，24 節氣的各時間點具有南北對稱性。
12. 8 字形日晷、8 字形時差曲線、太陽天空 8 字軌跡和「天球儀圭表」，四者都是中間間隔較疏，外側間隔較密，且為【1：1 型】。由此間接證明了「天球儀圭表」的正確性。
13. 將來可考慮用步進馬達、時鐘或赤道儀來驅動天球儀的塑膠天球，使它類似「水運儀象台」一樣也 24 小時旋轉一圈。
14. 我們的心得：很慶幸本校位於北回歸線附近，因地利之便，讓本研究更加順利。本研究的成果可以作為很棒、實用的天文教學教具，其功能強過星座盤，當中多項設計可考慮申請新樣式專利，具有商品化的價值。

陸、參考資料

1. 渾天儀：關鍵字 渾天儀 維基百科 <http://zh.wikipedia.org>
2. 簡儀：關鍵字 簡儀 維基百科 <http://zh.wikipedia.org>
3. 星空模擬軟體：Stellarium0.8.2（中文版）：<http://timc.idv.tw/stellarium/>
4. 星空模擬軟體：Starry Night deluxe2.0 <http://www.starrynight.com/>
5. 赤道座標系統：關鍵字 赤道座標 維基百科 <http://zh.wikipedia.org>
6. 日晷的製作，邱紀良，國立清華大學出版社，民國 92 年
7. 動手做圭表：星座探奇學習加油站
http://web2.nmns.edu.tw/constellation/learn/learn08_03.php
8. 天體星盤（簡平儀）：劍橋插圖天文史，麥可·霍斯金 Hoskin, Michael，如果出版社，民國 97 年
9. 中央氣象局：[台灣四季太陽仰角與方位](http://www.cwb.gov.tw/V5/astrometry/Data/calendar/season.htm#mark)。
<http://www.cwb.gov.tw/V5/astrometry/Data/calendar/season.htm#mark>
10. 半球形日晷：日晷的研究及應用，中華民國第 46 屆中小學科學展覽作品，高中組，
<http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000263>
11. 日晷，邱紀良，科學發展，2003 年 2 月第 362 期。
http://web1.nsc.gov.tw/public/Data/popsc/2003_189/9202-12.pdf
12. e 世代日晷：中華民國第 42 屆中小學科學展覽作品，國小組。
<http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000263>
13. 日晷軟體：Sundi 1.070 <http://www.myoptics.at/sundi/>

【評語】 080507

透過自製天球儀作為觀星輔助和太陽軌跡模擬，尤其能以雷射指星簡易裝置來訂出某地的特定日期和時刻的星星位置，深具實用性。整個作品富創意，且參展學生能夠正確展示該作品的操作和說明背後的原理。