

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 地球科學科

最佳團隊合作獎

080503

以 H-Alpha 日珥望遠鏡探討太陽極大期的日珥

學校名稱：嘉義市西區興嘉國民小學

|                                             |              |
|---------------------------------------------|--------------|
| 作者：<br>小四 拱英哲<br>小五 陳品璇<br>小五 邱彥瑋<br>小五 蔡靜雯 | 指導老師：<br>拱玉郎 |
|---------------------------------------------|--------------|

關鍵詞：日珥、H-Alpha、磁力線

## 題目： 以 H-Alpha 日珥望遠鏡探討太陽極大期的日珥

### 摘要

以 H-Alpha 日珥望遠鏡可看到：色球層、黑子、日珥、暗條、耀斑。當暗條走到日面邊緣即可見到日珥噴發，可證明暗條就是在太陽盤面上的日珥。太陽的南北極區域暗條出現機率會較少，在太陽的緯度 10~45 度之間暗條出現機率較高。自製的「H-Alpha 日珥望遠鏡日冕儀」模擬「人造日全食」，粉紅色多層外圈是否和日冕或是太陽風吹拂有關呢？這個有趣的現象值得深入探討。

磁力線如同橡皮筋具有彈性一般，當磁力線收縮回彈時，可造成能量轉換。我們利用「液態磁力實驗瓶」的實驗，提出『擴張的磁力線』可引起環狀日珥的噴發。以『收縮磁力線的完成態』模擬並解釋『寧靜日珥』的生成。以『收縮磁力線的進行態』模擬並解釋『耀斑』之形成。

### 壹、研究動機

我們在五年級上學期「太陽的觀測」單元（康軒版），曾學到過太陽的基本觀察。而學校在去年 2012 年 6 月 6 日也舉辦過「金星凌日」的活動，活動中我們曾透過天文望遠鏡觀察過投影板上的太陽黑子和金星的黑影，因而引發對太陽的研究興趣。去年 2012 年 11 月 14 日澳洲北部發生難得一見的日全蝕，在日全蝕的新聞圖片中，黑色太陽邊緣竟然出現粉紅色突起--日珥。黑子和日珥都是和太陽磁場活動有關。而我們在 6 年級上學期「電磁作用」單元（康軒版）有學過磁鐵的同性極相斥異性極會相吸引的特性。我們把日珥等現象和自然老師討論，老師說今年 2013 年是太陽 11 年活動週期的極大期，很適合觀測日珥，又因本校正好有 H-Alpha 日珥望遠鏡，所以決定深入探討日珥這一個有趣的自然現象，並作為我們的研究主題。

### 貳、研究目的

- 【問題一】三種太陽觀察法之差異性比較？
- 【問題二】H-Alpha 日珥望遠鏡在相機不同曝光條件下太陽色球層影像的差異性為何？
- 【問題三】日珥有哪些常見的型態呢？如何變化呢？
- 【問題四】以本校 H-Alpha 望遠鏡觀察到的耀斑型態為何？
- 【問題五】以 H-Alpha 望遠鏡探討暗條具有哪些特性？
- 【問題六】大型環狀日珥的噴發在各波段的影像有何不同呢？
- 【問題七】如何利用自製的「可見光日冕儀」和「H-Alpha 日冕儀」來模擬「人造日全食」呢？
- 【問題八】SDO AIA304 極紫外線波段下的大型環狀日珥可觀察到哪些有趣的現象呢？
- 【問題九】如何以液體磁力實驗瓶來模擬環狀日珥之發生呢？

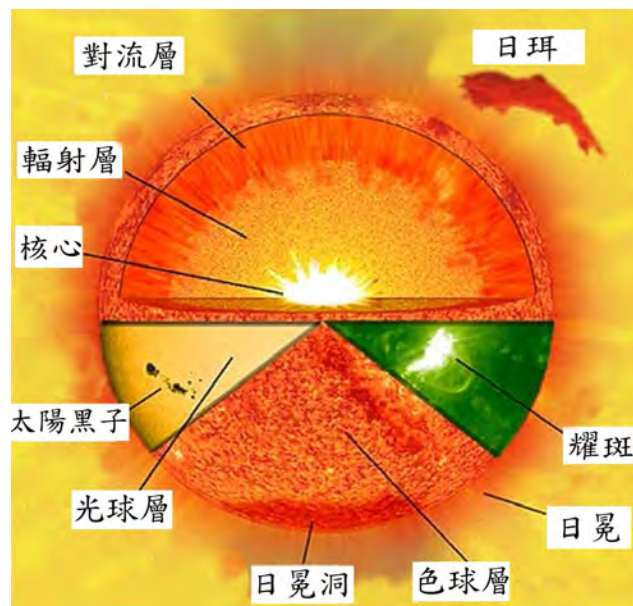
## 參、研究材料和設備

1. Coronado PST H-Alpha 日珥望遠鏡 (口徑 40mm)
2. Leica APO77 折射式望遠鏡
3. Nikon Coolpix 4500 數位相機(具 28mm 口徑)
4. 望遠鏡目鏡(具 28mm 接環)
5. 專業太陽濾光膜 (BAADER AsrtoSolar Safe Film)，可過濾強光以利觀察黑子
6. Kenko ND8 減光鏡
5. 自製太陽黑子三角觀測器(內含 Vixen SpottingScope Geoma 65s ED)
7. PC 電腦
8. 鋼絲絨
9. 葵花油
10. 長條型永久磁鐵

### 【名詞整理與文獻回顧】

#### 1. 【太陽的構造】

【圖 1】太陽的構造圖。「太陽黑子」是光球層上的臨時現象，是由高密度的磁性活動抑制了熱對流造成的，在表面形成溫度降低的區域。「耀斑」是在太陽的「色球-日冕過渡層」中發生的一種局部輻射突然增加的太陽活動。「日冕」是太陽向外擴展的大氣層。「日冕物質拋射」(CME) 是從太陽的日冕層拋射出來的物質，通常可以使用「日冕儀」在白光下觀察到，拋射出來的物質主要是電子和質子組成的電漿。「太陽風」是從太陽上層大氣射出的超高速電漿流。【參考資料 2】



## 2. 【日珥】:

【圖 2】日全食。太陽盤面外緣有粉紅色的「日珥」，在黑色太陽盤面周圍，鑲著一個紅色的光環，相當美麗，這就是太陽的「色球層」。「色球層」有幾種特有且很強的輻射，最強的一種輻射是氫原子發射的波長為 656.28 奈米的紅色光，簡稱色球（H-Alpha 譜線）。（2012 年 11 月 14 日澳洲日全食

<http://www.astromadness.com/2012/11/total-solar-eclipse-november-2012.html>）



大型的日珥高於日面幾十萬公里，若按運動情況來看，日珥可分為爆發型、寧靜型和活動型這樣三大類。寧靜日珥，在觀測時間內似乎是不動的，而活動日珥，則不停地變化著。它們從太陽表面噴出來，沿著弧形路線，又慢慢地落回到太陽表面上。但有的日珥噴得很快、很高，它的物質沒有落回日面，而是拋射入宇宙空間了，「爆發日珥」的高度可以達到幾十萬公里。日珥比太陽圓面暗弱得多，在一般情況下被日暈（即地球大氣所散射的太陽光）淹沒，不能直接看到。因此必須使用太陽分光儀、H-Alpha 日珥望遠鏡，或者在日全食時才能觀測到。

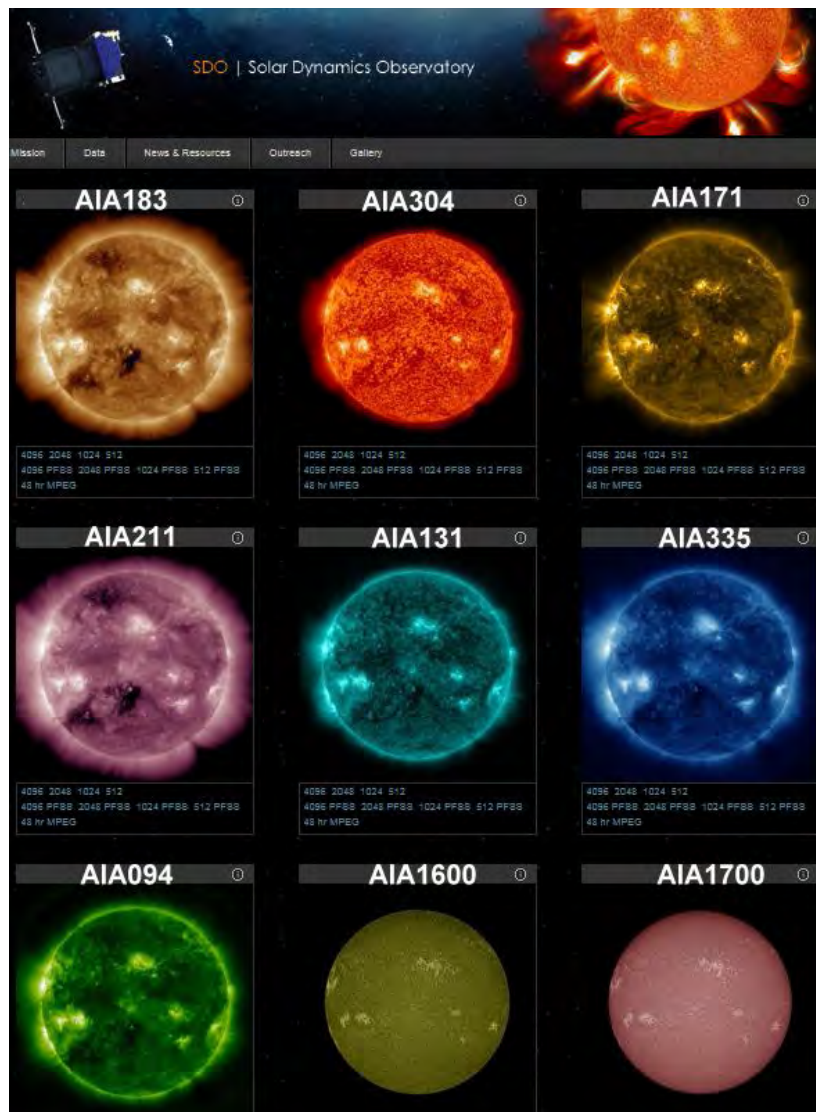
## 3. 【PST H-Alpha 日珥望遠鏡介紹】

本校的 C oronado PST 日珥望遠鏡，內藏減光鏡、H-Alpha 干涉濾鏡，能安全觀測太陽之專用器材。令觀察者跨入 H-Alpha 波長的世界，見識到天文學家所描述充滿活力的動態太陽。口徑 40mm, 焦距 400mm。內藏 H-Alpha 濾鏡，通過波長 656.3 奈米，頻寬 <math>1.0 \text{ \AA}</math> (埃)，可針對色球層細節微調，日光遮蔽率 10 萬分之一，能避免紅外線至紫外線的傷害，可保護眼睛以利安全觀測。

