

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

080507

太陽的時鐘 日晷研究

學校名稱：桃園市龜山區樂善國民小學

作者：	指導老師：
小六 許育睿	黃世斌
小六 林橋橋	張祐綸
小五 江孟帆	
小五 吳俊霖	
小五 賴泓源	
小五 許家愷	

關鍵詞：太陽、日晷、影子

摘要

根據科學家的推算，太陽生成已經六十五億年了，地球的生成也已經四十六億年了，在這漫漫的時間長河中，太陽對地球的影響自然是不言可喻。古代的人類早早的就發現了太陽對地球的重要性，所以全世界古老的文明中，太陽都佔據了最重要神祇的位置。在那個沒有時間概念的年代，太陽日復一日從東邊升起西邊落下，這簡單而自然的規律也建立的人類社會發展最根本的基石，而在太陽日復一日東升西落的規律中，遠古的人類也建立了最基本的時間概念。

自然科學五年級的課程中介紹了太陽跟影子之間的關係，在課程中也提到了利用太陽來觀測時間的方法，但是因為課程進度的關係並沒有太深入的研究，所以我們希望通過這次的科展研究，以最基礎的方式來了解古人如何通過太陽規律的升落，建立了最基本的時間概念。

壹、研究動機

我們的學校因為鄰近社區的快速發展，為了因應入學人數增加的需要，而建了一棟新的校舍，在建設新校舍之前必須把舊的校園環境進行整理，在整理的過程中我們發現了一個舊的日晷。這個日晷靜靜的躺在校園的一個角落多年，晷面上的標示已經完全看不清楚了，而在建設校園的過程中因為校園空間不足，只能夠把它放置在花園的一個根本完全照不到陽光的角落，自然失去了它原來最基本的功能。

等到新校舍的建設到了一定的進度時，我們就要把收起來的一些教具重新放到適當的地方，這時候我們想要把這個日晷搬到適當的地方，希望它能夠發揮原來的功能。但是，在這個過程中我們發現這個日晷真的太舊了，而且，因為是大量製造的工業產品，並沒有針對我們學校進行最適當的調整，晷面上的標線也完全看不清楚了。

這時候我們老師就提出：我們能不能自己動手做一個完全針對我們學校環境所設計的日晷呢？老師這時候告訴我們：知道原理和從原理中動手做出一樣成品是完全不一樣的概念，希望我們能從做中學，真正的落實科學在我們日常生活中的應用。

就這樣，開始了我們的研究。

貳、研究目的

本次研究的最重要目的是能夠製造一個完全針對我們學校地理環境而調整出來的日晷。

在這個大前提之下我們必須要先了解日晷運作最基本的原理，也就是說我們必須要探討太陽在一年之中，東升西落的週期性。其實日晷的研究在全世界各民族發展的過程中早就已經完全達到技術成熟。所以我們希望這次的研究能夠通過現代科學技術的輔助，從而能夠更全面化的了解太陽升落規律性與日晷的關係。

在對日晷和太陽之間的關係有基本的瞭解之後我們就要動手製作日晷。

參、研究設備及器材

設備器材：各類西卡紙、圖畫紙、瓦楞紙板、美工刀、剪刀、圓規、直尺、簽字筆、長條木棍、電腦、太陽運動軌跡模擬程式、投影日晷原理與模擬程式

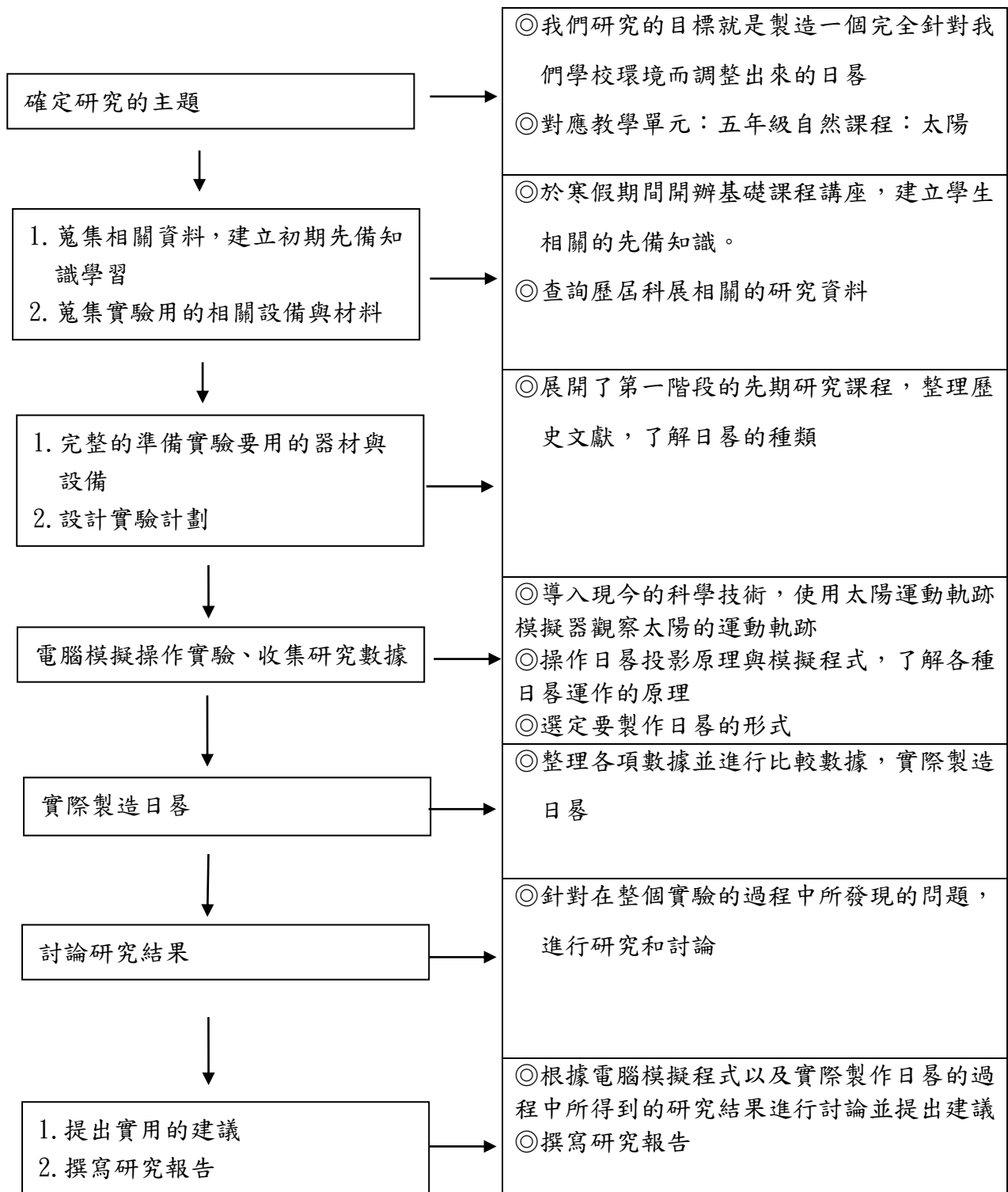
肆、研究過程與方法

而為了要達成這個研究目的，老師建議我們先進行科學的分析，初步的討論，要製造一個完全針對我們學校環境而調整出來的日晷，必須要先進行以下的科學分析。

- 一、 整理歷史文獻，了解日晷的種類
- 二、 導入現今的科學技術，使用太陽運動軌跡模擬器觀察一年之中太陽運動軌跡的變化
- 三、 利用日晷投影原理與模擬程式，了解各種日晷運作的原理與與實際運作的情況
- 四、 選定要製作日晷的形式
- 五、 實際製作赤道式日晷與水平式日晷
- 六、 赤道式日晷與水平式日晷實際觀察

以下是這次科學實驗的研究過程：

一、 研究過程



二、 研究方法

研究一：分析日晷的種類

在現今的社會中能夠明確的指出時間的工具多不勝數，從早期的時鐘，到人們能夠隨身攜帶的手錶，以至於現在人手一台的智慧型手機，都能夠非常精準的顯示現在的時間。但在古時候人們並沒有這麼多精巧的工具，那時候記錄時間的方法不外乎用水漏、沙漏，還有日晷。

水漏和沙漏這類的計時工具屬於被動式的計時工具，最大的缺點就是要有專門的人照顧，而製作精良的日晷從做好的那一刻開始並不需要有特別的人照應，所以每一個文化發展比較完整的民族都有各式自行開發的日晷用來記錄時間。

經過幾千年來演變，日晷的種類說是花樣繁多也不為過。但是，構成一個日晷最主要的組成部分主要有兩個，一是產生影子的晷針，另外一個就是顯示影子所在位置的晷面。在日晷的晷面上一定會有用來判讀時間的時刻線，每一種日晷會因為測量日影方法的不同，出現不同形式的時刻線。

因為篇幅有限，在這裡只介紹最基本的幾種日晷形式

第一種要介紹的是赤道式日晷 如圖一



圖一 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Beijing_sundial.jpg

這種日晷的命名字主要是因為日晷的晷面和地球赤道平行而得名，這種日晷的特色就是擁有正反的兩個晷面，會因為觀測日期的不同太陽的影子有可能落在日晷的不同晷面，這種日晷的正中心有一隻生成日影的標竿，使得整個日晷好

像一個陀螺，所以又稱為陀螺式日晷。

赤道式日晷的在製作上並不太困難，日晷的晷面都是圓形，晷面的中心點上插了一隻生成日影的晷針，晷面上的時刻線依據各民族所要記錄的時間進行等比例的分割，例如中國古代將一日分成的 12 個時辰，那麼晷面就平均分配成 12 個等份。

在安裝日晷的時候有兩件最重要的關鍵：第一件事就是要讓日晷的標竿呈南北向和地球的自轉軸保持同樣的方向，第二個重要的關鍵的就是讓晷針和水平面的夾角和當地的緯度保持一致。

這時候就又出現了另外一個問題，在古代沒有經緯度概念的環境下，要如何設置赤道式日晷的傾斜角度呢？其實也非常簡單，只要讓日晷中的標竿指向天上的北極星就可以了，如此一來就滿足了赤道式日晷方向和傾斜角度的兩個關鍵因素。

第二種日晷是地平式日晷 如圖二



圖二

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Sundial_Taganrog.jpg

這是我們在日常生活中最常見到的一種日晷。這種日晷的最主要特徵就是晷面和地平線或者水平面相平行而得名，所以也有人叫這種日晷為地平式日晷。

如同赤道式日晷一樣，地平式日晷的晷針擺設必須成南北向，而且晷針和地平面的夾角就是當地的緯度。這種日晷為了製作方便，多把原來生成日影的標竿改成一個三角形，這樣能夠更方便晷針的固定。

另外地平式日晷和赤道式日晷在晷面上時刻線表示的方法也完全不同。赤道式日晷的時刻線會依照要標記的時刻均勻分割晷面，但是地平式日晷的晷針因太陽所生成的日影會在晷面上形成變形，所以地平式日晷的時刻線也不再是均勻等分。

第三種日晷是垂直式的日晷 如圖三



圖三 垂直式日晷

upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/MootHallSundial.JPG



圖四 製作垂直式日晷的網頁

<https://www.sundialzone.com/zh/sundial.php>

水平式日晷為了避免陽光被遮住，方便觀察日影，通常會建在離地面較高的地方，這樣的環境在古代並不是一件困難的事情，但在現今高樓林立的都市裡面要找到這樣的地方就非常的困難了，所以可以高掛在戶外的牆壁或窗戶上的垂直式日晷就應運而生。

這種形式的日晷最主要的特色就是可以垂直的掛在建築物的牆壁或窗戶上，這種垂直式日晷在早期上還是有非常多的限制。如果在北半球的話，這種垂直式的日晷最佳的環境就是在面向南方的牆壁或窗戶，日晷的晷針斜斜的指向地面，晷針和垂直的晷面之間的角度就是 90 度扣除掉當地緯度的度數。

因為現代科技的發展，簡單的電腦程式計算已經可以修正日晷所在位置緯度和晷面角度的偏差，只要經過簡單的設定就可以製作出完全適合你所在位置的垂直式日晷如圖四。

研究二：使用太陽運動軌跡模擬器觀察一年之中太陽運動軌跡的變化

科技始終來自於人性，而科技的進步也可以讓我們的研究更加的方便。

在研究日晷的過程中最困難的一件事就是天氣的因素，不論我們製作的日晷如何的精良，準備工作如何的充份，如果天公不作美的話根本無法進行觀察，好在現今科技的發展可以幫助我們解決這一個無法控制的變因。當我們在進行日晷製作的初步研究過程中，我們發現網路上有很多製作非常精良的研究工具可以用來幫助我們完成這項研究。

首先就是對於太陽的觀察，相對於傳統式實際觀察的不方便，我們在網路上找到了一個非常好用程式，這個程式是花蓮縣立花崗國中的王建忍老師，使用 Flash 創作出來的一個模擬太陽運動軌跡的程式，通過這一個電腦程式，我們可以精準的在電腦中顯示出所在位置太陽運動軌跡的變化。

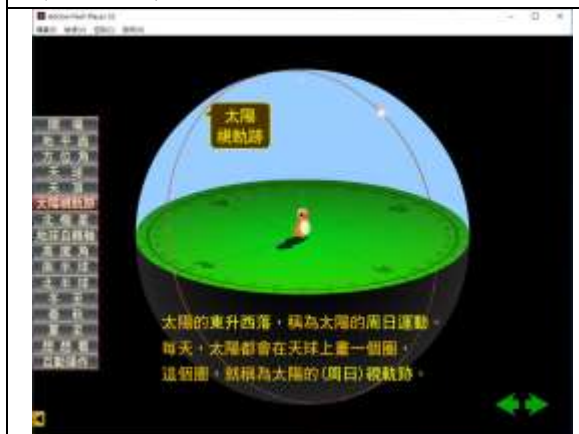
打開太陽運動軌跡模擬器，並在程式中輸入了我們學校所在位置的經緯度，操作程式以了解一年之中太陽運動軌跡變化的情況，並觀察日影所產生的變化 如圖五～圖十四