#### 4. 【太陽動力學天文台（Solar Dynamics Observatory, SDO）】

太陽動力學天文台（Solar Dynamics Observatory, SDO）本衛星是美國國家航空暨太空總署在 2010 年 2 月 11 日發射。目標是以小尺度的時間和空間下以多波段研究太陽大氣層，研究太陽磁場的產生以及結構，如何以太陽風、高能粒子和多種波長的輻射等形式釋放進太陽圈和外太空。

【圖 3】太陽動力學天文台（Solar Dynamics Observatory, SDO）的官網（<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>）有各波段太陽影像可供下載



【註：可見光的範圍是 3800 埃~7800 埃，1Å (埃)= $10^{-10}$  公尺】

## 5. 【重要的名詞整理】

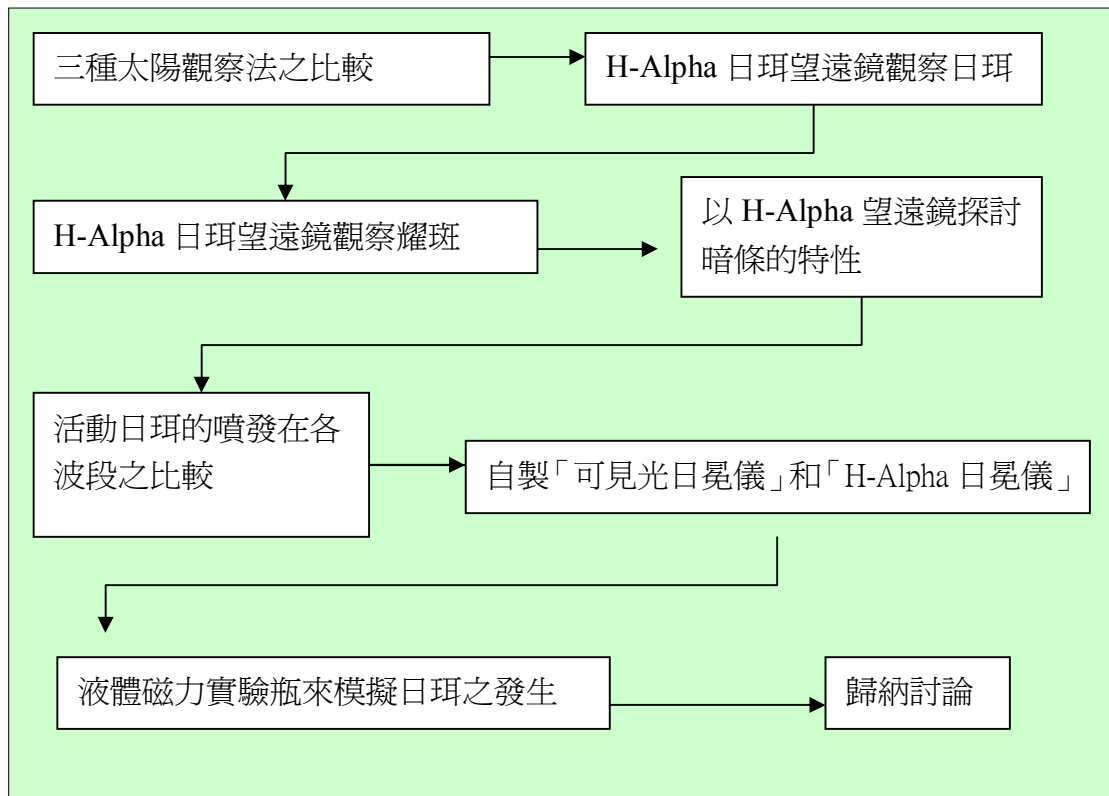
【表 1】重要的名詞。整理資料整理自【參考資料 1】

| 名詞     | 解 說                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 太陽黑子   | <p>「太陽黑子」是太陽「光球層」上的臨時現象，它們在可見光下呈現比周圍區域黑暗的斑點。它們是由高密度的磁性活動抑制了對流的激烈活動造成的，在表面形成溫度降低的區域。激烈的磁場活動顯示，太陽黑子會導致次一級的活動，像是冕圈和磁場再聯結。<b>大多數的「耀斑」和「日冕物質拋射」都起源於可見到黑子群存在的磁場活動區域。</b></p> <p>太陽黑子很少單獨活動，通常是成群出現。黑子的活動周期為 11.2 年，活躍時會對地球的磁場產生影響，主要是使地球南北極和赤道的大氣環流作經向流動，從而造成惡劣天氣，使氣候轉冷。嚴重時會對各類電子產品和電器造成損害。</p>                                                                     |
| 日珥     | <p><b>日珥</b>是太陽表面噴出的熾熱氣流，是在太陽的「色球層」上產生的一種非常強烈的太陽活動，是太陽活動的標誌之一。它是<b>太陽磁場劇烈活動的結果</b>，也是證明<b>太陽磁場存在的證據</b>。投影在日面上的日珥稱為「暗條」。天文學家根據日珥不同的形狀和運動特性，又分為：<b>活動日珥、爆發日珥（又稱環狀日珥）、黑子日珥、龍捲日珥、寧靜日珥。</b></p>                                                                                                                                                                   |
| 日冕     | <p><b>日冕</b>是太陽向外擴展的<b>大氣層</b>。<b>日冕</b>是太陽大氣的最外層（其內部分別為光球層和色球層），厚度達到幾百萬公里以上。日冕溫度有 <b>100 萬攝氏度</b>。在高溫下，<b>氫、氦</b>等原子已經被電離成<b>帶正電的質子、氦原子核和帶負電的自由電子</b>等。這些帶電粒子運動速度極快，以致不斷有帶電的粒子掙脫太陽的引力束縛，射向太陽的外圍，形成「<b>太陽風</b>」。</p>                                                                                                                                          |
| 日冕物質拋射 | <p>「<b>日冕物質拋射</b>」(<b>CME</b>)是從太陽的<b>日冕層拋射出來的物質</b>，通常可以使用日冕儀在「白光」下觀察到。拋射出來的物質主要是<b>電子和質子組成的電漿</b>（此外還有<b>少量的重元素</b>，例如<b>氫、氧和鐵</b>，加上伴隨著的<b>日冕磁場</b>。</p>                                                                                                                                                                                                   |
| 耀斑     | <p>「<b>耀斑</b>」是在太陽的「<b>色球-日冕過渡層</b>」中發生的一種局部<b>輻射突然增加</b>的太陽活動。太陽上的電漿被加熱至「<b>一千萬度</b>」，<b>電子、質子及一些重離子</b>被<b>加速到接近光速</b>。這些離子<b>發出的電磁波波段</b>由電磁波譜上的長波<b>微波</b>至最短波長的<b>γ 射線</b>。大部份「<b>耀斑</b>」都<b>出現在太陽活躍的區域如黑子附近</b>，即是太陽表面磁力線露出日冕的部份。<b>耀斑的能量主要來自於「日冕突然釋放的磁能</b>」。耀斑出現後，可以觀察到亮度突然增加，「<b>無線電波、紫外線、X 射線</b>」<b>流量也會猛增</b>，有時還會發射高能的「<b>γ 射線和高能帶電粒子</b>」。耀</p> |

|     |                                                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | 斑所放出的 X 射線及紫外線可影響地球大氣層中的電離層，破壞人類的電磁通訊。                                                                                                                                                                      |
| 太陽風 | 太陽風是從太陽上層大氣射出的超高速電漿（帶電粒子）流。在太陽「日冕層」的高溫（幾百萬度 K）下，氫、氦等原子已經被電離成帶正電的質子、氦原子核和帶負電的自由電子等。這些帶電粒子運動速度極快，以致不斷有帶電的粒子掙脫太陽的引力束縛，射向太陽的外圍，形成「太陽風」。太陽風的速度一般在 200-800km/s。一般認為在太陽極小期，從太陽的磁場極地附近吹出的是高速太陽風，從太陽磁場赤道附近吹出的是低速太陽風。 |

## 肆、研究過程和方法

### 【實驗架構】



## 【問題一】三種太陽觀察法之差異性比較？

【實驗目的】比較濾鏡法、投影法和 H-Alpha 日珥望遠鏡三種方法觀察太陽之差異性比較。

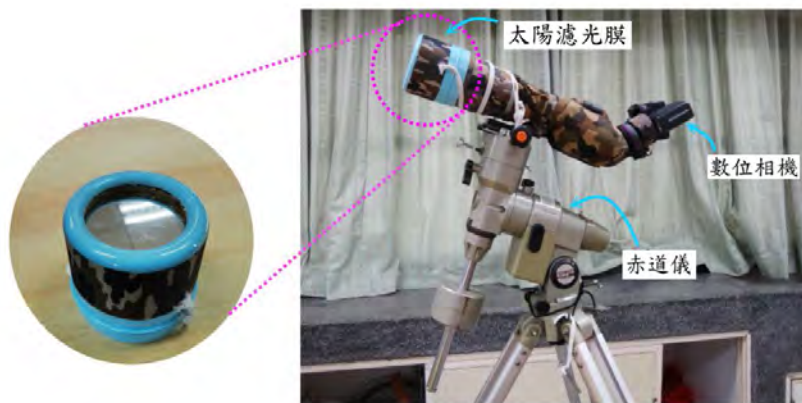
### 【實驗方法】

1. 方法一（濾膜減光法）：專業太陽濾光膜 --（BAADER AsrtoSolar Safe Film）加裝於 Leica APO77 折射式望遠鏡，濾光膜具有可見光的中性減光效果【圖 4】
2. 方法二（投影版法）：去年本校學長所製的太陽黑子三角觀測器--（內建 Vixen Spotting scope Geoma 65S ED WP 單筒望遠鏡），可將太陽影像投影在白色投影板上【圖 5】
3. 方法三（H-Alpha 法）：PST H-Alpha 日珥望遠鏡【圖 6】

### 【實驗結果】

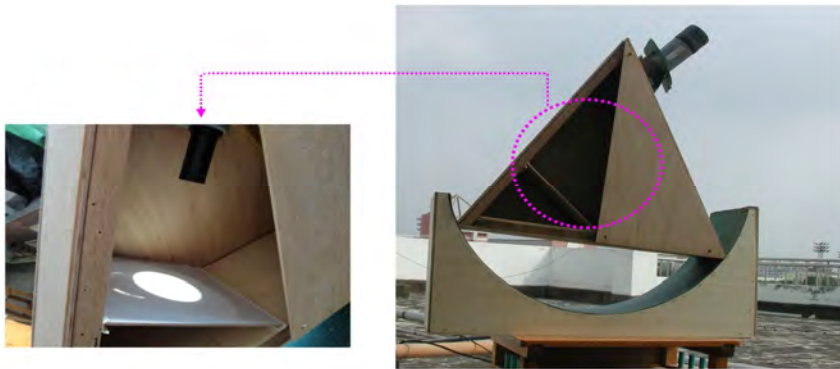
1. 方法一（濾膜減光法）：專業太陽濾光膜，可觀察到減光後的可見光波段。可看到：光球層、黑子、臨邊昏暗
2. 方法二（投影版法）：去年本校學長所製太陽黑子三角觀測器，可觀察到減光後的可見光波段。可看到：光球層、黑子、臨邊昏暗。
3. 方法三（H-Alpha 法）：PST H-Alpha 日珥望遠鏡。可看到：色球層、黑子、日珥、暗條、耀斑

【圖 4】萊卡 Leica APO77 望遠鏡，加上專業的「太陽濾光膜」（濾膜減光法）。

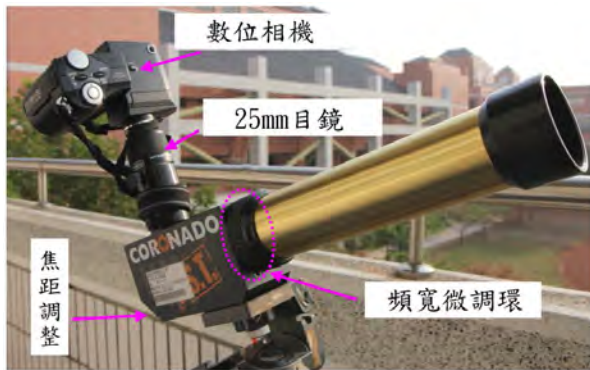




【圖 5】以自製「太陽黑子三角觀測器」實際觀測情形（投影版法）。

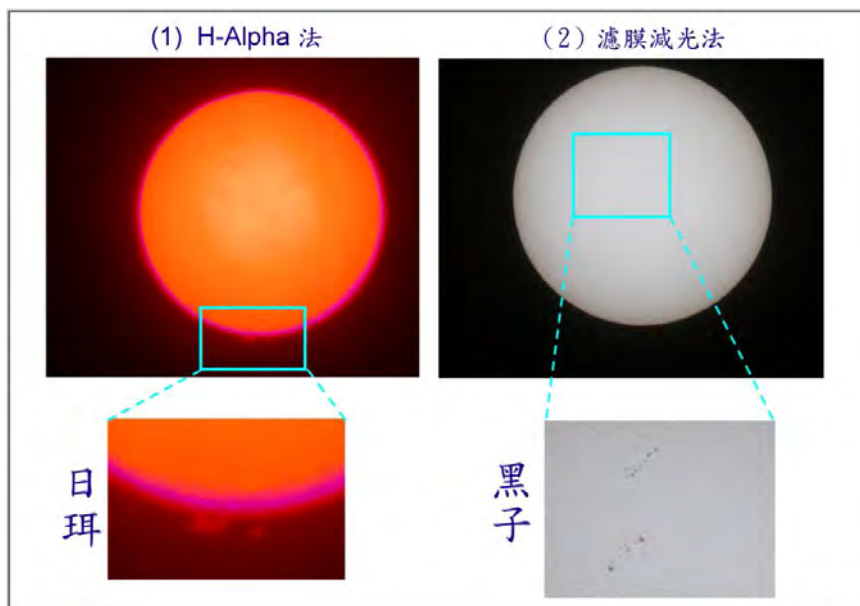


【圖 6】本實驗所用的 Coronado PST H-Alpha 日珥望遠鏡。口徑 40mm, 焦距 400mm。內藏 H-Alpha 濾鏡，通過波長 656.3 奈米，頻寬 $< 1.0 \text{ \AA}$  (埃)。望遠鏡目鏡焦距 25mm，數位相機為 3 倍光學變焦，可放大 16~48 倍



【圖 7】（1）H-Alpha 法和（2）濾膜減光法的比較。下面兩張照片是同一時間拍攝的，2012-12-12 是一天相當普通的日子，若以濾膜減光法只能看到少量太陽黑子，但是若以 H-Alpha 日珥望遠鏡卻可看見豐富的日珥。

【拍攝日期-2012-12-12 上午 8:20，拍攝地點：本校，儀器：Coronado PST H-Alpha 日珥望遠鏡，萊卡 APO77 望遠鏡】



### 【我的發現】

以 PST H-Alpha 日珥望遠鏡，可看到：色球層、黑子、日珥、暗條、耀斑【圖 7】【圖 12】【圖 13】。其中的色球層、日珥、暗條和耀斑，只有在使用 H-Alpha 日珥望遠鏡時方能見到，而另外兩種方法則不行。所以本研究以 H-Alpha 波段作為研究重點。

### 【問題二】H-Alpha 日珥望遠鏡在相機不同曝光條件下太陽色球層影像的差異性為何？

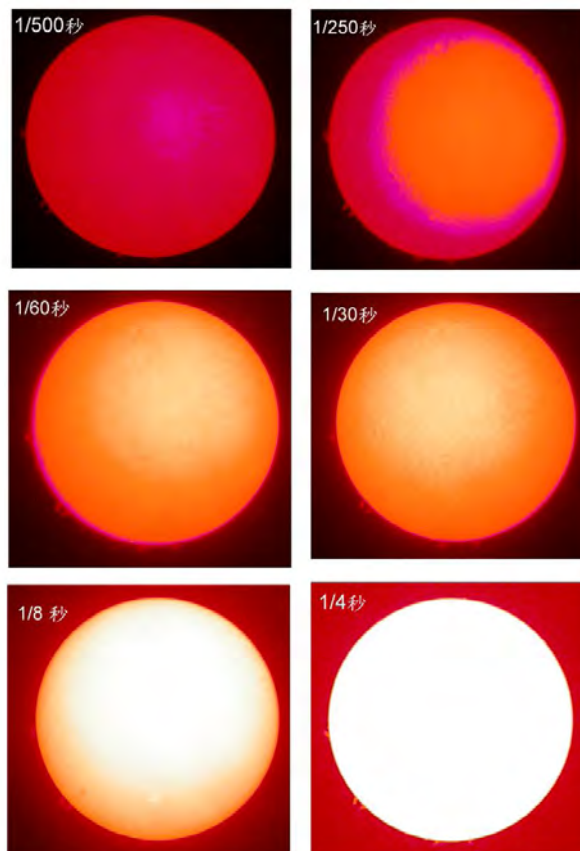
【實驗目的】H-Alpha 日珥望遠鏡在相機不同曝光條件下太陽色球層影像的差異性為何？

【實驗方法】不同曝光條件分別為（1/500 秒、1/250 秒、1/60 秒、1/30 秒、1/8 秒、1/2 秒）以學校的 H-Alpha 日珥望遠鏡對太陽觀察。光圈固定在 5.6。感光度 ISO 值為 200。

### 【實驗結果】

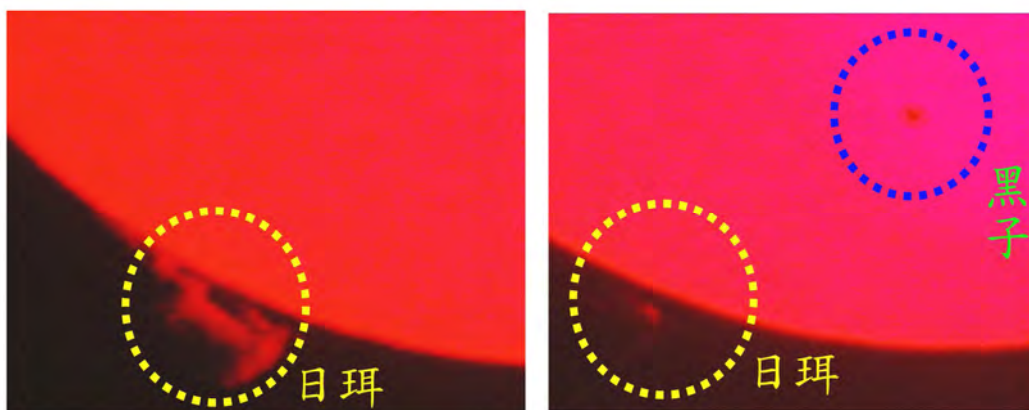
【圖 8】數位相機以不同快門曝光（1/500 秒、1/250 秒、1/60 秒、1/30 秒、1/8 秒、1/2 秒），透過本校 H-Alpha 日珥望遠鏡對太陽色球層之觀察結果。可發現不同曝光值會呈現太陽盤面不同的細微構造。

（觀測日期：2012-12-13 日。觀測地點：本校。儀器：PST H-Alpha 日珥望遠鏡）



【圖 9】日珥和黑子不會同時清晰。注意下面兩張圖為同一拍攝時間，只是調整日珥望遠鏡的「頻寬微調環」【圖 6】。當日珥最清晰時黑子會不清晰，當黑子最清晰時反而日珥會不清晰。這是因為日珥是位於色球層，而黑子卻是位於光球層，二者絕對溫度不同。當頻寬微調環，左轉到底是色球層最清晰，頻寬微調環右轉到底是光球層最清晰。右圖整個顏色會偏向粉紅色。

【觀察日期：2012-10-22。上午 08：15。觀察地點：本校，設備：Coronado PST H-Alpha 日珥望遠鏡】



#### 【我的發現】

1. 曝光時間越短（小於 1/500 秒）：暗條、黑子區域會較清晰。
2. 曝光時間適中（約 1/30~1/60 秒）：會變橘黃，整體日珥最清晰。
3. 曝光時間太常長（小於 1/8 秒）：會變白，有些太陽表面外側的日珥反而會變更清晰。
4. 不同曝光值會呈現不同的細微構造。然而太陽光的強弱會影響相機最佳曝光值。在最佳曝光值時，太陽盤面粉紅色的外圈會最小。
5. 在同一拍攝時間拍攝太陽表面，只是調整日珥望遠鏡的「頻寬微調環」。當日珥最清晰時黑子反而不清晰，當黑子最清晰時反而日珥不清晰。日珥是位於色球層，黑子是位於光球層。當頻寬微調環，左轉到底是色球層最清晰，頻寬微調環右轉到底是光球層最清晰。