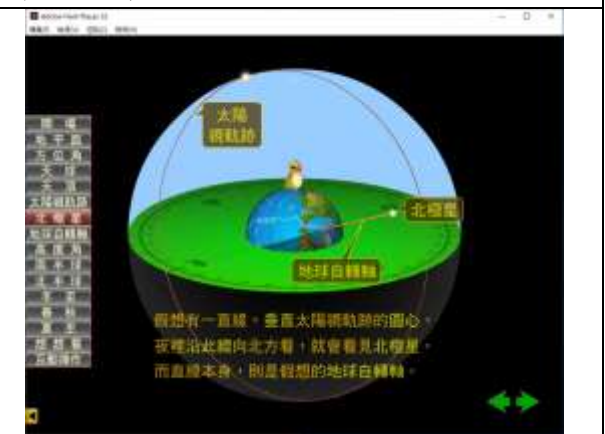
圖五 太陽運動軌跡模擬器



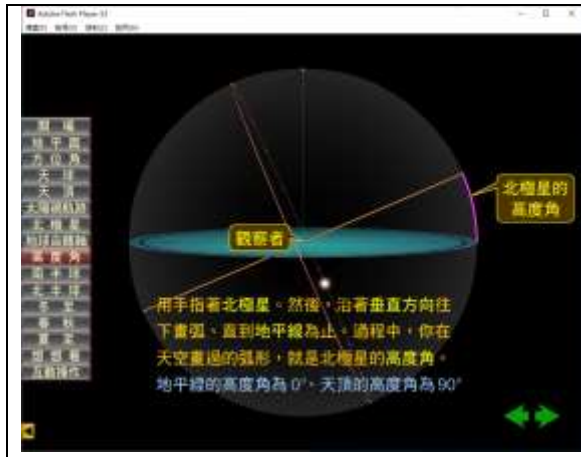
圖六 天球論



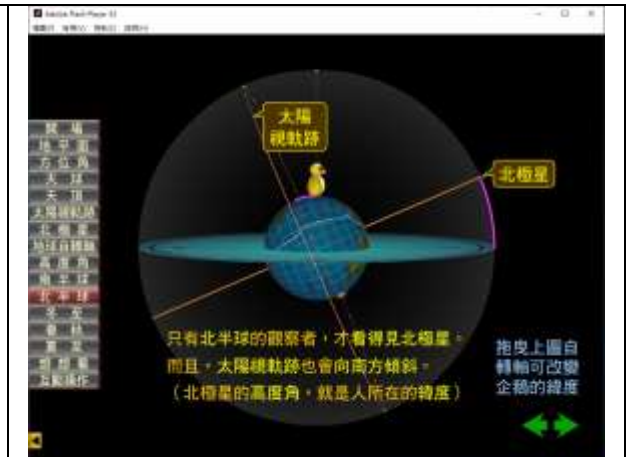
圖七 太陽運動軌跡模擬



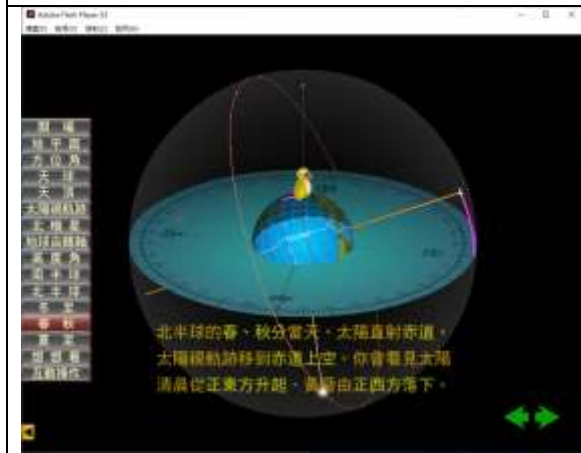
圖八 北極星的相對位置



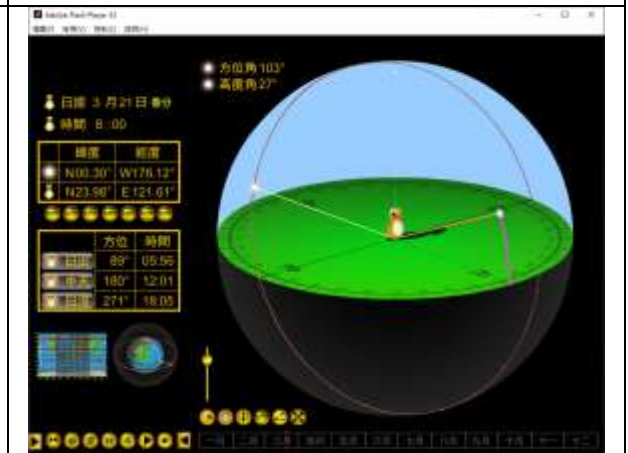
圖九 北極星、天頂與地平線之間的相對位置



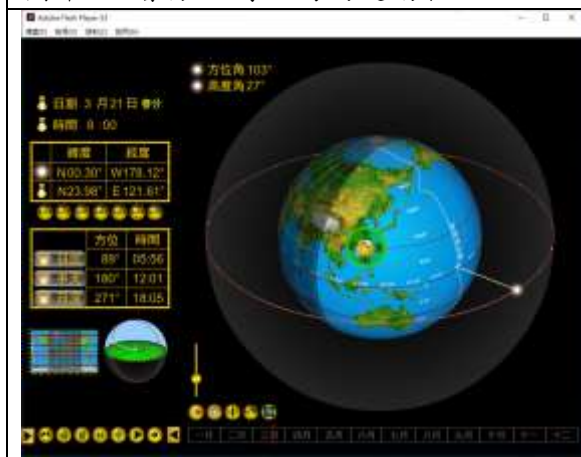
圖十 北極星與觀察者所在緯度的相對關係



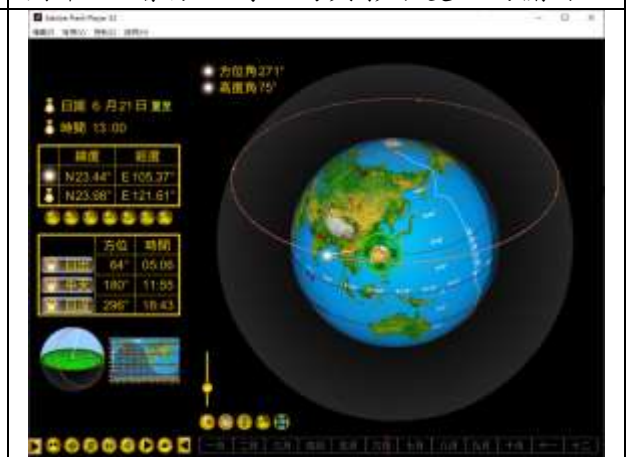
圖十一 春分日時太陽的運動軌跡



圖十二 春分日時太陽與影子變化的關係



圖十三 春分日時太陽直射赤道的運動軌跡



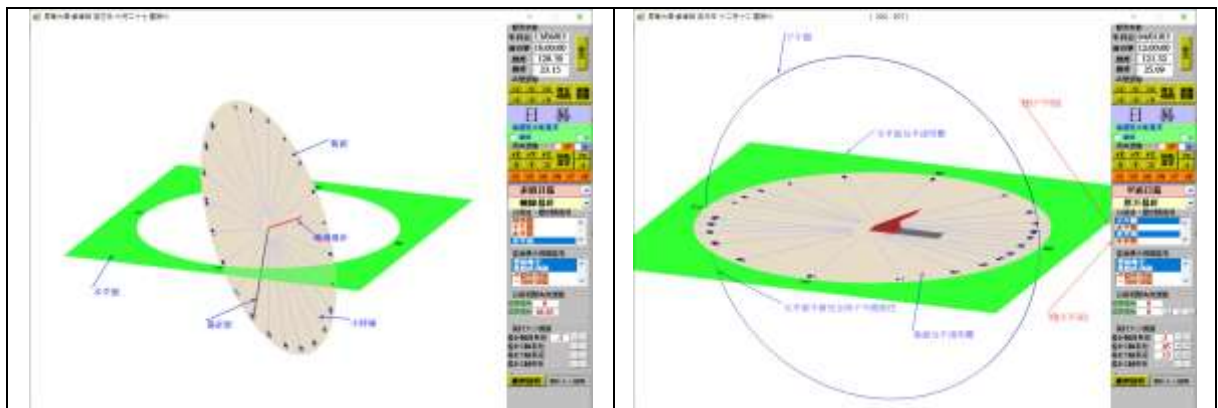
圖十四 夏至日時太陽直射北迴歸線的軌跡

研究三：利用日晷投影原理與模擬程式，了解各種日晷運作的原理與與實際運作的情況

在製作日晷之前，我們希望能夠更完整地理解各種日晷的運作原理以及每一種日晷運作的實際情況，但是因為現實環境中的種種限制，我們並沒有那麼多種類的實體日晷，可以進行觀察，而且就算我們有那麼多實體的日晷可以進行觀察，也必須要天氣的狀況可以配合。

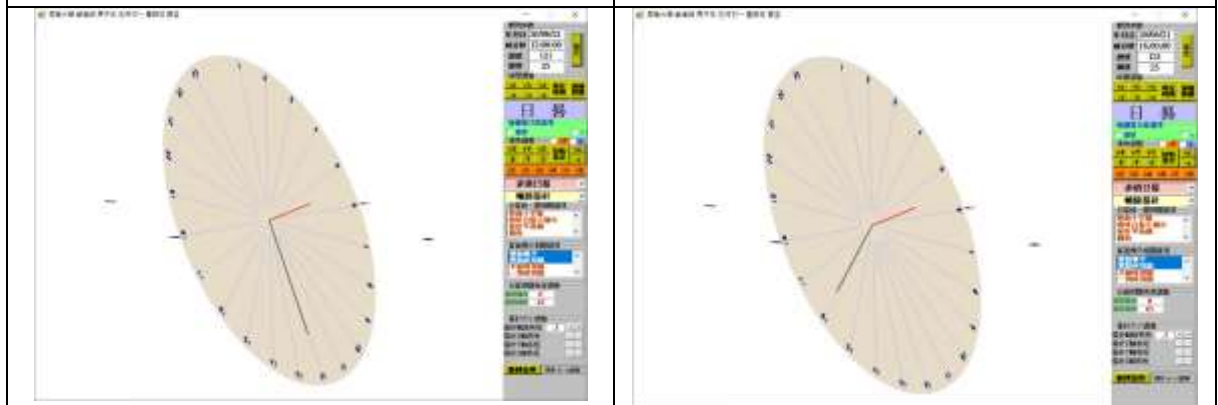
這個時候，我們又發現了另外一個由屏東教育大學應用物理學系蘇偉昭教授所撰寫的投影日晷原理與模擬的電腦程式，這一個程式可以在參數中設定觀察位置的經度和緯度，也就是說如果我們把觀察點設為我們學校所在的經度和緯度，就可以通過這一個日晷原理與模擬的電腦程式知道各種日晷在我們學校每一天的日影情況，對應之前太陽運動軌跡的模擬程式，我們就可以更清楚的知道太陽運動軌跡以及日晷與晷針影子之間的相對關係。

以下是我們操作這個投影日晷原理與模擬電腦程式時的部分截圖畫面 圖十五～圖二十



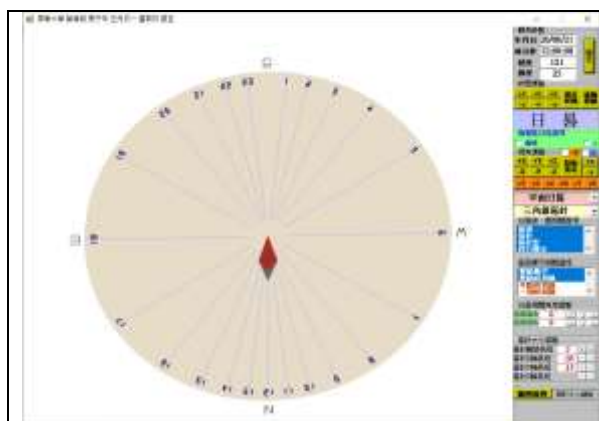
圖十五 赤道式日晷模擬示範圖

圖十六 平面式日晷模擬示範圖

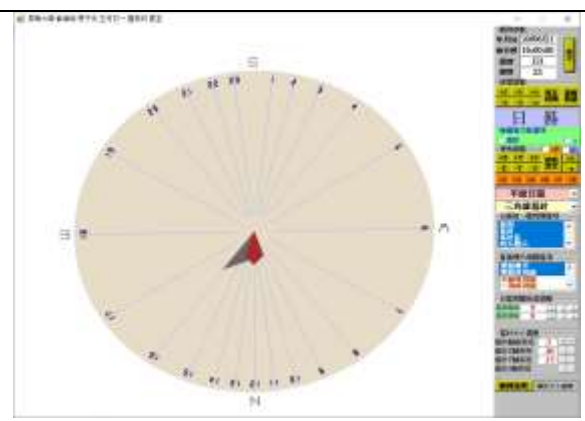


圖十七 2020年夏至日赤道式日晷中午12點日影圖

圖十八 2020年夏至日赤道式日晷下午16點日影圖



圖十九 2020年夏至日平面式日晷中午12點日影圖



圖二十 夏至日平面式日晷下午16點日影圖

研究四：實際動手製作日晷

經過了對日晷的初步研究和討論之後，我們對這三種常見日晷的優缺點進行了初步的歸納得到的結果如下表一

表一：常見的各種日晷比較表

	赤道式日晷	水平式日晷	垂直式日晷
時刻線間距	等距	不等距	不等距
晷針型式	針狀	多為三角形	多為三角形
不適用地區	無	赤道	極區
不適用時間	春分和秋分	清晨傍晚	清晨傍晚
安置的位置	寬廣的日照區	寬廣的日照區	建築物上
設計的複雜度	中等	簡單	簡單
製作的難度	相對簡單	中等(時刻線角度須使用三角函數計算)	簡單(可使用網頁列印出垂直式日晷的晷面)

在經過了初步的研究後，我們決定以水平式日晷與赤道式日晷作為本次實驗的製作目標，主要的原因有下面幾點

- 一、在我們學校所找到的就是日晷就是水平式日晷，所以我們希望能夠製作一個相同形式的日晷
- 二、赤道式日晷與水平式日晷需要有較開闊的場地，而我們學校的操場就非常適合用來觀測這兩種日晷。
- 三、赤道式日晷與水平式日晷的製作難度不高，但是卻可以得到很好的觀察效果。
- 四、我們可以運用現今的電腦技術模擬赤道式日晷與水平式日晷的日影情況
- 五、我們同樣可以運用現今的電腦技術修正赤道式日晷與水平式日晷的誤差

製造赤道式日晷的注意事項

太陽每天都在與赤道相平行的不同緯度面上規律的運行，所以我們只要製作一個與地球赤道平面相平行的晷面，便能夠掌握太陽在這個晷面上以每個小時移動 15 度的等角度移動。基於這個原理，晷面上的時刻線就成等角度的分佈。

另一個要注意的重點是赤道式日晷以春分日和秋分日為分界，從春分日到秋分日時之間，影子會落在向北面的晷面上。從秋分日到春分日時，影子會落在向南面的晷面上。所以赤道式日晷的兩面都必須要畫上等角度的時刻線。

實際動手製作赤道式日晷



圖二十一 繪製晷面上的時刻線



圖二十二 製作赤道式日晷的晷面與基座



圖二十三 晷面的傾斜角度



圖二十四 固定赤道式日晷的晷面與基座



圖二十五 固定赤道式日晷的晷針



圖二十六 赤道式日晷

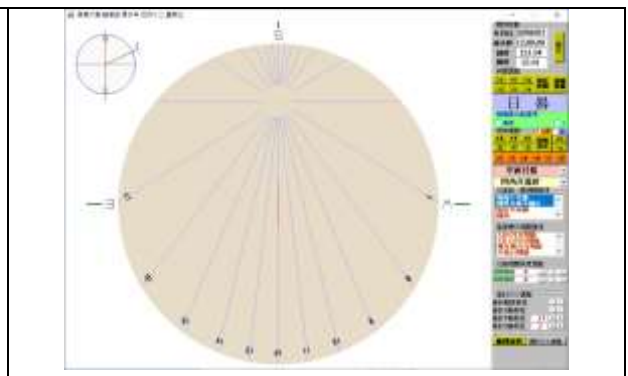
製造地平式日軌的注意事項

由於太陽的運動軌跡，相對於地球是一個圓形的平面。這個圓形的運動軌跡所生成的日影投射在平面的晷面上所形成的時刻線必然是非等角度的。這時候就牽涉到複雜的幾何以及三角函數運算，這並不是我們國小小朋友所能掌握的基本知識。我們退而求其次，尋求較為科學的解決方法。就是在日晷投影模擬的程式中輸入的相對的參數。由電腦計算出一個完全符合我們學校緯度參數的平面式日晷的晷面。

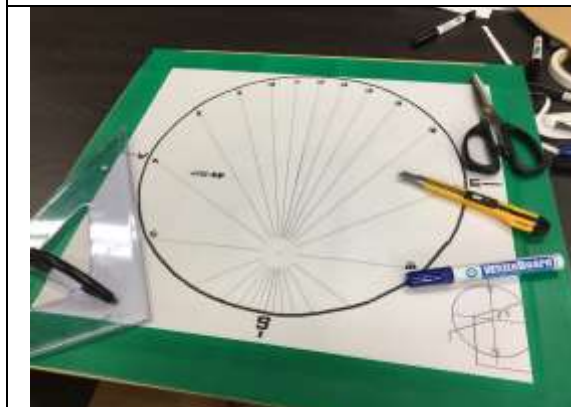
實際動手製作水平式日晷



圖二十七 從 Google 地圖上搜尋本校的經度與緯度



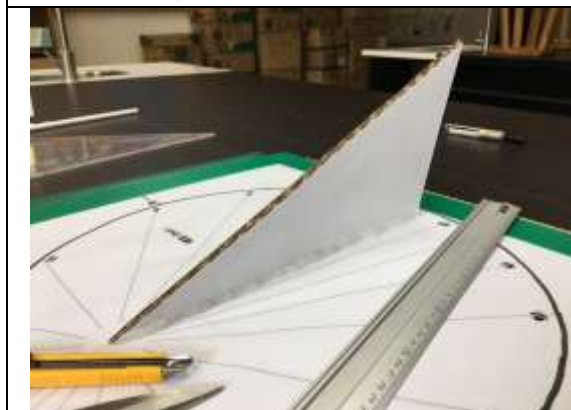
圖二十八 在日晷投影的模擬程式中輸入了本校的相關經度與緯度參數



圖二十九 製作地平式日晷的晷面



圖三十 製作地平式日晷的晷針



圖三十一 固定地平式日晷的晷針



圖三十二 地平式日晷

研究五：赤道式日晷與平面式日晷實際觀測

赤道式日晷實際觀測



圖三十三 安置赤道式日晷進行觀察，日晷的晷針必須指向正北方

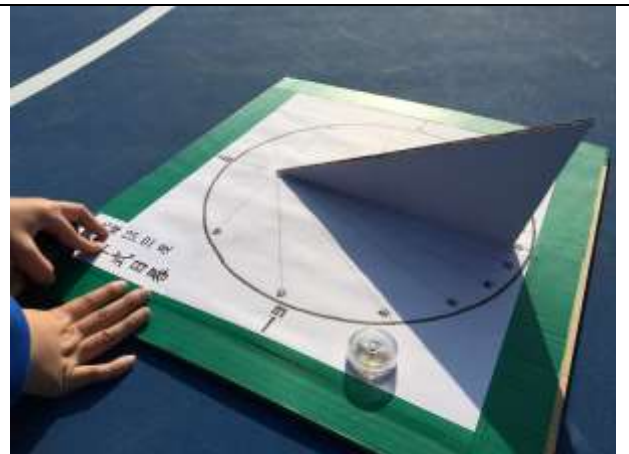


圖三十四 安置赤道式日晷進行觀察，日晷的晷針必須指向正北方

平面式日晷實際觀測



圖三十五 安置平面式日晷進行觀察，日晷的晷針必須指向正北方



圖三十六 安置平面式日晷進行觀察，日晷的晷針必須指向正北方

伍、研究結果

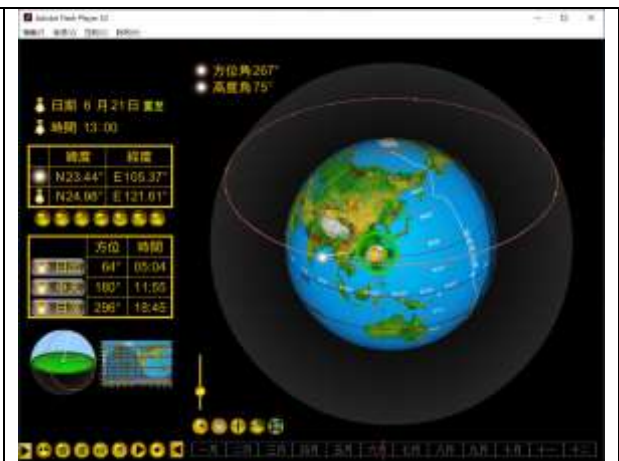
一、使用太陽運動軌跡模擬器觀察一年之中太陽的運動軌跡後我們發現，由於地球自轉的過程中同時繞著太陽在進行公轉，這時候在地球上的人觀測到太陽是沿著緯度的一個圓圈由東向西進行相對運動，而這個運動的軌跡會隨著一年四季的變化而變化，一年的3月21日時太陽直射赤道我們稱為春分日，之後太陽的運動軌跡漸漸的向北移動，到了6月21日太陽直射北迴歸線，我們稱為夏至。然後太陽的運動軌跡又漸漸地向南移動，到了9月23日再次的直射赤道，我們稱為秋分。這時候太陽的運動軌跡繼續的向南移動，到了12月22日太陽直射南迴歸線，這天我們稱之為冬至。太陽如此年復一年，往復的循環運動。不論是那一種日晷，都是建立在太陽這種規律性的運動軌跡上。如圖圖三十七~圖三十九

二、使用太陽運動軌跡模擬器觀察太陽的運動軌跡會發現，地球自轉的軸心垂直於環繞太陽的運動軌道，也就是地球的自轉軸垂直於黃道面，太陽的直射區域會在北緯 23.5 度和南緯 23.5 度之間來回移動。

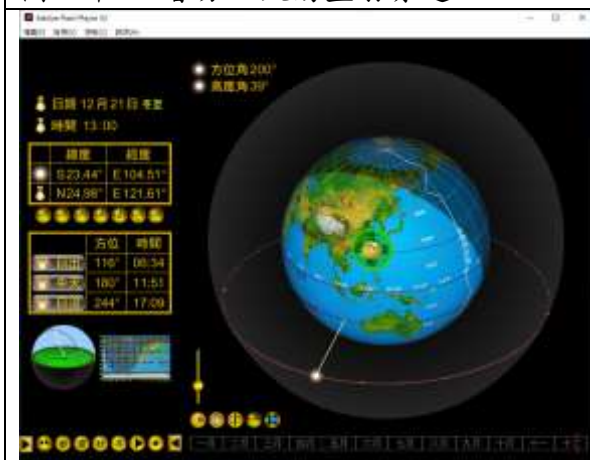
如圖四十



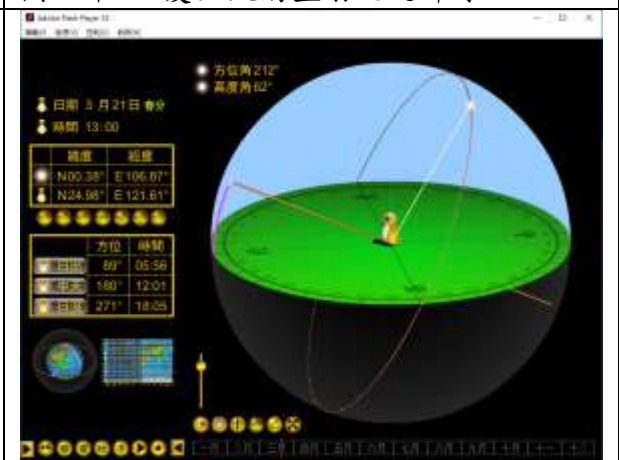
圖三十七 春分日太陽直射赤道



圖三十八 夏至太陽直射北迴歸線

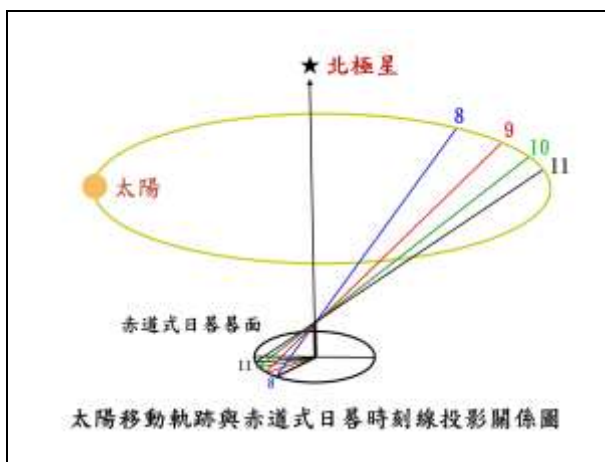


圖三十九 冬至太陽直射南迴歸線

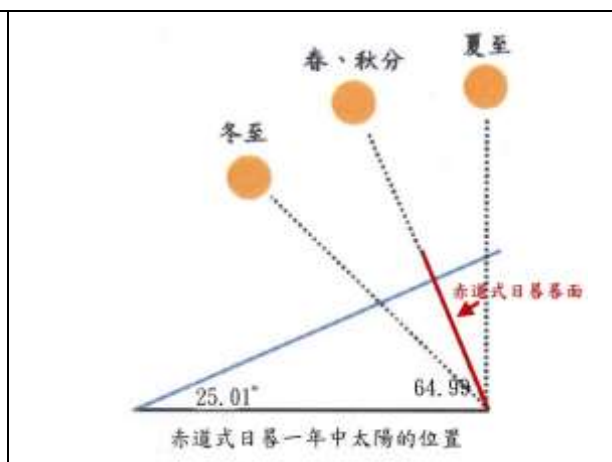


圖四十 地球的自轉軸與黃道面相垂直

三、通過操作投影日晷原理與模擬程式我們發現，赤道式日晷由於晷針方向與陽光相垂直，當地球在自轉的時候，固定時間內太陽移動的距離一樣，也就是說太陽是對著地球進行等角速度的移動，所以產生的影子也是呈現等角速度移動，這使得赤道式日晷的晷面時刻度標線會像時鐘一樣等距的劃分。如圖四十一



圖四十一 太陽移動軌跡與赤道式日晷時刻線投影關係圖



圖四十二 春分和秋分時，太陽與赤道式日晷的晷面相垂直

四、再則，因為赤道式日晷的晷面和地球的赤道相平行，這使得春分日和秋分日的時候太陽剛好和赤道式日晷的晷面相垂直，這也使得越接近春分日和秋分日時，在赤道式日晷的晷針的影子越短，到了春分日或秋分日當天，更無法在晷面上觀察到晷針的影子。如圖四十二

五、通過操作投影日晷原理與模擬程式觀察發現，地平式日晷晷面上的時刻線刻度分配並不平均，靠近晷針的位置每小時的移動的角度較小，離晷針越遠的位置，每小時移動的角度較大，如果我們改變投影日晷原理與模擬程式觀察緯度參數，會發現在越北方使用地平式日晷，晷面上的時刻線會越接近等角度平均分割的情況，如果將地平式日晷的觀測地點設在北極，地平式日晷晷面上的時刻線會和赤道式日晷一樣呈現等角度平均分割的情況。