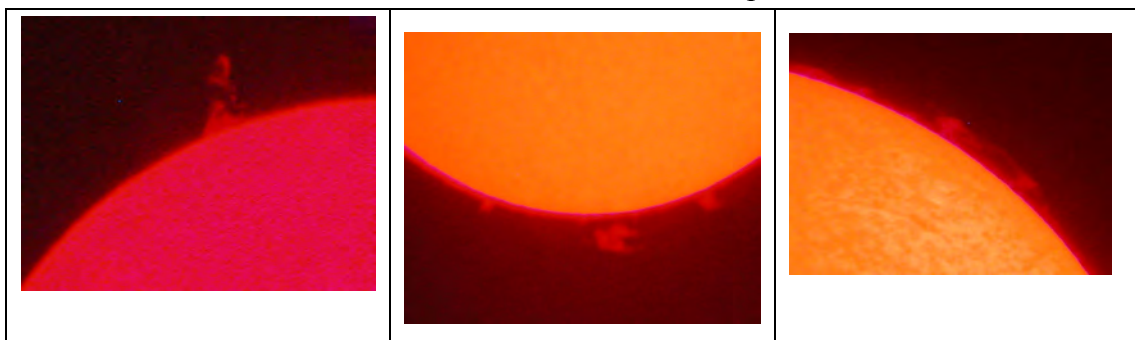
### 【問題三】日珥有哪些常見的型態呢？如何變化呢？

【實驗方法】透過本校 H-Alpha 日珥望遠鏡以目視法和拍攝法，來歸納日珥有哪些常見的型態？

#### 【實驗結果】

【圖 10】在本校拍到的各種類型的日珥，可發現有下列的各種型態。包括細火柱、寬火柱、半圓拱形（環狀日珥）、長距離環形（籬笆型、下雨型）等，相當複雜。有的移動速度快有的移動速度慢，有的會固定在原處，有的向外拋射，有的則會下降回到太陽表面。

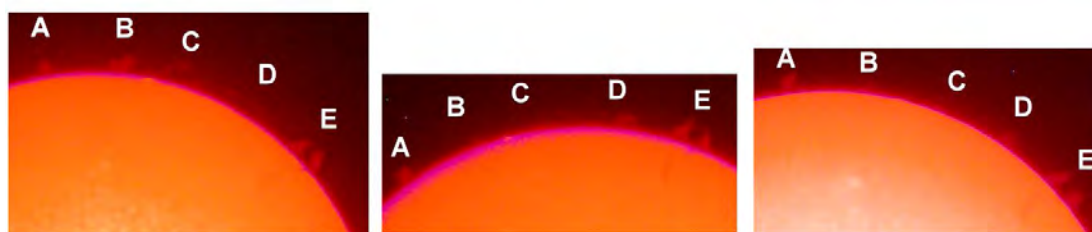
【觀察地點：本校，設備：Coronado PST H-Alpha 日珥望遠鏡】



【圖 11】日珥 5 個小時內的變化。若不用赤道儀追蹤，日珥望遠鏡架在一般的相機腳架（相當於經緯儀）時，由上午觀察到下午會發現日珥在太陽外緣會以向順時針方向旋轉。日珥 A 和 E 變化不大，而日珥 B、C、D 變化較大。尤其日珥 C、D 之間的環形噴發明顯消失。

（註）三張觀測時間分別為 2012-12-13 的 10 點、13 點、15 點。

觀察地點：本校。



#### 【我的發現】

1. 在本校觀察到的日珥的形狀和特徵如下：包括細火柱、寬火柱、半圓拱形（環狀日珥）、長距離環形（籬笆型、下雨型）等，相當複雜。
2. 假若不用赤道儀，日珥望遠鏡觀察到的太陽盤面會向順時針方向旋轉【圖 11】。
3. 有些日珥在幾十分鐘、或幾個小時內就有劇烈變化（活動日珥）。但有些日珥可以存在數週幾乎沒有變化（寧靜日珥）。本研究主要是探討短時間就有劇烈變化的活動日珥，會在後面的「問題六」和「問題九」中進一步探討。

## 【問題四】以本校 H-Alpha 望遠鏡觀察到的耀斑型態為何？

### 【實驗目的】

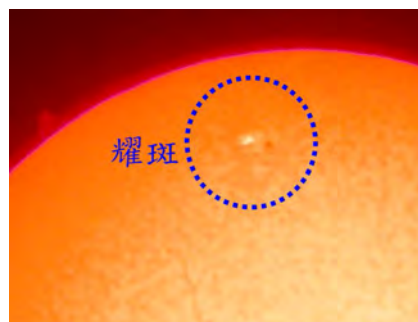
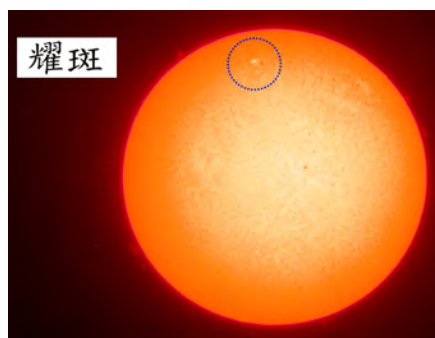
耀斑是在太陽的「色球-日冕過渡層」中發生的一種局部輻射突然增加的太陽活動。是太陽表面能量最大的活動形式。常常是短暫閃爍幾分鐘就停止或是間隔數小時後再度閃爍，不易觀察到。我們想要以本校 H-Alpha 望遠鏡觀察耀斑，並歸納較佳的觀察方法。

### 【實驗方法】

1. 用 H-Alpha 望遠鏡在觀察太陽外緣的日珥之時候，也同時觀察太陽盤面內是否有特殊的亮點。
2. **經常性的觀察**：早自修和中午午休時間在自然教室觀察太陽表面是否有「特殊亮點」。
3. **突發性的觀察**：利用手機 App 軟體的通知功能，例如：Solar Monitor、3D Sun 都具有簡訊通知功能，若有通知就趕快使用日珥望遠鏡，有機會觀察到耀斑。

### 【實驗結果】

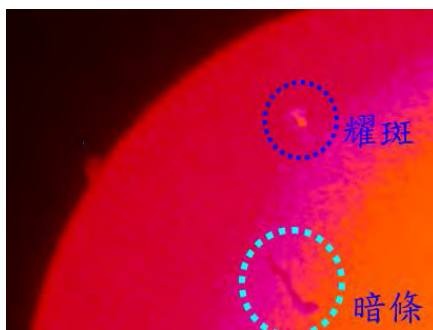
【圖 12】在本校拍攝到的「耀斑」。耀斑由肉眼看起來像是太陽被撕開產生了裂縫，並由裂縫發出強光。若能及時見到正在閃爍強光的耀斑是令人很興奮又愉快的事。【觀測日期：2012-11-13，上午 9：20，觀測地點：本校】



【圖 13】本校拍到的耀斑，當數位相機不同曝光值稍調低時，「耀斑」和下方的「暗條」有不同的風貌（有時會更清晰）。

【觀測日期：2012-11-13，上午 9：20，觀測地點：本校，

設備：Coronado PST H-Alpha 日珥望遠鏡】



#### 【我的發現】

1. 以本校 H-Alpha 日珥望遠鏡可清楚見到耀斑。但以太陽濾膜法或以「太陽黑子三角觀測器」的投影法二者都無法見到耀斑。肉眼看起來像是太陽被撕開產生了裂縫，並由裂縫發出強光。若能及時見到正在閃爍強光的耀斑是令人很興奮又愉快的事。
2. 利用手機 App 軟體，例如：Solar Monitor、3D Sun 的即時訊息通知，可用以得知正在閃爍的耀斑，並趕緊將自然教室中的 H-Alpha 日珥望遠鏡朝向太陽，雖然不是每一次都來得及看見閃爍的耀斑，但此法確實可提高成功觀測率。當耀斑產生時可以開啓電腦連線 SDO 網站同步觀看波長（AIA171）和（AIA094）的相片互對照研究，以便觀察耀斑的細微構造。會發現耀斑產生之後很可能接著產生日珥和日冕物質拋射現象（CME）。
3. 沒有經驗的話耀斑是不容易被觀察到的，耀斑可持續幾分鐘到數十分鐘，有時停了幾個小時後太陽活動區還會再重新再閃爍耀斑。
4. 若要觀察耀斑更細微的構造和變化就要透過 SDO 的極紫外線波長（AIA171）和（AIA094）的高解析度圖片來搭配研究【圖 3】。

### 【問題五】以 H-Alpha 望遠鏡探討暗條具有哪些特性呢？

#### 【實驗目的】

以本校的 H-Alpha 望遠鏡觀察太陽表面色球層的暗條並探討其特性。

#### 【實驗方法】

1. 以本校的 H-Alpha 望遠鏡觀察太陽表面色球層的暗條，並拍攝紀錄。
2. 由 GONG H-Alpha 網路監視系統（GONG H-Alpha Network Monitor）下載各月份的 H-Alpha 黑白影像圖，每隔 7 天將暗條畫下，每月畫一張描繪圖，目的是要分析暗條在太陽不同緯度出現的機率。

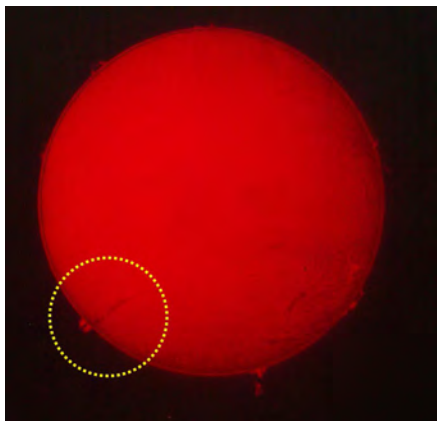
【GONG H-Alpha Network Monitor 一共有六個在世界不同時區的天文台連線，以 H-Alpha 波段對太陽做 24 小時不間斷的觀測，所有圖片都公布在官網頁。

網址 <http://halpha.nso.edu/>】

**【實驗結果】**

**【圖 14】**在本校拍攝到的暗條可證實，當暗條走到太陽盤面邊緣時會變成日珥噴發。

【觀測日期：2012-11-01，上午 8 點。觀測地點：本校】



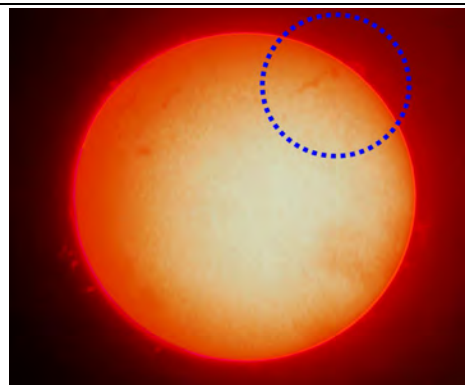
**【圖 15】**若將【圖 14】對照 GONG H-Alpha Network Monitor (大熊湖天文台) 在同一時間拍到的 H-Alpha 波段的暗條，也可再次驗證暗條走到太陽盤面邊緣會變成日珥。