陸、討論

在這裡我們也針對在整個實驗的過程中所遇到的問題，進行一些初步的研究和討論：

一、古代科學家的天球觀

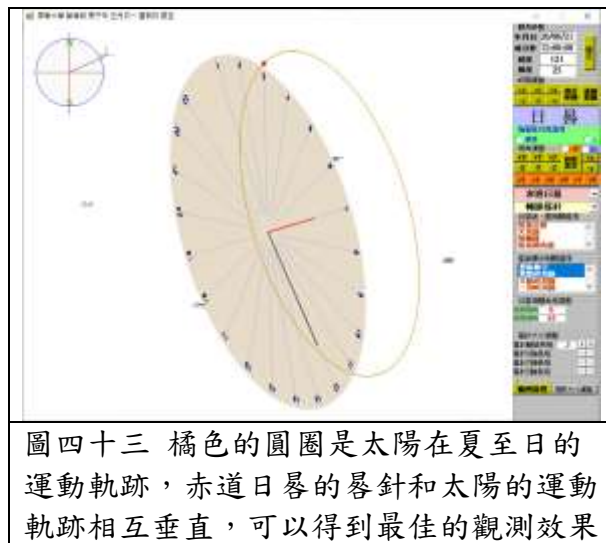
在這次的實驗過程中我們發現，古代人們將宇宙想像為一個球形的天空，而地球正處在這個天球的正中心，所有肉眼可以觀察到的天體或者星宿都是投影在這個圓球上的一個點，但是因為太陽距離地球太近了，與地球之間存在著明顯的相對運動，在地球上的觀察者發現太陽在天球上的座標每天都不同，而且會以年為單位往返到原來位置，這個週期性運動的軌道就形成了黃道面。

二、為什麼赤道式日晷的晷針與地平面的夾角要等於當地的緯度？

一天中陽光下物體的影子變化是有規律的，早上的時候太陽從東邊升起這時候的影子就在西方，下午的時候太陽移到了西方，影子就轉到東邊。日晷正是利用這個規律來測量時間。

通過太陽運動軌跡模擬器觀察發現，地球自轉的軸心垂直於環繞太陽的運動軌道也就是地球的自轉軸垂直於黃道面，太陽的直射地球的區域會在北緯 23.5 度和南緯 23.5 度之間來回移動，也就是說，太陽在天空中走過的軌跡變化實在是太大了。以我們學校所在的位置為例，夏季的時候太陽會從東北方升起，冬季的時候又從東南方升起；夏至那天中午影子很短，冬至那天中午影子又很長。這對日晷的觀測造成了很大的困擾。

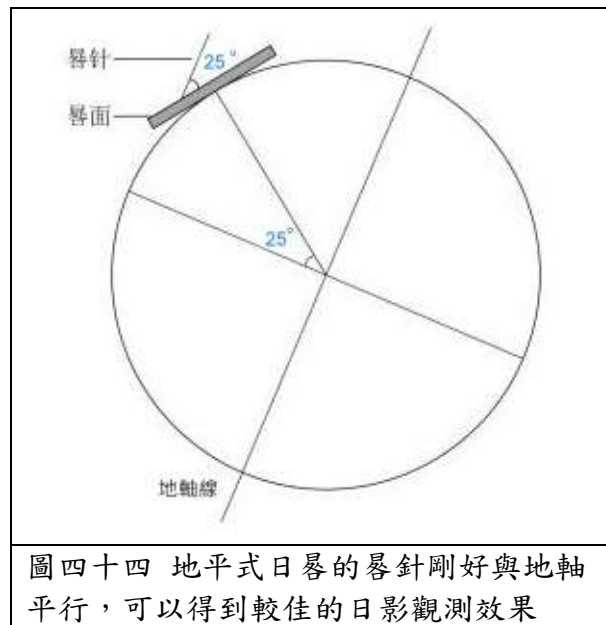
而解決方法就只需要讓晷針平行於地軸，如此一來，就能使得晷針影子相對變化得較小。最簡單的例子就是，在赤道上，直立木棍的影子會比你用繩子將同一根木棍水平方向的掛起來的影子來的短，同樣的原理，在地球上的其他地方，也是一樣的，只要我們將晷針的方向指向北極星，那麼晷針就平行於地軸，這樣就可以得到較佳的日影觀測效果。如圖四十三



圖四十三 橘色的圓圈是太陽在夏至日的運動軌跡，赤道日晷的晷針和太陽的運動軌跡相互垂直，可以得到最佳的觀測效果

三、地平式日晷的晷針與地平面的夾角也要等於當地的緯度，這麼做有什麼目的？

以我們學校為例，我們的學校的所在位置大約是北緯 25° ，如果我們將地平式日晷的晷身與水平面的夾角定在 25 度，從圖四十四中我們會發現這時候地平式日晷的晷針剛好與地軸平行，這樣就可以得到較佳的日影觀測效果。



圖四十四 地平式日晷的晷針剛好與地軸平行，可以得到較佳的日影觀測效果

四、為什麼地平式日晷，其晷面的時刻線為什麼不是平均分割的呢？

我們都知道在做手影遊戲的時候，如果改變手電筒的位置，產生的手影就會跟著變形。地平式日晷的晷針也遇到了同樣的問題，因為晷針平行於地軸，跟地面就形成夾角，成為傾斜面，地平式日晷的晷針在晷面上的影子也就變形了，而且陽光越偏，變形就越厲害，晷面的時刻線離正午越遠，角度就越大。

柒、結論

最後我們試著將我們在這段時間學到的知識和理論相結合，進行最後的結論：

- 一、通過實際的觀察或者使用太陽運動軌跡模擬程式我們都可以發現，一年之中太陽運動的軌跡呈現週期性的往復運動，而造成不同形式日晷會有不同的晷面時刻線分佈，主要的因素還是在於晷針的型式以及晷面與晷針之間相對的角度，兩者影響之下所造成的結果。
- 二、從實際操作的角度來看，赤道式日晷晷面上的時刻線呈現等角度平均分佈，而且在安置赤道式日晷時，只要調整晷針的長度，就可以的調整晷面的傾斜角度，所以製作上相對較為容易。平面式日晷雖然晷面可以直接平鋪在地面上，但是因為晷面上的時刻線呈現不均勻的分佈，在製作晷面時必須要經過專業的公式計算，才能畫出平面式日晷的晷面，再者，晷針的傾斜角度必須在設計時就精準的計算好，沒有辦法像赤道式日晷一樣，通過調整晷針的長度來調整日晷的傾斜角度，所以在製作上相對較為困難。
- 三、另外，我們也發現，在沒有經度和緯度概念的古代，通過長時間實際的操作，歸納出日晷的晷針必須要有一定的角度最有利於晷針的日影觀察，而這個角度就是晷針指向北極星的角度，也與我們現代科學的經、緯度概念不謀而合。
- 四、這次的研究活動有一個非常遺憾的地方，就是當我們在查詢資料的時候，就發現在國外有很多的人運用自身的知識製造出了各式各樣的日晷，甚至有些人還將他製作的日晷，商品化、小型化並且精品化，變成了一個像是懷錶一樣方便攜帶的萬用日晷，本來我們的目標就是要製作一個完全為我們學校環境而設計的萬用日晷，但是因為疫情的關係，使我們的後續研究受到了許許多的限制，最終還是無法完成這項計劃，希望將來有機會可以延續這個的研究，製造出一個屬於我們專有而且個性化的日晷。
- 五、雖然我們只是一群國小小朋友，對於相關的基本知識存在很多的盲點，例如在我們研究的過程中常常會遇到參考資料裡面提到的一些深奧的數學知識，像是數學中的幾何問題或者是三角函數。最後只能通過不斷的收集資料，並請教老師，用我們能夠理解的方式來進行研究，這次的研究或許並不成熟，但是當報告完成的那瞬間對我們而言卻有莫名的成就感。

捌、參考文獻資料

- 一、邱紀良 (2003)。日晷的實作。國立清華大學出版社
- 二、邱紀良 (2008)。日晷百變。 國立清華大學出版社
- 三、蘇偉昭 (2012)。投影日晷原理與模擬
<http://www.physics.nptu.edu.tw/files/11-1116-87.php?Lang=zh-tw>
- 四、王建忍 (2014)。 太陽視運動軌跡模擬器
<http://edson.tw/earth/sunrise/sunrisetw.html>
- 五、維基百科 - 日晷
[https:// zh.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E6%99%B7](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E6%99%B7)

【評語】 080507

【優點】

1. 研究主題為日常生活的現象(太陽升落規律性)與應用(日晷)。
2. 日晷的觀察藉由實際製作與操作與電腦模擬進行，值得嘉獎。
3. 題材雖然不屬創新，但以推理、實作來理解問題，精神可嘉，日誌甚佳。

【建議】

1. 主題略嫌單調，實驗數據呈現亦具邏輯性，但是解釋深度略嫌不足，如果有簡短的理论敘述，可能對實驗結果解釋會有幫助。
2. 雖有疫情影響，無法達到研究預定之目標(為該校設計之日晷)，應該可以在室內製作初版的日晷，待未來到戶外裝設，並進行測試與調校。

作品簡報



RESEARCH ABOUT SUNDIAL

太陽的時鐘- 日晷研究

中華民國第61屆中小學科學展覽會
國民小學地球科學組

研究動機與目的

RESEARCH MOTIVATION AND PURPOSE

- 了解古人如何通過太陽規律的升落，建立了最基本的時間概念。
- 了解日晷運作最基本的原理。
- 了解太陽升落規律性與日晷的關係。
- 製造一個完全針對我們學校地理環境而調整出來的日晷。