【U.T. 2012-10-31，21：54：54】



**【圖 16】**下圖是在本校拍攝到的暗條

【觀測日期：2012-11-02 上午 8 點。觀測地點：本校，觀測設備：Coronado PST H-Alpha 日珥望遠鏡】

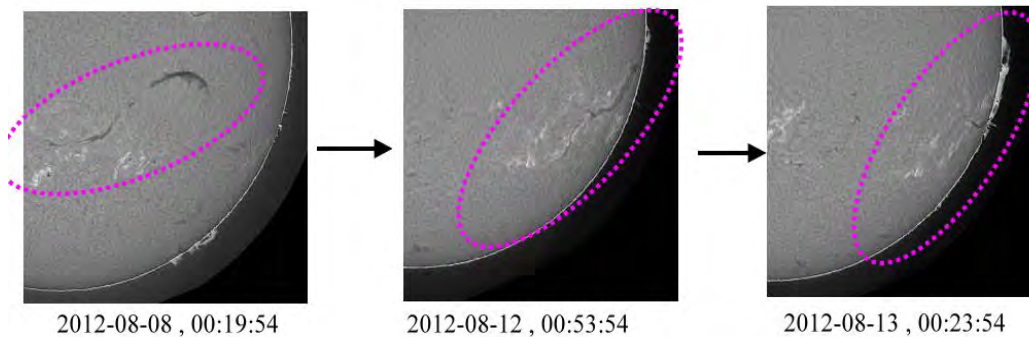


**【圖 17】**若將【圖 16】對照 (GONG H-Alpha Network Monitor) 在同一時間拍到的暗條，更可以證明暗條因太陽自轉而走到太陽邊緣時就會形成日珥，可驗證暗條就是日珥。

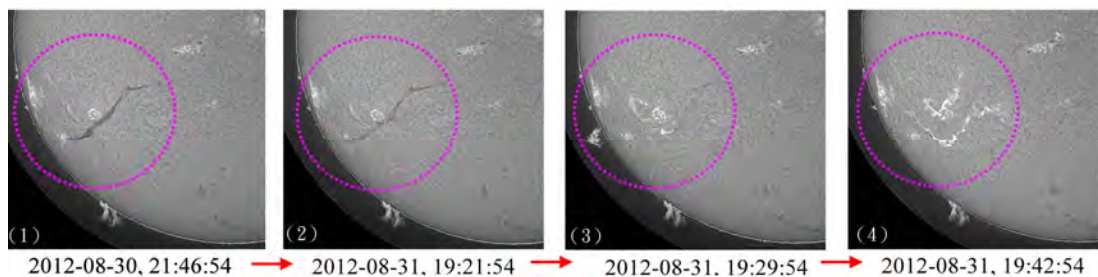
【U.T. 2012-11-02- 00：11：14】



【圖 18】暗條隨著太陽自轉走道日盤邊緣就成為日珥的連續畫面  
(圖片來源：GONG H-Alpha Network Monitor)



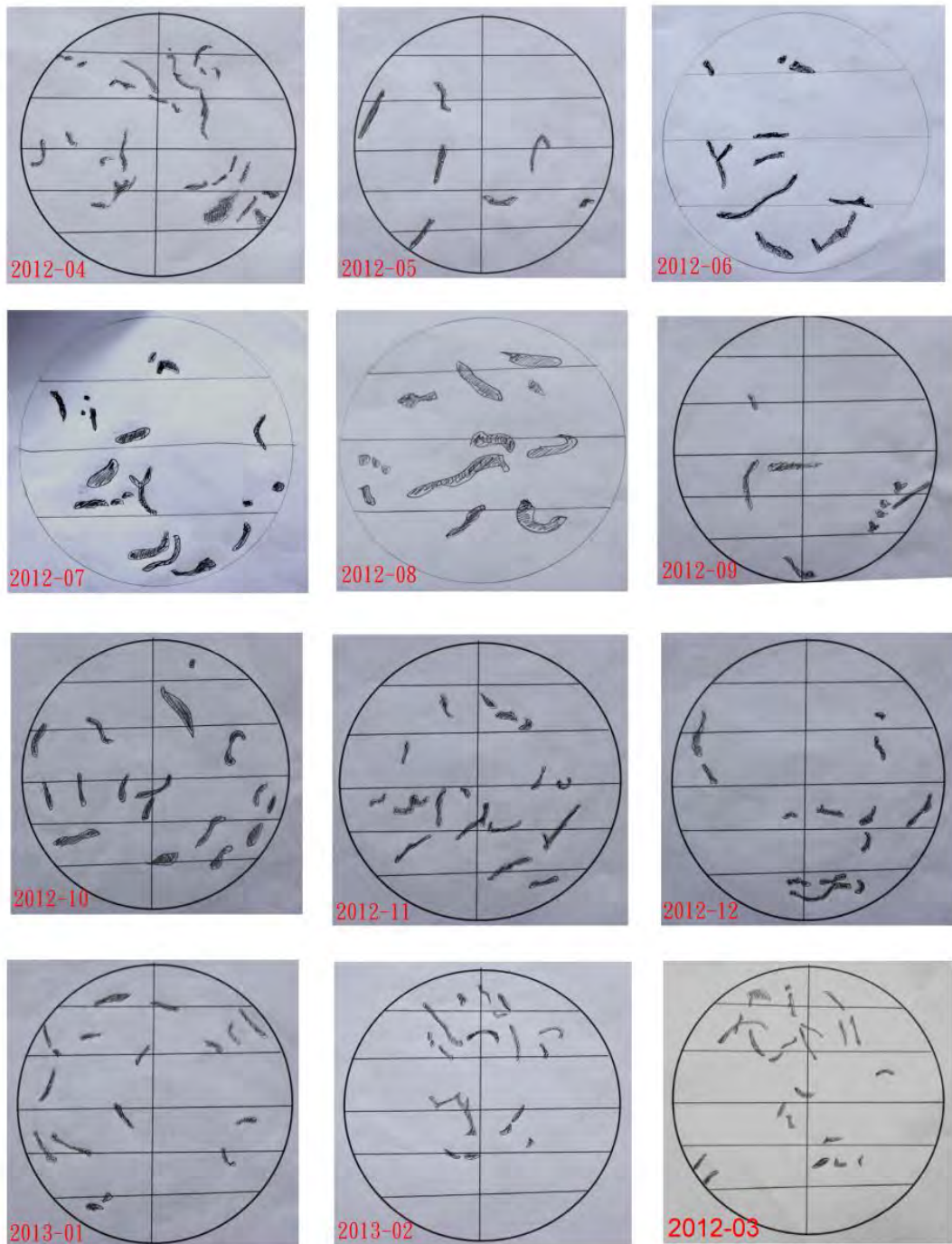
【圖 19】我們也發現另一個有趣的現象，當暗條突然消失，在原處會轉化成別的波長的太陽活動，可變成白色條紋或耀斑





**【圖 20】一年內的暗條變化之自創統計法。**這是我們自己的手繪統計圖，每隔七天繪圖一次，一個月四次，把這四次的暗條畫在同一張 A4 白紙的白色圓盤內。(2012 年 4 月到 2013 年 3 月)。發現高緯度區域的暗條比較有機會出現「粗暗條」，太陽的南北極區暗條出現機率較少，且每個月的暗條出現密度不同。這是一個很有創意的統計法。

(由 GONG H-Alpha Network Monitor 下載整個年度圖片來作分析)



### 【我的發現】

1. 暗條走到日面邊緣即可見到日珥噴發，可證明暗條就是在太陽盤面上的日珥。
2. 在黑子附近（即是活動區）的暗條會與耀斑有關，暗條會因耀斑的成過程會產生和消失【圖 19】。
3. 發現高緯度區域的暗條比較有機會出現「粗暗條」，太陽的南北極區暗條出現機率較少，且每個月的暗條出現密度不同。
4. 【圖 20】一年內的暗條變化之自創統計圖，此統計方法很有創意，但若能以此法統計一個完整的太陽週期或數個太陽週期，會更有意義。

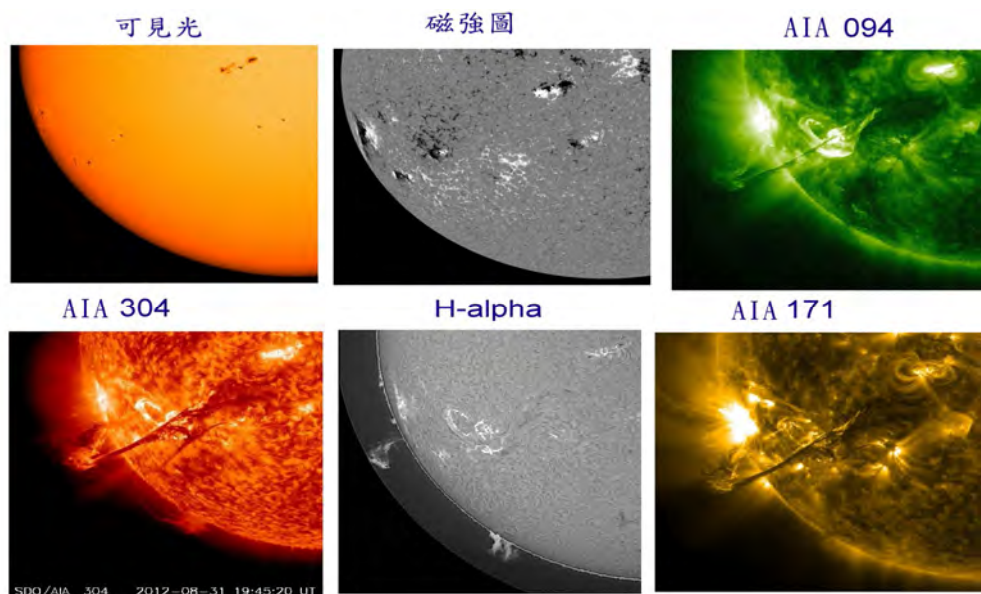
### 【問題六】大型環狀日珥的噴發在各波段的影像有何不同呢？

#### 【實驗方法】

SDO 各種設備觀察到大型環狀日珥之比較。包括可見光、磁強圖、AIA094、AIA304、AIA171 以及 H-Alpha 等。

#### 【實驗結果】

【圖 21】下圖是大型活動日珥的噴發，在同一時間各波段的比較，包括可見光、磁強圖、SDO 極紫外線 AIA094、AIA304、AIA171 以及 H-Alpha 等，其中的磁強圖對於分析日珥的磁場分析相當重要，白色區域是磁場 N 極而黑色區域是磁場 S 極。而可見光的範圍是 3800 埃~7800 埃。



**【表 2】**日珥望遠鏡的 H-Alpha 影像和 SDO 極紫外線 AIA304 觀測的結果最相近。所以我們以更高解析度的 SDO 極紫外線 AIA304 日珥影像來輔助我們的小口徑 H-Alpha 日珥望遠鏡之觀察。

| 觀察方法 | 太陽濾膜觀察 | 太陽黑子三角觀測器 | H-Alpha 日珥望遠鏡 | AIA094 | AIA 171 | AIA 304 |
|------|--------|-----------|---------------|--------|---------|---------|
| 黑子   | ○      | ○         | △             | △      | △       | △       |
| 暗條   | ×      | ×         | ○             | ○      | ○       | △       |
| 日珥   | ×      | ×         | ☆             | ○      | ○       | ☆       |
| 耀斑   | ×      | ×         | ○             | ☆      | ☆       | ☆       |

×：很難觀察      △：尚可見到      ○：不錯      ☆：極佳

### 【我的發現】

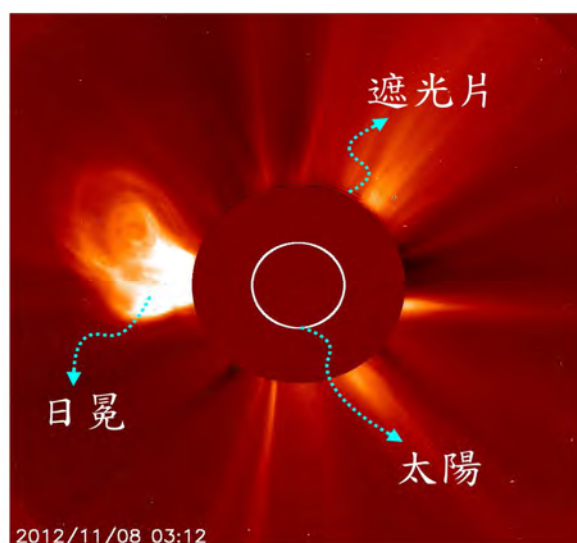
1. 日珥望遠鏡和 SDO AIA304 以日珥為觀測對象時的結果最相近。所以我們除了自己以 H-Alpha 日珥望遠鏡觀察以外，也常常以 SDO AIA304 的日珥相片相互對照，以便提高觀察的解析度。
2. 磁強圖對於分析日珥的磁場分析相當重要，白色區域是磁場 N 極而黑色區域是磁場 S 極。由磁強圖我們可以發現日珥也是起因於太陽磁場，所以在【問題九】中，我們想以液體磁力實驗瓶，從磁力線掠奪，多重磁力增強等概念來模擬日珥噴發的機制。

### 【問題七】如何利用自製的「可見光日冕儀」和「H-Alpha 日冕儀」來模擬「人造日全食」呢？

太陽和太陽風層探測器（Solar and Heliospheric Observatory，縮寫為 SOHO）是歐洲太空局及美國國家航空暨太空總署共同研製的無人太空船，於 1995 年發射升空。該太空船重 610 公斤，於 L1 拉格朗日點上公轉。在該點，環繞太陽公轉所需的離心力是經地球重力抵消後的太陽重力，公轉週期與地球相同，因此可停留在相對位置上。

太陽和太陽風層探測器（SOHO）的官網：<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

【圖 22】太陽和太陽風層探測器（SOHO）的 **LASCO C2 日冕儀**，在太空中以遮光片遮住太陽強光，可攝得日冕和太陽風，其中白圈為太陽位置。



#### 【實驗目的】

1. 我們想以自製「可見光日冕儀」和「H-Alpha 日冕儀」模擬人造日全食
2. 我們自己所製造的「人造全日食」，可否藉此見到類似太陽風吹拂現象呢？

#### 【實驗方法】

1. 用金屬鋁質亮光片裁出不同大小遮光片（直徑 0.2cm，0.3 cm，0.5cm，0.6cm，0.7cm）

#### 2. 【可見光日冕儀】模擬人造日全食

實驗方法：遮光片+UV 保護鏡+數位相機 Nikon cp 4500

#### 3. 【H-Alpha 日冕儀】模擬人造日全食

實驗方法：遮光片 + UV 保護鏡 + 數位相機 Nikon cp 4500 + H-Alpha 日珥望遠鏡。即是結合【圖 23】和【圖 6】兩個裝置。

#### 【實驗結果】

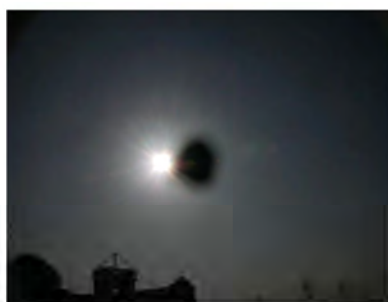
【圖 23】用金屬鋁質亮光片裁出不同大小遮光片（直徑 0.1~0.7cm）並貼於相機的 UV 保護鏡上。然後對準太陽拍照。



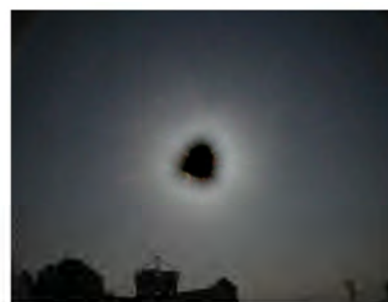
【圖 24】遮光片 UV 保護鏡+數位相機 Nikon cp 4500 (光圈 8, 快門 1/2000 秒)  
可產生「人造日全食」現象。(時間: 2012-12-21 拍攝地點: 本校)



(遮光片直徑0.7cm)  
(完全遮住太陽)



(遮光片直徑0.3cm)  
(還沒遮住太陽)

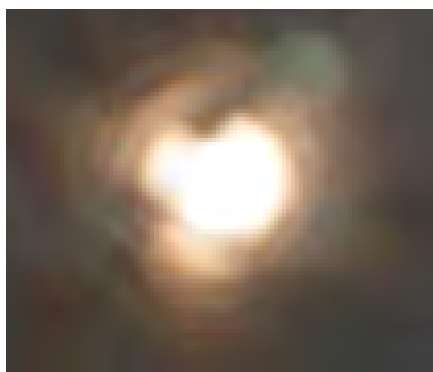


(遮光片直徑0.3cm)  
(完全遮住太陽)

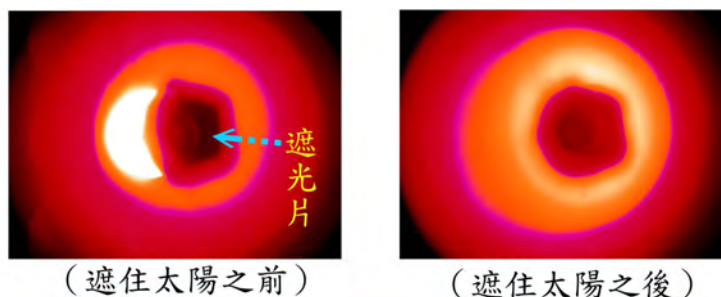
【圖 25】遮光片 + UV 保護鏡+數位相機 Nikon cp 4500。可產生「人造日全食」  
現象。直徑較小的遮光片 (0.2cm) 效果較好，白色的環狀外圈會較大。



【圖 26】遮光片 + UV 保護鏡+數位相機 Nikon cp 4500。遮光片 (0.1cm)  
太小時，不能遮住太陽盤面，而且會有因繞射而產生多層圓圈圈出現。



【圖 27】PST H-Alpha 日珥望遠鏡+遮光片+UV 保護鏡+數位相機 Nikon cp 4500。左圖太陽被遮住前，右圖為太陽被遮住後。太陽被遮住後可產生特殊的「人造日全食」現象，多了粉紅色的多層次外圈（8層），這粉紅色的多層次外圈是否和日冕圈或太陽風的吹拂有關呢？這個有趣現象非常值得進一步探討。（拍攝地點：本校）



（遮住太陽後，太陽外圈具有8層構造）

#### 【我的發現】

- 1.小直徑（例如 2mm）的遮光片不易裁減成圓形，若要黏貼在相機保護鏡上也是不容易。
- 2.在地表因為有大氣層，雲層會因漫射使天空底色發亮，使得「可見光日冕儀」不易成功。所以日冕儀在太空中沒有雲氣漫射，太空底色純黑日冕外形才較容易成功觀測【圖 22】。遮住物太小時易產生繞射現象【圖 26】，在地表因為有大氣層也會產生日暈現而影響實驗結果。
- 3.【圖 27】自製的「H-Alpha 日冕儀」模擬「人造日全食」，會產生粉紅色多層次外圈是否和日冕圈或是太陽風吹拂有關呢？此現象很有趣值得深入探討。
- 4.「人造日全食」，是一個有趣但有操作困難度的主題，值得再深入研究。例如：使用多片遮光片，或是在超遠距離放置大型遮光片，或是在數位相機內部的 CCD 感光元件前方放置小型的遮光片，都是有趣但不容易操作的進階研究方向。

## 【問題八】SDO AIA304 極紫外線波段下的大型環狀日珥 可觀察到哪些有趣的現象呢？

### 【實驗目的】

因為 SDO AIA304 和 H-Alpha 所見到的影像相當類似【表 2】。SDO AIA304 極紫外線能提供比 H-Alpha 波段更高解析度的日珥相片，因此我們想要分析極紫外線 AIA304 波段下的大型環狀日珥的各種有趣行為模式。

### 【實驗方法】

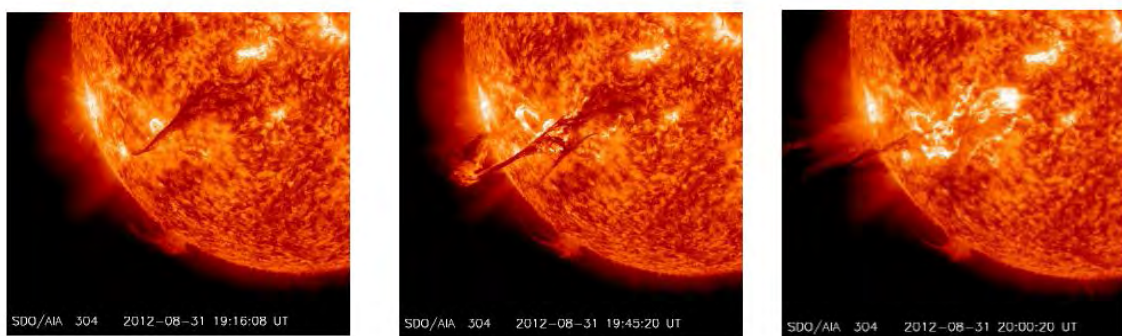
下載並分析 SDO 官方網站波長 AIA304 的 1 年內的極紫外線圖當中的大型活動日珥相片。

### 【實驗結果】

【圖 28】太陽電漿漩渦與爆發，醞釀累積能量再噴發形成巨大環狀日珥。組成一個突出的太陽電漿於太陽的邊緣，噴發好幾個小時之後射向太空，總共進行了大約一天的時間（2012 年 11 月 18 日至 19 日）。[看不見的磁力線](#)在這類的事件背後都扮演著驅動力的角色。這樣的活動是相當普遍的，日珥若從太陽邊緣側面觀之，動態的電漿能更清楚被觀察。