【研究一】 日晷的種類



赤道式日晷



地平式日晷



垂直式日晷



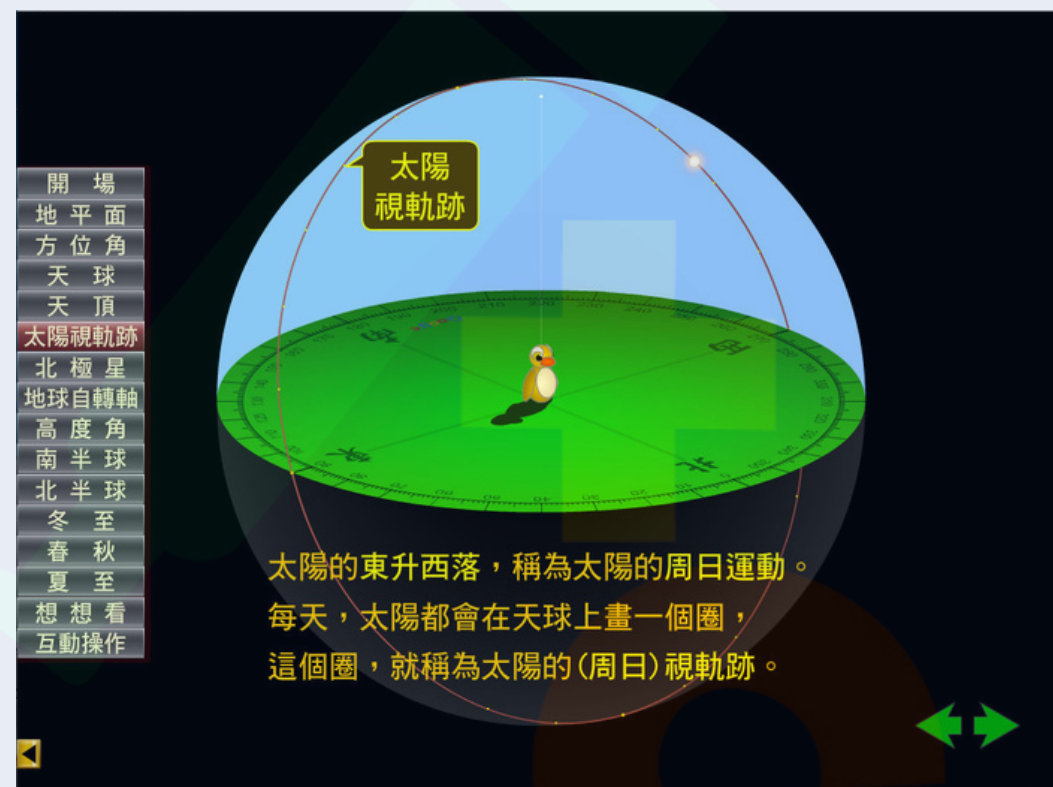
【研究二】

使用太陽運動軌跡模擬器

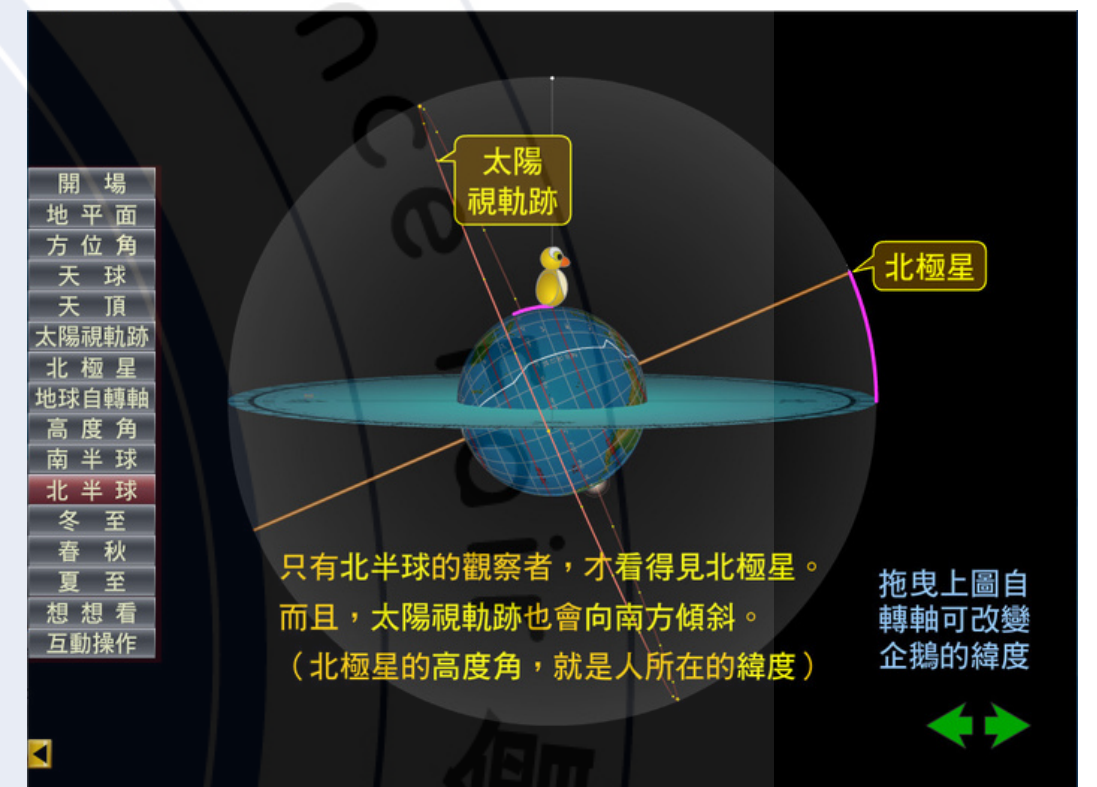
觀察一年之中太陽運動軌跡的變化



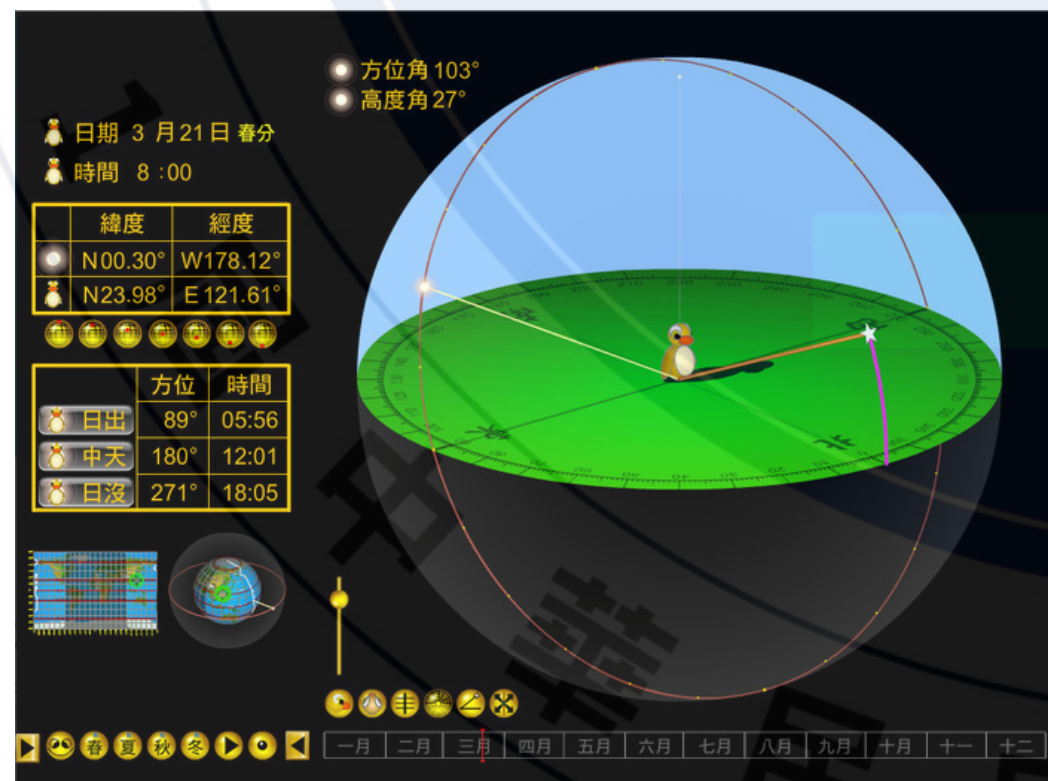
太陽軌跡模擬器



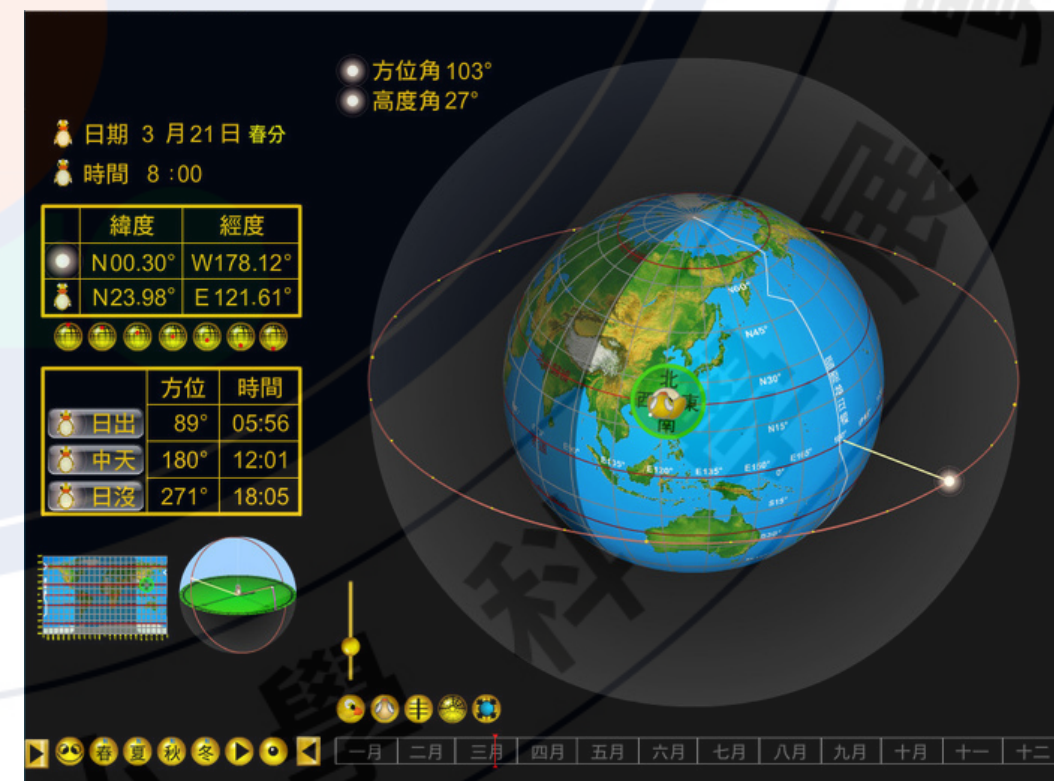
太陽運動軌跡模擬