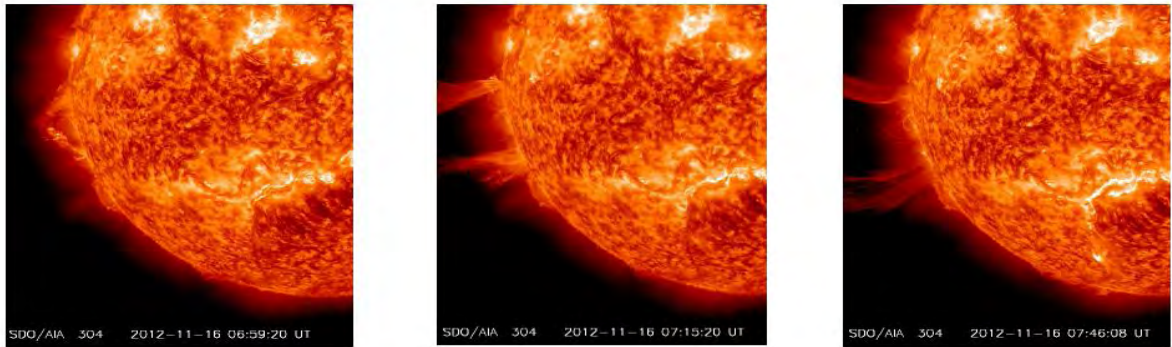


【圖 29】2012 年 8 月 31 日 SDO 極紫外線 AIA 304 的照片，左下方大的「暗條」在日盤邊緣會形成大日珥。一個長條的太陽絲狀物突然拋到太空中，產生一次高能量的日冕拋射物質(CME)。這個絲狀物已經在太陽不斷改變的磁場上存在了幾天，並且意外地噴發。有些日冕拋射物質還在三天後抵達了地球，造成地球磁層改變而產生炫麗的極光。在極紫外 AIA 304 光波段下，可見到電漿的活耀區就在分佈在噴發的這些絲狀物上。



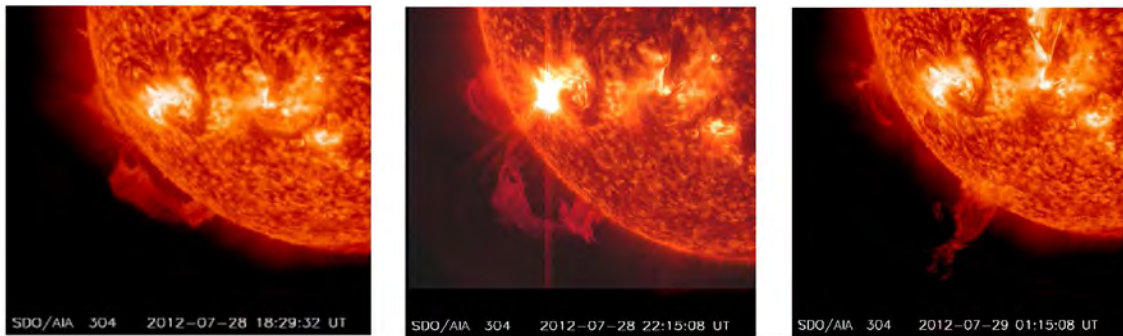
### 【圖 30】【雙日珥噴發，一個日珥牽動另一個日珥噴發】

2012 年 11 月 16 日，太陽釋放一次巨大的超熾熱電漿噴發，四個小時之後又出現另一次日珥噴發。一個巨大的發光紅色電漿環從太陽的左下方噴射。當日珥爆發，太陽表面將變得不穩定向外噴射物質，釋放大量的電漿。此次太陽耀斑是 M6 級噴發，是中度太陽耀斑，但仍是非常強烈的太陽活動。11 月 13 日和 14 日，太空氣候形成了地磁風暴，在地球高緯度地區形成壯觀美麗的北極光。



### 【圖 31】【耀斑與日珥同時發生】

2012 年 7 月 28-29 日，彈出一個巨大的環狀日珥，位於太陽活動區編號 AR1538，這是體積很大的一群太陽黑子的活動區，也是在該區磁場增強的一個標誌。在同一時間內的活動區域顯示的右側還產生三個明亮的耀斑。在這是極端紫外線 AIA304 波長的圖像。此組圖證明活動日珥和耀斑之間具有密切的關連性。



### 【我的發現】

1. 太陽電漿漩渦與爆發，累積能量再噴發形成大型環狀日珥。看不見的磁場在這類事件背後都扮演了驅動力的角色。
2. 一個日珥牽動另一個日珥噴發，造成雙日珥噴發，意味著只要是附近的太陽活動區，都會因磁力相牽扯互相影響。
3. 閃焰與日珥同時發生【圖 31】，此組圖證明活動日珥和耀斑之間具有密切的關連性。



## 【問題九】如何以液體磁力實驗瓶來模擬環狀日珥之發生呢？

### 【實驗目的】

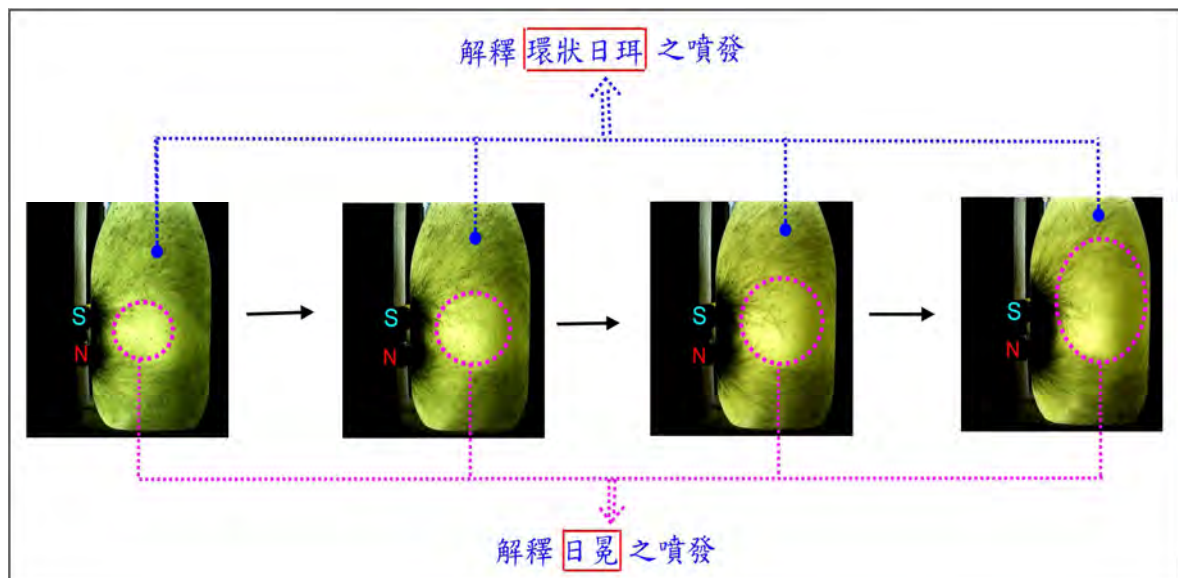
- 1.以液體磁力實驗瓶來模擬並說明環狀日珥（爆發日珥）形成的可能機制
- 2.日珥形成的原因有各種理論。而我們想要以磁力線回彈之現象，來解釋日珥形成的原因。

### 【實驗方法】

- 1.鋼絲絨，以剪刀剪成 1~2mm 小碎片，裝入透明小塑膠瓶，瓶內裝葵花油作為介質，用力搖均勻，就成為「磁力實驗瓶」。然後將 U 形磁鐵由左而右突然靠近實驗瓶，突然靠近是為了製造「磁力線重組」的效果。
- 2.觀察磁力線擴張和收縮的情形，以及透明區域的變化。【參考資料 7】

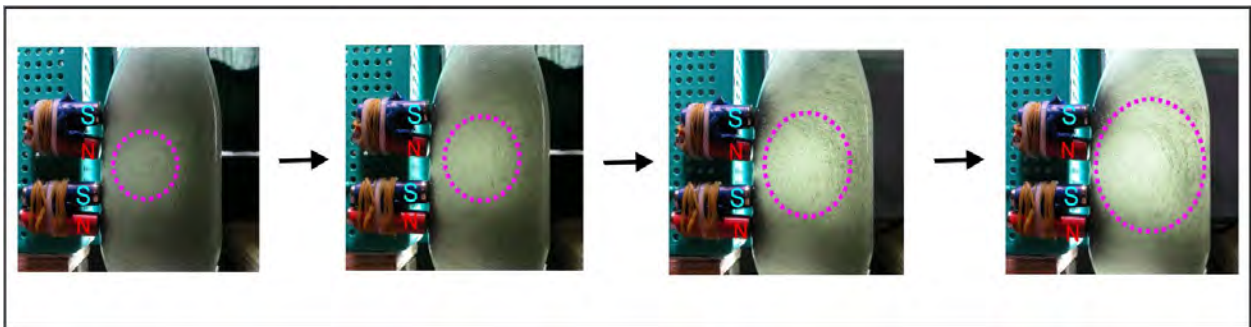
### 【實驗結果】

【圖 32】「液態磁力實驗瓶」模擬日珥動態噴發。把強力永久磁鐵排成 U 字形，並以葵花油為介質，磁鐵突然靠近實驗瓶。會產生一個燈泡狀，且逐漸變大的透明區域。粉紅色虛線內部的透明區域，可解釋「日冕」噴發。而粉紅色虛線的外側環狀的黑色鋼絲絨粉區域可用來解釋「環狀日珥」之噴發。