北極星與觀察者



春分日日影關係



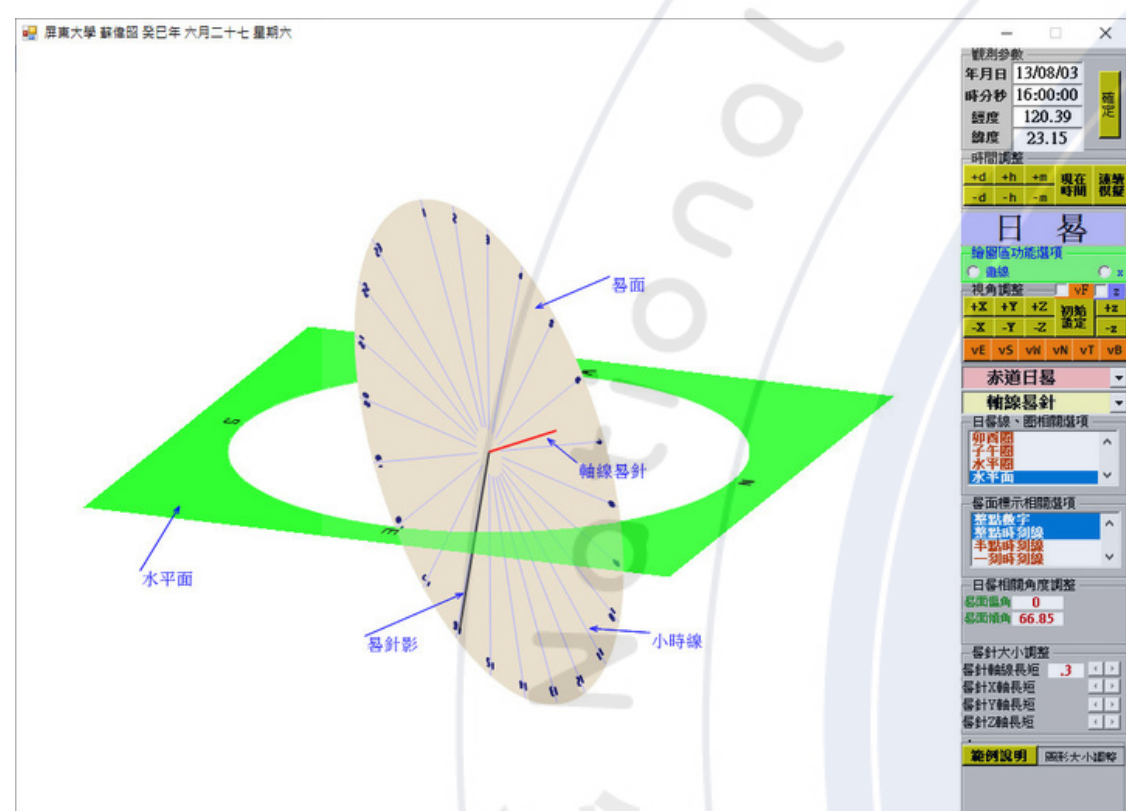
春分日太陽運動軌跡



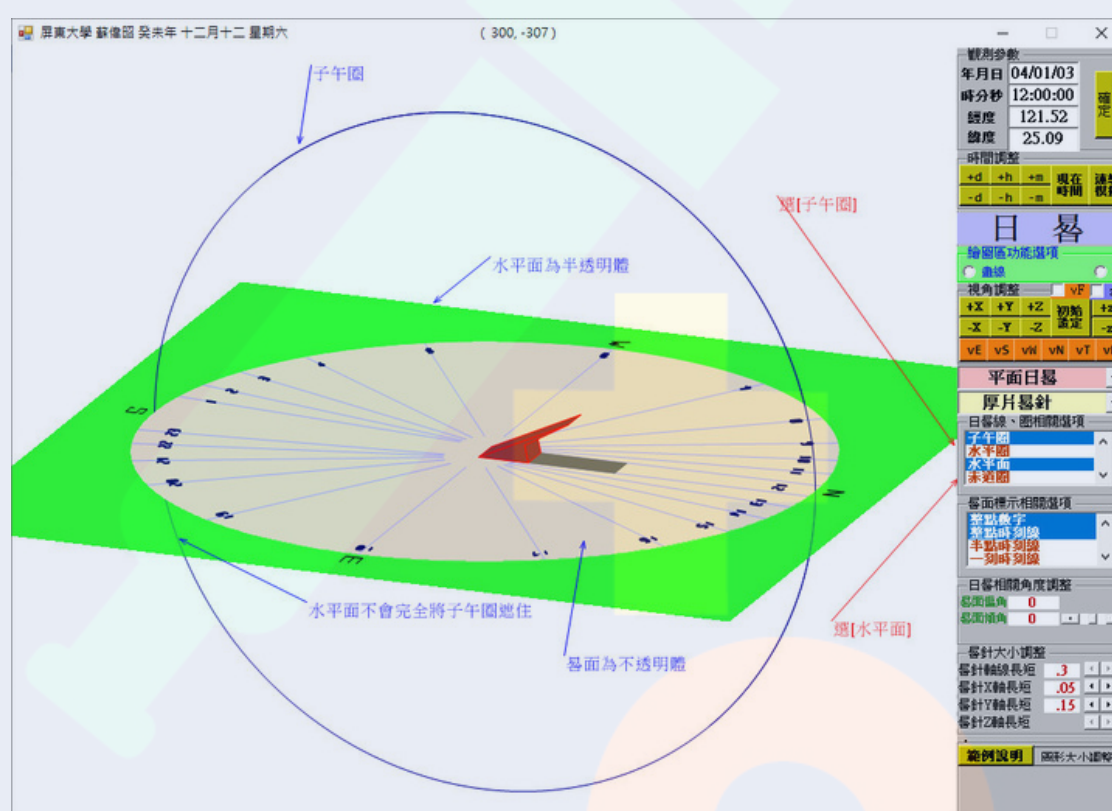
【研究三】

利用日晷投影原理模擬程式

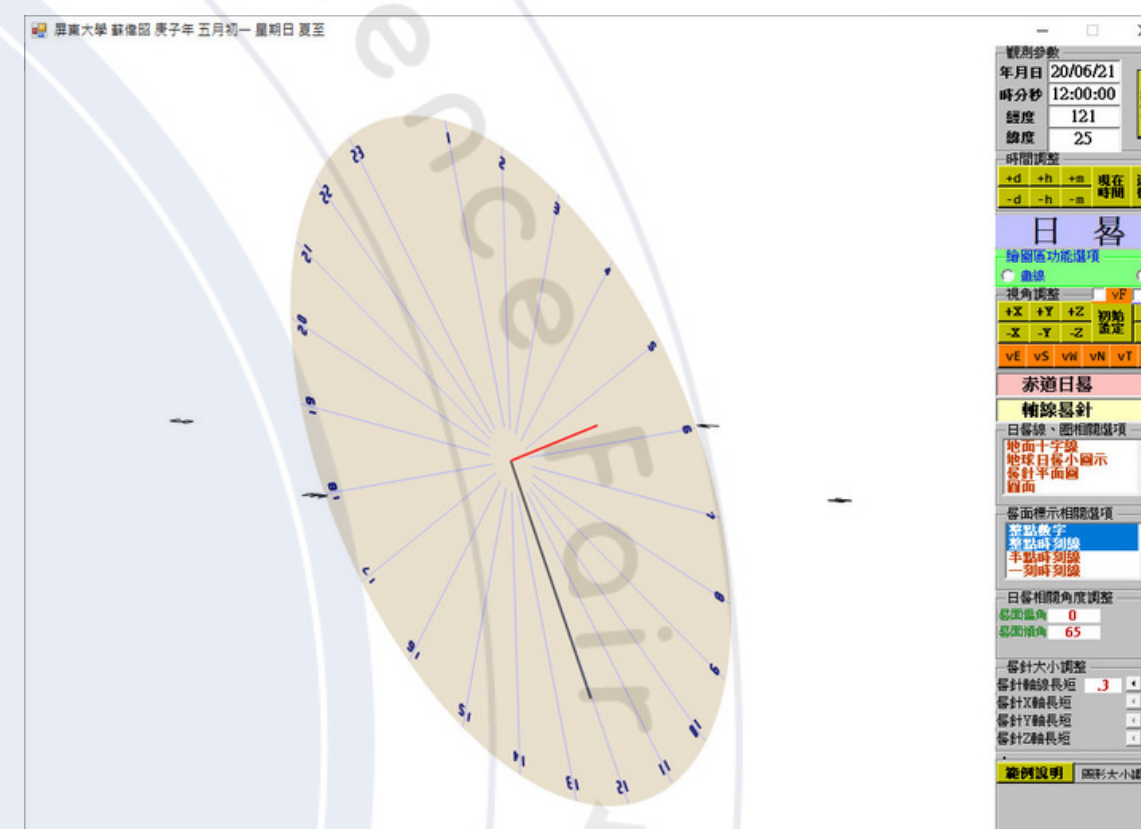
了解各種日晷運作的原理與與實際運作的情況



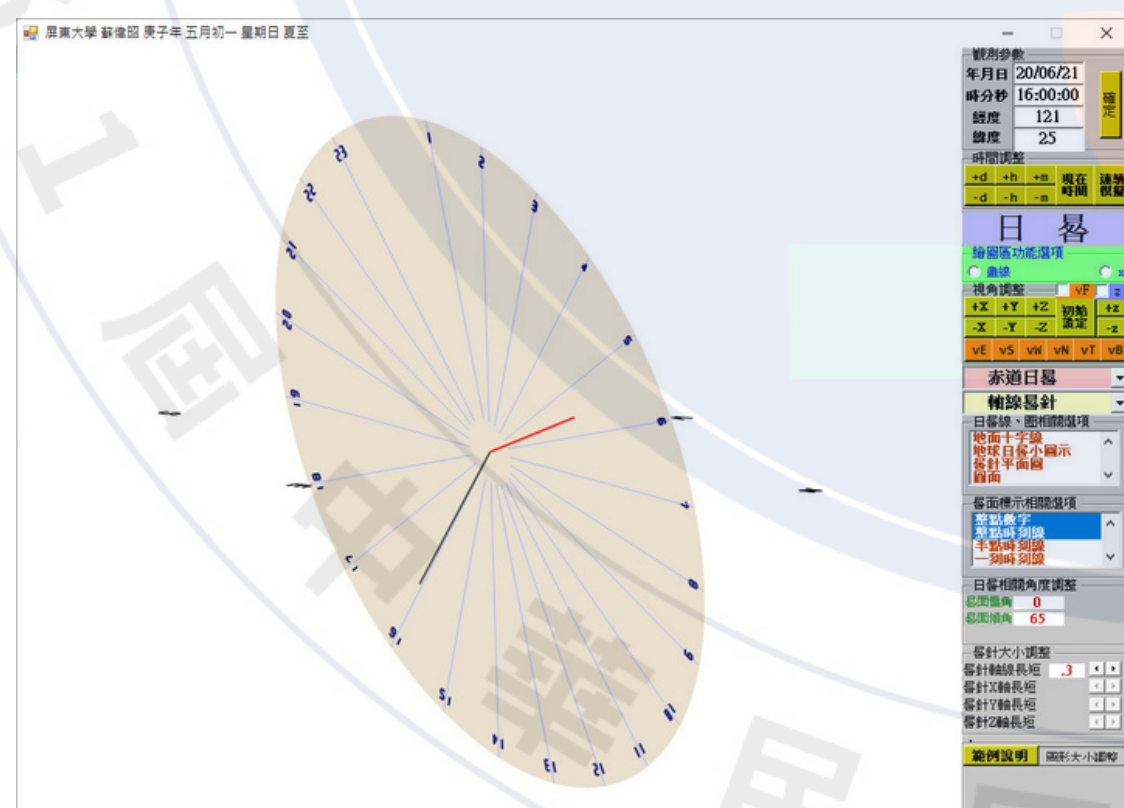
赤道式日晷模擬



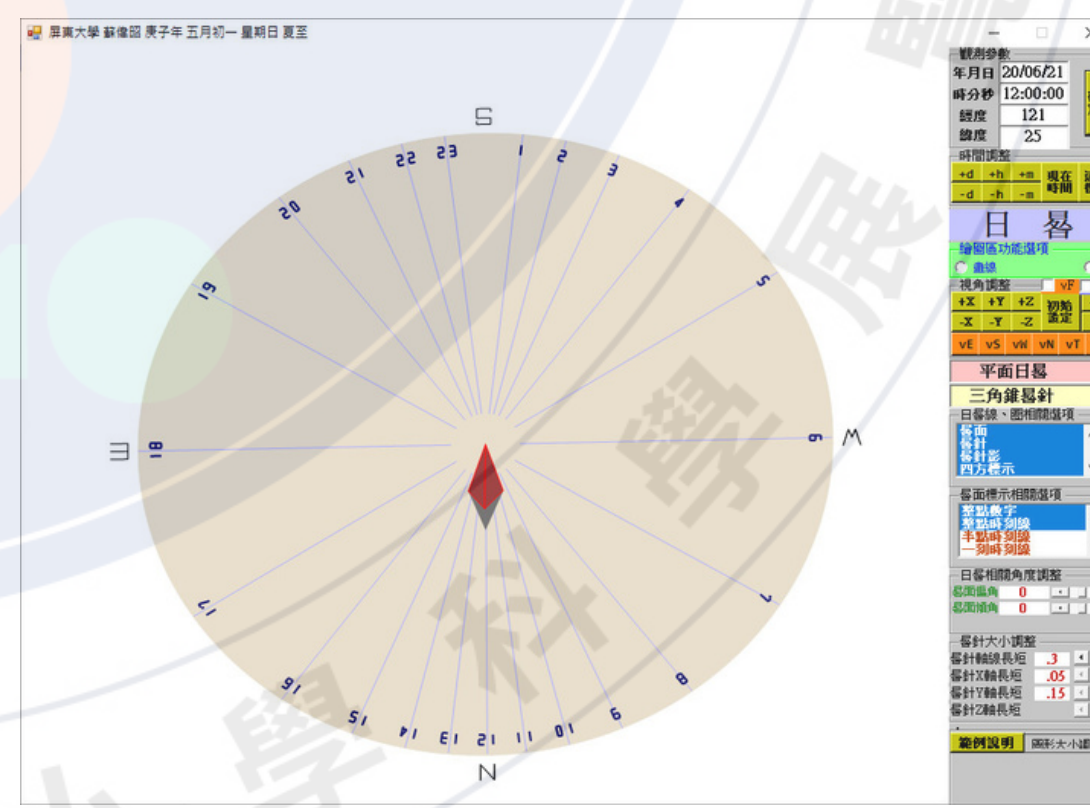
平面式日晷模擬器



夏至日12點日影圖



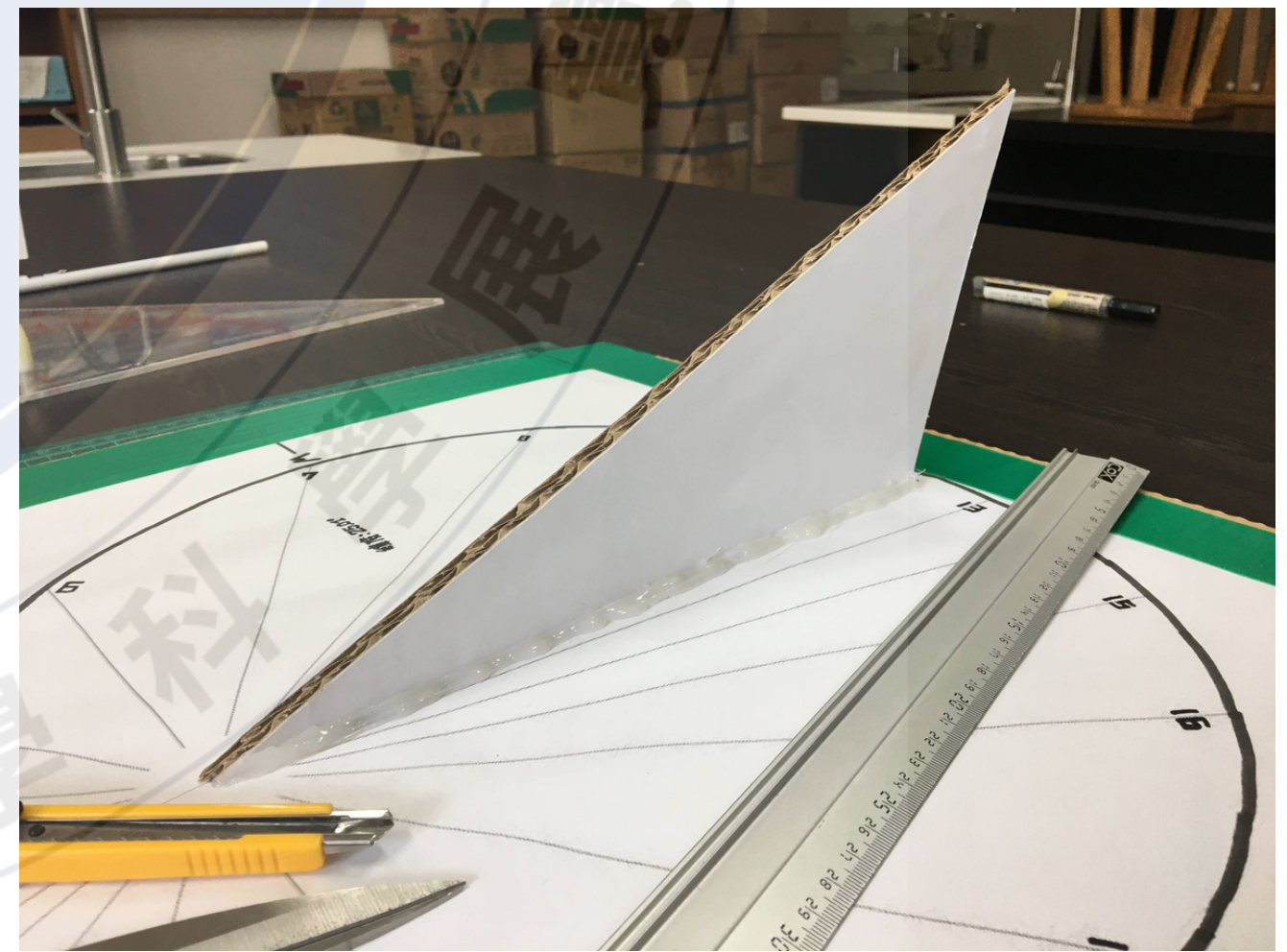
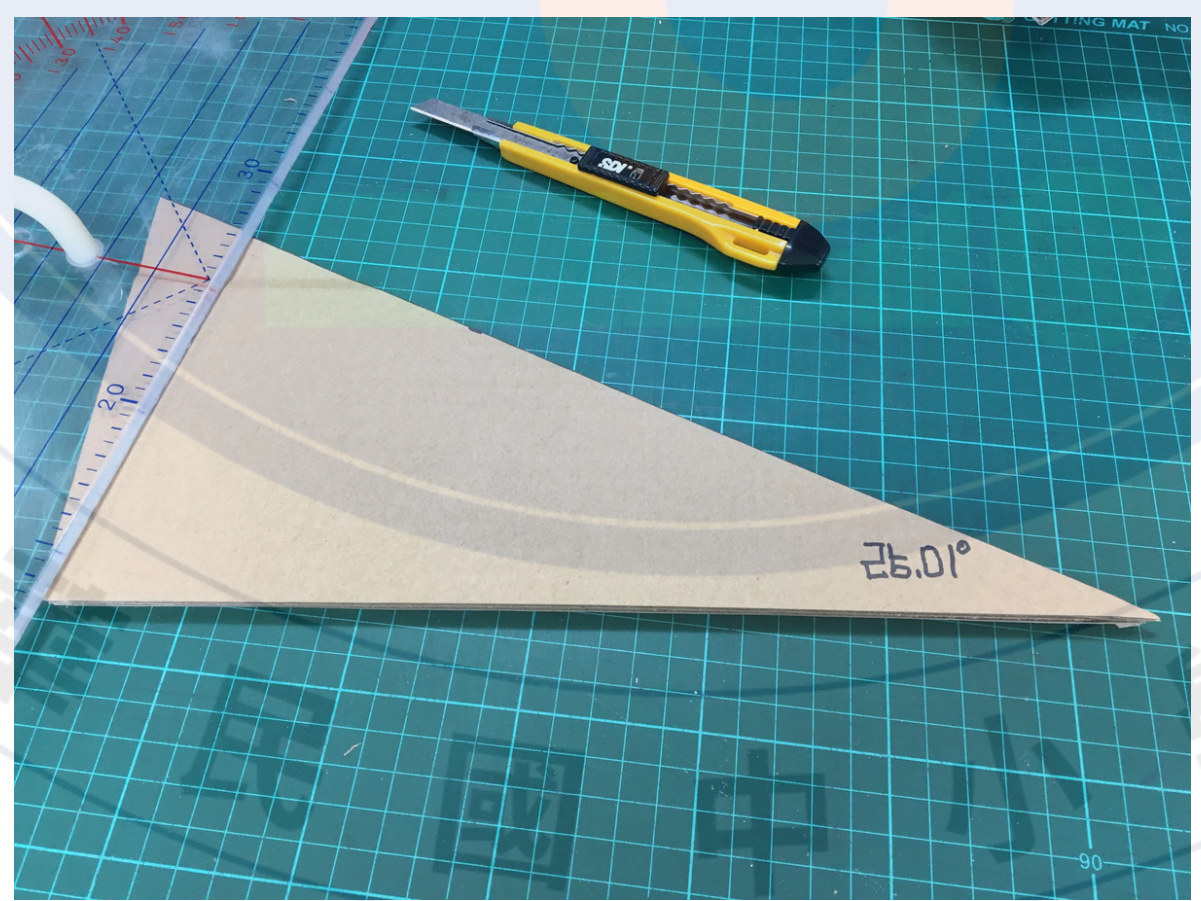
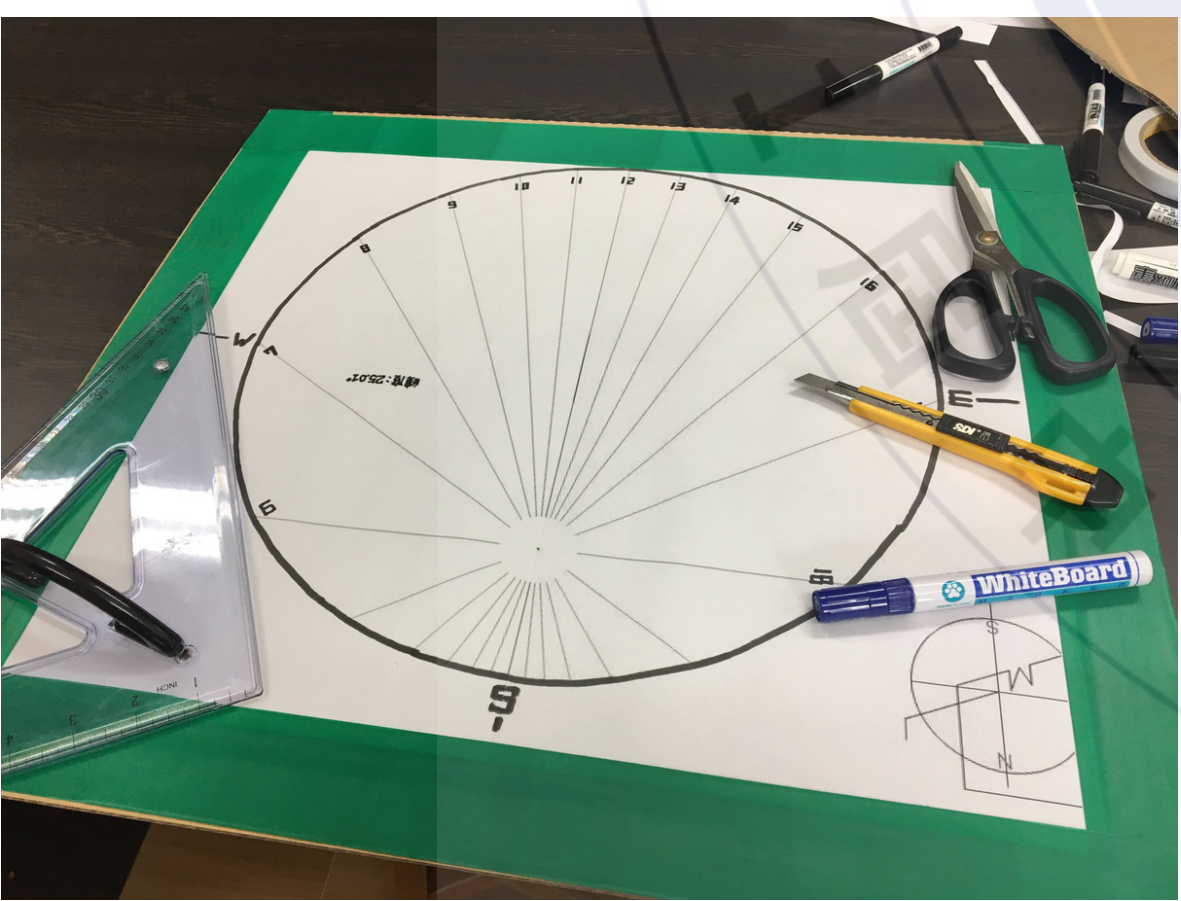
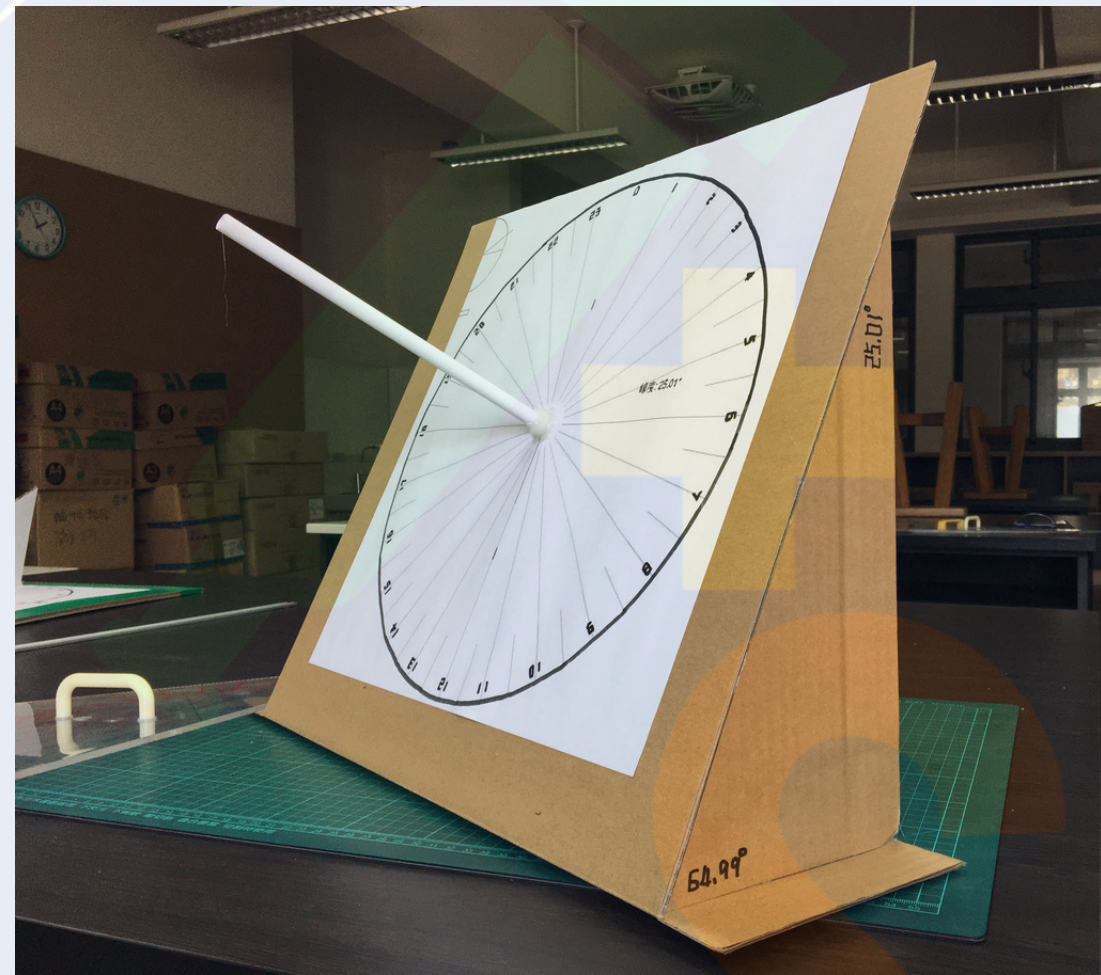
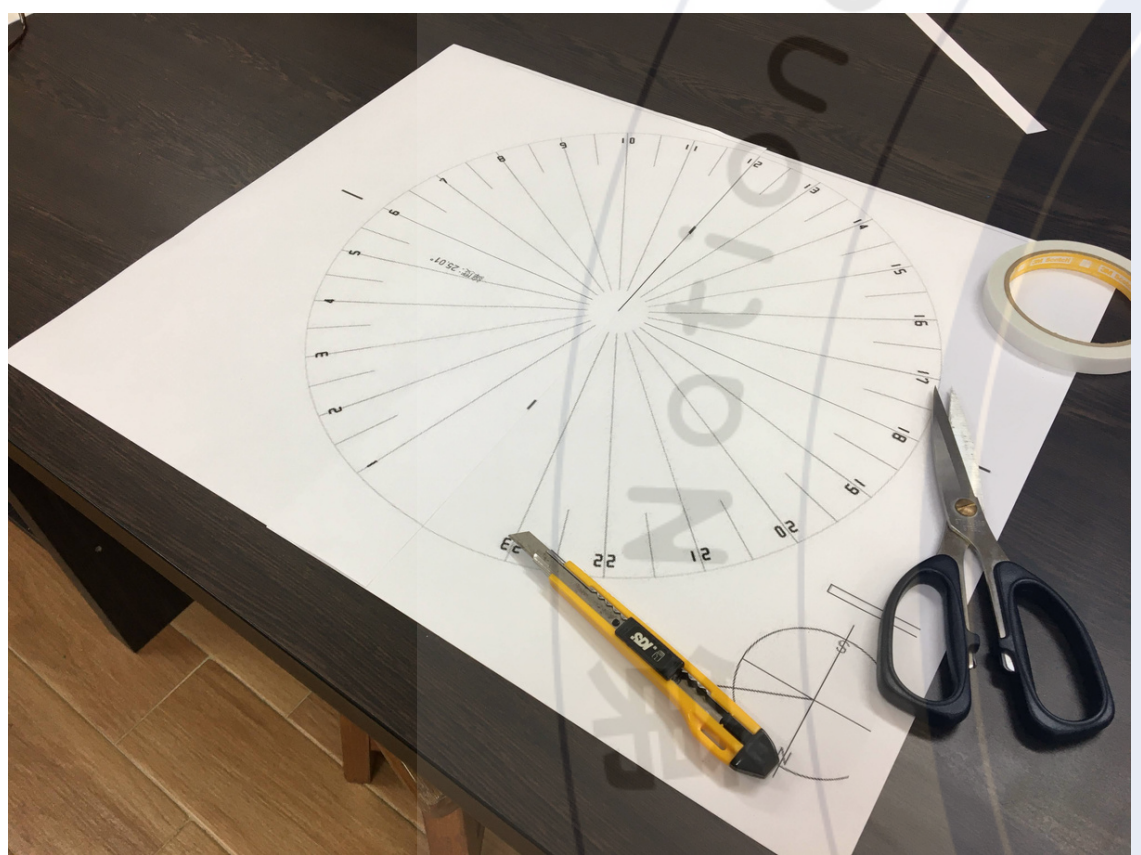
夏至日16點日影圖