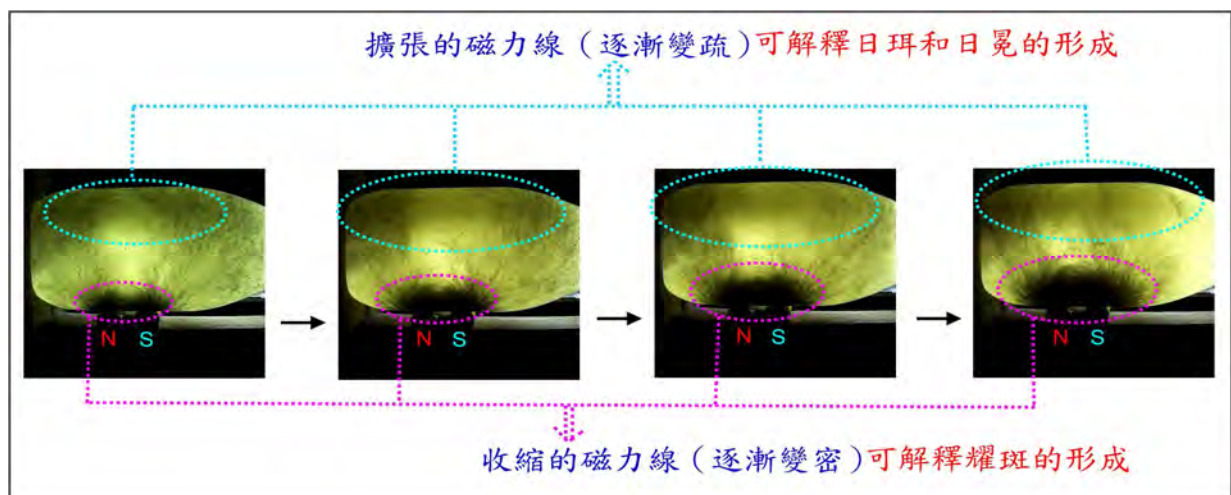


【圖 33】兩組 U 型磁鐵以 NSNS 型排列（順型）磁力線噴發之連續相片。兩個獨立小燈泡狀透明區域會合併成爲一個大燈泡狀。結果可發現兩組 U 形磁鐵的磁力線會一起合併拋射，合併形成「共同大型的環狀日珥」（相片中的透明區域會合併且漸大），意會著磁力越強（太陽黑子聚集多時），日珥噴發效果會越強。此模型也可以解釋「寧靜日珥」會因磁場再增強可能會發展爲「活動日珥」。兩組 U 型磁鐵若以 NSSN 型排列（反型），則會形成兩個獨立小泡狀，而失去磁力加強效果。

※※此模型也意味著磁力線反轉區容易形成暗條和日珥※※



【圖 34】把強力永久磁鐵排成 U 字形，並以葵花油爲介質，磁鐵突然靠近實驗瓶，我們發現磁力線有兩種，一種是『擴張的磁力線』，另一種是『收縮的磁力線』。我們提出的理論是由於『收縮磁力線的完成態』可形成「寧靜型日珥」。而『收縮磁力線的進行態』可以將能量轉換而形成「耀斑」。而『擴張的磁力線』可引起「拋射型的環狀日珥」和「日冕」。



## 【我的發現】

1. 我們的實驗結果推測「磁力線掠奪現象」和「多黑子系統」可共同引起磁力增強效果，因此可能會造成活動日珥和日冕物質拋射現象。
2. 我們提出的理論是：由於『擴張的磁力線』引起環狀日珥的拋射現象。磁力線如同橡皮筋具有彈性一般，往磁極外側則可外用，往磁極內側則會收縮，當磁力線收縮回彈時，可造成能量轉換，將磁力轉換為日珥的拋射的能量。我們認為是磁力線收縮造成電漿受力，而發生能量轉換，因而劇烈提高了溫度，而造成日珥的拋射，也會造成局部磁力線密度增加。
3. 我們提出的理論是由於『收縮磁力線的完成態』可形成「寧靜型日珥」。而『收縮磁力線的進行態』可以將能量轉換而形成「耀斑」。而『擴張的磁力線』可引起「拋射型的環狀日珥」和「日冕」。
4. 日珥噴發就像用筷子挑起麵條。一部份麵條被挑起來，就是日冕噴發。一部份麵條滑落麵湯中，就造成太陽耀斑。【參考資料 5】

## 伍、結 論

1. 什麼是太陽耀斑呢？為什麼會發生耀斑呢？這其實是一個蠻深奧的問題。不過我們可以打一個比方，想像一下，有一大碗黏呼呼半融化的麥芽糖。你拿一支筷子想要去挑起一些麥芽糖。結果很費力的，好不容易扯出一些麥芽糖，最後筷子下方的麥芽糖絲斷開來，一部分的麥芽糖就會打回糖面，另一些則隨著筷子彈出去。在太陽表面有一些浮在半空中的日珥結構，就像那支筷子。因為某種原因，原本穩定的日珥結構，開始慢慢向上提升。於是帶動了它四周的磁場線與繞著磁場打轉的帶電氣體（電漿）。這些電漿與磁場線加起來就像那些麥芽糖漿。當它們被提升得太高時，一部分打回太陽表面，就形成明亮的耀斑。一部分隨著筷子（也就是日珥，後來變成行星際的磁雲）彈出來的電漿，就形成所謂的「日冕物質拋射」。【參考資料 5】
2. 以 PST H-Alpha 日珥望遠鏡可看到：色球層、黑子、日珥、暗條、耀斑【圖 7】【圖 12】【圖 13】。其中的色球層、日珥、暗條、耀斑，只有使用 H-Alpha 日珥望遠鏡方能見到，另外濾鏡減光法和投影法則不行，所以本研究以 H-Alpha 波段作為研究重點。
3. 不同曝光值會呈現不同的細微構造，太陽光的強弱也會影響最佳曝光值。在最佳曝光值時，太陽盤面粉紅色的外圈會最小。同一拍攝時間拍攝太陽表面，只是調整日珥望遠鏡的「頻寬微調環」。當日珥最清晰時黑子不清晰，當黑子最清晰時反而日珥不清晰。日珥是位於色球層，黑子是位於光球層，當頻寬微調環，左轉到底是色球層最清晰，頻寬微調環右轉到底是光球層最清晰。

- 4.在本校觀察到的活動日珥的形狀和特徵如下：包括細火柱、寬火柱、半圓拱形（環狀日珥）、長距離環形（籬笆型、下雨型）等，相當複雜。假若不用赤道儀，日珥望遠鏡觀察到的太陽盤面會向順時針方向旋轉【圖 11】。
- 5.以本校 H-Alpha 日珥望遠鏡可清楚見到耀斑，但以太陽濾膜或投影法無法見到。肉眼看起來像是太陽被撕開產生了裂縫，並由裂縫發出強光。若能及時見到正在閃爍強光的耀斑是令人很興奮又愉快的事。利用手機 App 軟體，例如：Solar Monitor、3D Sun 的即時訊息通知，可用以得知正在閃爍的耀斑，並趕緊將自然教室中的 H-Alpha 日珥望遠鏡朝向太陽。
- 6.暗條走到日面邊緣即可見到日珥噴發，可證明暗條就是在太陽盤面上的日珥。在黑子附近（即是活動區）的暗條會與耀斑有關，暗條會因耀斑的成過程會產生和消失【圖 19】。統計一年的日珥在高緯度區域的日珥會對斷斷續續且較粗。太陽的南北極區暗條出現機率較少，暗條出現在太陽的緯度 10~45 度之間機率較高。
- 7.日珥望遠鏡和 SDO AIA304 以日珥為觀測對象時的結果最相近。所以我們除了自己以 H-Alpha 日珥望遠鏡觀察以外常常以 SDO AIA304 的日珥圖相互對照。由磁強圖我們可以發現日珥也是起因於太陽磁場。
- 8.小直徑（例如 2mm）的遮光片不易裁減成圓形，若要黏貼在相機保護鏡上也是不容易。在地表因為有大氣層，雲層會因漫射使天空底色發亮，使得可見光日冕儀不易成功。所以日冕儀在太空中因為沒有雲氣漫射，天空底色純黑才較容易成功。遮住物太小時繞射現象發生，在地表因為有大氣層也會產生日暈現而影響實驗結果。【圖 27】自製的「H-Alpha 日珥望遠鏡日冕儀」模擬「人造日全食」，相片中粉紅色多層次外圈是否和日冕圈或是太陽風吹拂有關呢？很有趣很值得探討的探討。「人造日全食」，是一個有趣但有操作難度的主題值得再深入研究，例如多片遮光片、或是在超遠距離放置大型遮光片、或是在數位相機的 CCD 感光元件前放置小型的遮光片，都是有趣但不容易操作的進階研究方向。
- 9.太陽電漿漩渦與爆發，累積能量再噴發形成大日珥。[看不見的磁場在這類事件背後都扮演了驅動力的角色](#)。閃焰與日珥同時發生【圖 31】，[此組圖證明活動日珥和耀斑之間具有密切的關連性](#)。

- 10.我們的實驗結果推測「磁力線掠奪現象」和「多黑子系統」可共同引起磁力增強，因此可能會造成「環狀日珥」的爆發和「日冕物質拋射」現象。我們提出的理論是由於『擴張的磁力線』引起活動日珥的拋射現象。磁力線如同橡皮筋具有彈性一般，往磁極外側則可外用，往磁極內側則會收縮，當磁力線收縮回彈時，可造成能量轉換，將磁力轉換為日珥的拋射的能量。我們認為是磁力線收縮造成電漿受力，而發生能量轉換，因而劇烈提高了溫度，而造成日珥的拋射，也會造成局部磁力線密度增加。從側面看，由於日珥物質所受的重力與磁力線的擴張張力正好平衡，磁力線可以把日珥支撐住。除重力和氣體壓力外，電磁力在日珥運動中是一個重要因素。
11. 我們提出的理論是由於『收縮磁力線的完成態』可形成「寧靜型日珥」。而『收縮磁力線的進行態』可以將能量轉換而形成「耀斑」。而『擴張的磁力線』可引起「環狀日珥」和「日冕」。

## 陸、參考資料

- 1.維基百科。關鍵字：色球層、日珥、耀斑、太陽黑子、SDO 太陽動力學天文台。  
<http://zh.wikipedia.org>
- 2.太陽的內部結構：核心、輻射層、對流層、太陽的能源。2009。成大物理系 ppt 投影片。  
[http://teacher.sjps.ptc.edu.tw/sjpsweb/online\\_tool/dyna/data/user/bacarwys/files/200902230908090.ppt](http://teacher.sjps.ptc.edu.tw/sjpsweb/online_tool/dyna/data/user/bacarwys/files/200902230908090.ppt)
3. Solar Dynamics Observatory。太陽動力觀測衛星官方網站。  
<http://sdo.gsfc.nasa.gov/gallery/potw.php?v=item&id=90>
- 4.太陽閃焰（耀斑）。2006年5月（51期）。科學人雜誌。
- 5.周體健。1995。簡明天文學。凡異出版社。
6. 呂凌霄（國立中央大學太空科學所）。太空天氣預報（二）當太陽閃焰發生的時候。  
[http://www.ss.ncu.edu.tw/~SpaceEdu/database/IntroSpace\\_notes\\_exam/SpaceWeather2.html](http://www.ss.ncu.edu.tw/~SpaceEdu/database/IntroSpace_notes_exam/SpaceWeather2.html)
- 7.拱明哲、江宛樺等。狂暴的太陽－太陽磁力線的模擬與探討。2012。中華民國第52屆中小學科學展覽會國小組地球科學科優勝作品  
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/080502.pdf>

## 【評語】 080503

1. 以 H-Alpha 日珥望遠鏡探討太陽極大期的日珥，團隊合作默契良好。
2. 太陽一年內的暗條變化之自創統計法有創意，若能在這方面作深入研究會有更好的成果。
3. 如能突顯特殊成果會更好。