夏至日平面式
日晷中午12點日影圖



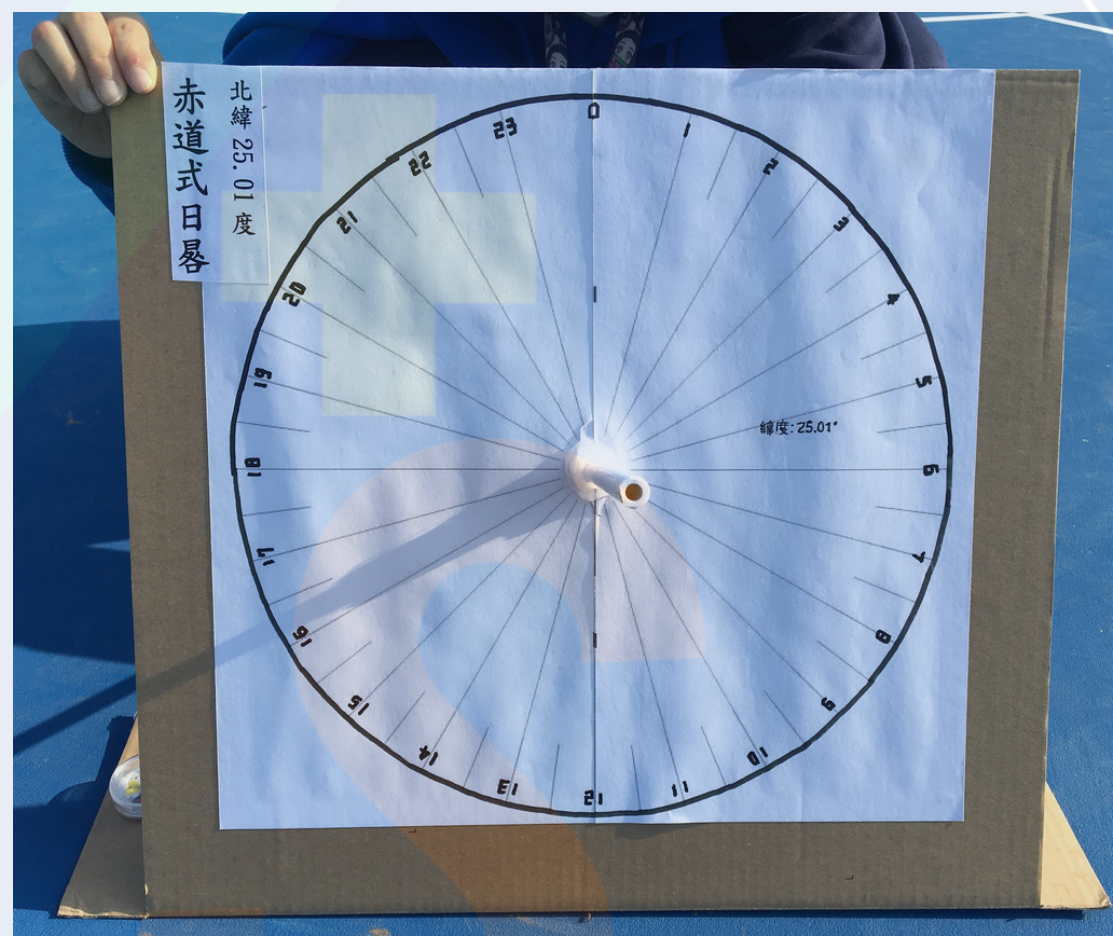
【研究四】 實際動手製作日晷



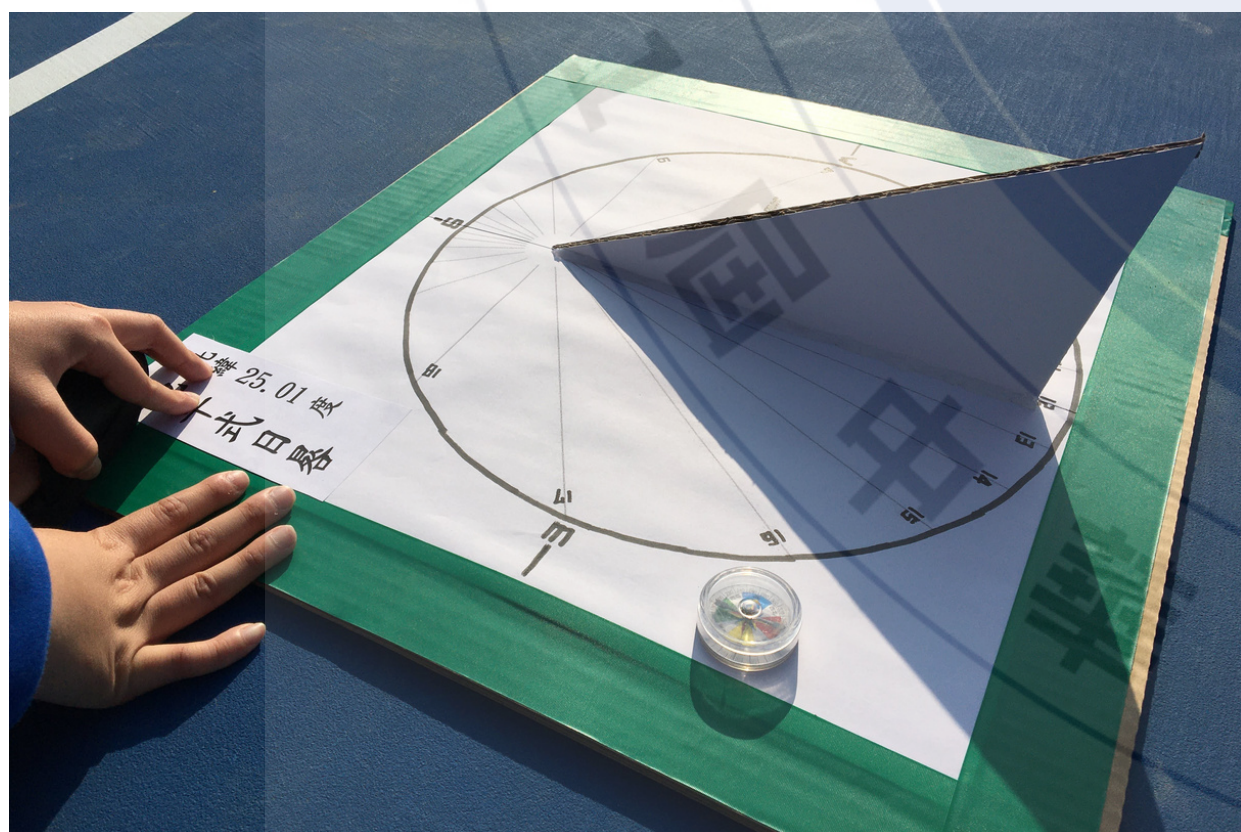


【研究五】

赤道式日晷與 平面式日晷實際觀測



赤道式日晷
實際觀測

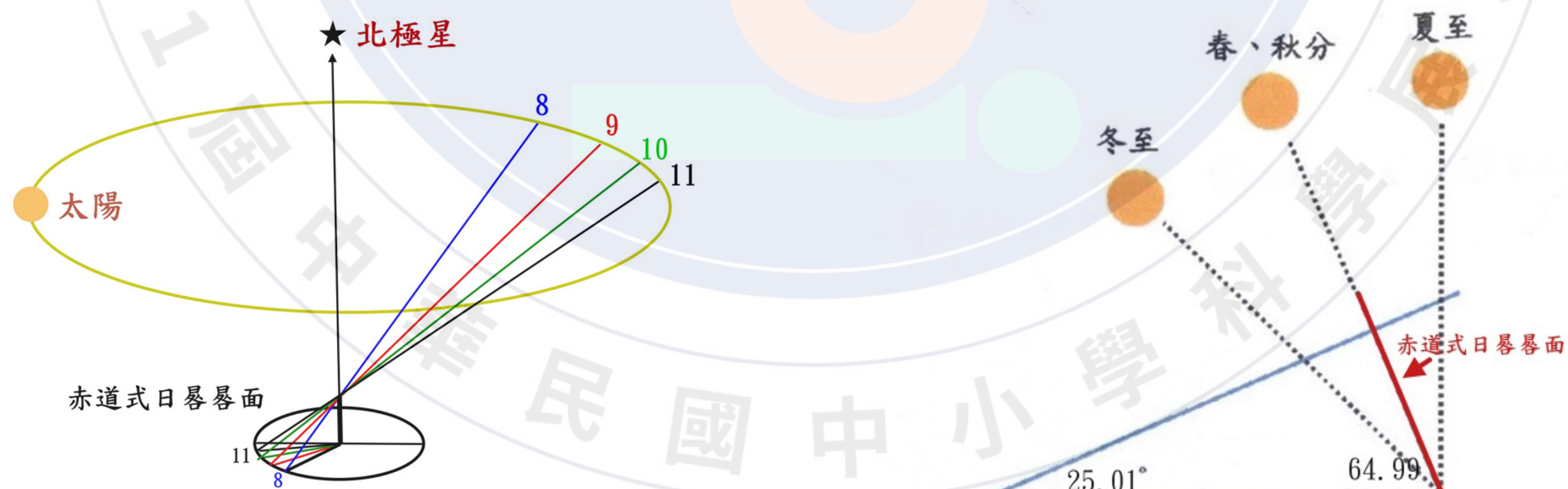


水平式日晷
實際觀測

研究結果

RESEARCH RESULTS

- 太陽以年為單位規律性的往復運動。
- 地球的自轉軸垂直於黃道面。
- 赤道式日晷由於晷針方向與太陽相垂直，使得赤道式日晷的晷面時刻度標線會等距的劃分。
- 赤道式日晷的晷面和地球的赤道相平行，春分日或秋分日無法在晷面上觀察到晷針的影子。



太陽移動軌跡與赤道式日晷時刻線投影關係圖

赤道式日晷一年中太陽的位置

討論

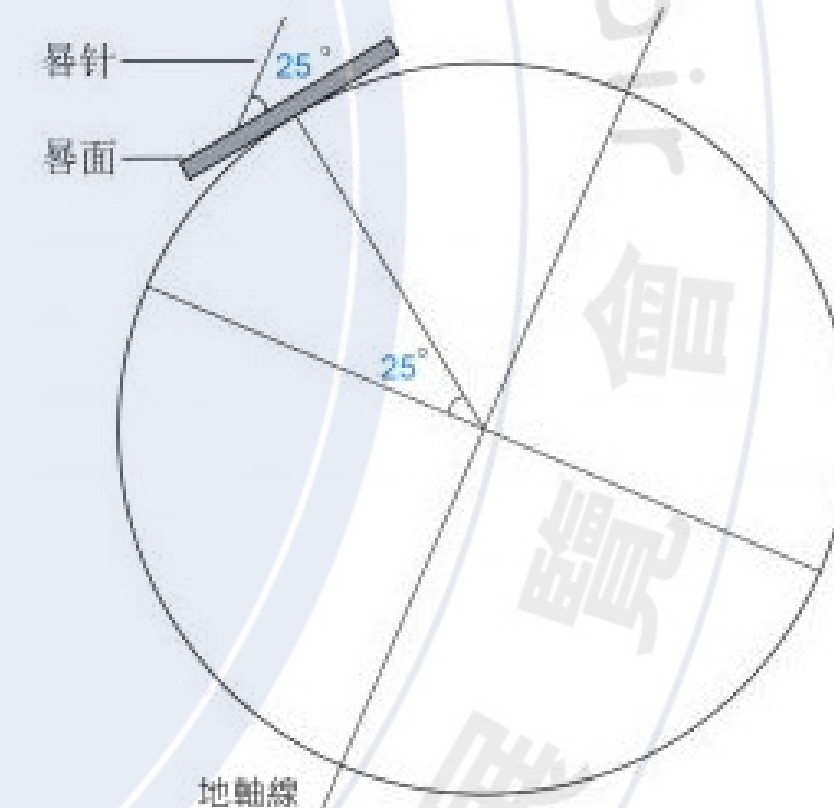
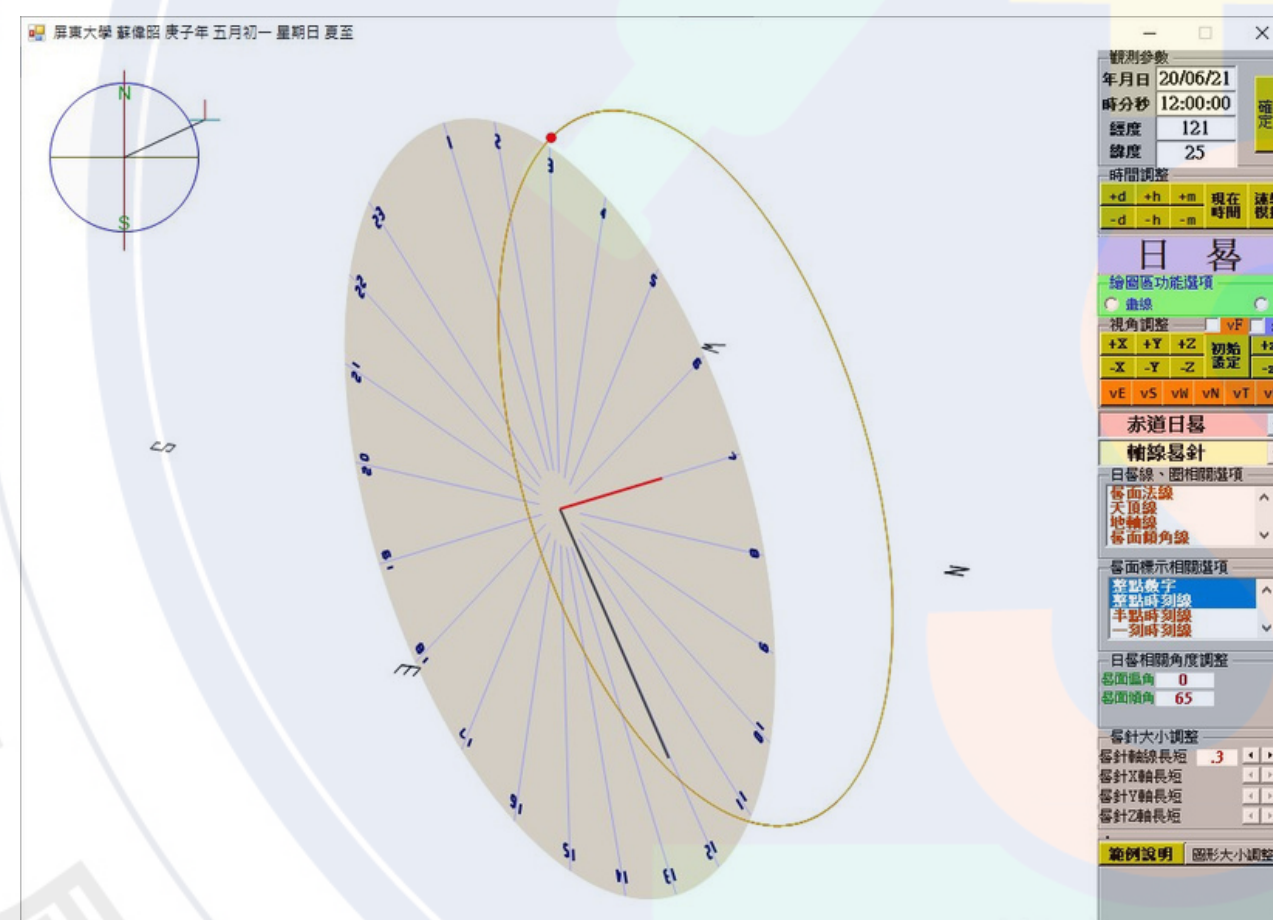
DISCUSSION

1

古代科學家的天球觀。

2

赤道式日晷與地平式日晷的晷針角度等於緯度。



赤道日晷的晷針和太陽的運動軌跡相互垂直，可以得到最佳的觀測效果。

地平式日晷的晷針與地軸平行，可以得到較佳的日影觀測效果。

3

地平式日晷，晷面的時刻線為什麼是不是平均分？

結論

CONCLUSION

太陽運動的軌跡呈現週期性的往復運動，不同形式日晷會有不同的晷面時刻線分佈，這是因為晷針的型式以及晷面與晷針的角度間相互影響所造成的結果。

赤道式日晷晷面上的時刻線呈現等角度平均分佈，赤道式日晷的晷針與地平面的夾角要等於當地的緯度。

地平式晷面上的時刻線呈現不均勻的分佈，在製作晷面時必須要經過專業的公式計算，地平式日晷的晷針與地平面的夾角也要等於當地的緯度。

結論

CONCLUSION

古代的人通過長時間實際的操作，歸納出日晷的晷針在指向北極星時，觀測效果最好，這也與我們現代科學的緯度概念不謀而和。

雖然我們只是一群國小小朋友，無法掌握高深的三角函數或者是幾何應用，但還是很高興完成了這份研究報告。最大的遺憾就是因為疫情的影響，無法製造出一個屬於我們專有而且個性化的日晷。

參考文獻

REFERENCE

- 邱紀良（**2003**）日晷的實作。國立清華大學出版社
- 邱紀良（**2008**）日晷百變。國立清華大學出版社
- 蘇偉昭（**2012**）投影日晷原理與模擬

<http://www.physics.nptu.edu.tw/files/11-1116-87.php?Lang=zh-tw>

- 王建忍（**2014**）太陽視運動軌跡模擬器

<http://edson.tw/earth/sunrise/sunrisetw.html>

- 維基百科 - 日晷 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E6%99%B7>