

中華民國第 52 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

080502

狂暴的太陽－太陽磁力線的模擬與探討

學校名稱：嘉義市西區興嘉國民小學

作者： 小六 拱明哲 小六 江宛樺 小六 鄭筠潔 小六 田峻侑 小六 林品宏	指導老師： 拱玉郎
---	--------------

關鍵詞：太陽、日冕、磁力線

## 得獎感言

### 努力的汗水 甜美的果實

我們在 52 屆的全國科展終於獲得夢想中的第一名，直到現在我依然還對科展訓練的過程以及在頒獎台下緊張的情緒記憶猶新……。

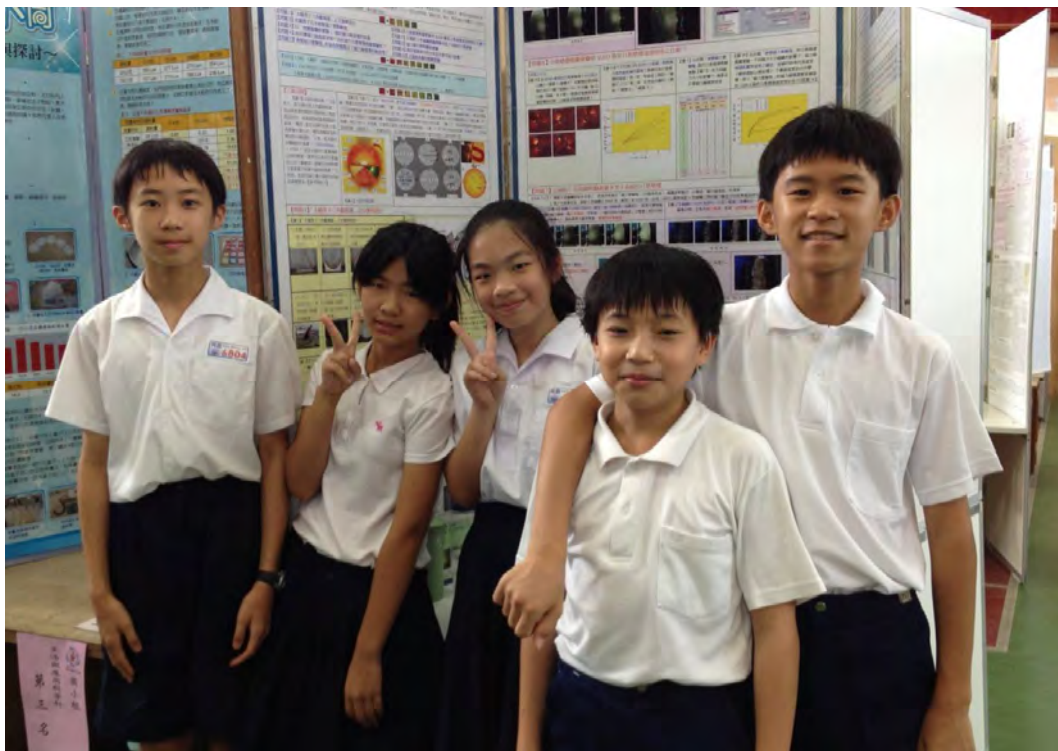
回想起科展的訓練過程中，從靜態的磁力線出發，大家絞盡了腦汁最後終於想出了讓磁力線動起來的方法並成功應用在日冕噴發，那就是設計出「液態磁力實驗瓶」。我們在研究過程中，也學習到許多有關太陽既深奧又有趣的知識。從現在來看，由地方科展到全國科展一路過關斬將的過程，讓我們感到無比的光榮，但在全國科展初審的我們也發生了一件難忘的小插曲……。

初審那天早上我們從員林的旅館（麗禧酒店）坐車到彰師大，沿路老師不斷給我們加油打氣，然而在會場入場前 10 分鐘卻突然被大會告知--我們最重要的液態磁力實驗瓶沒有通過安檢！只是內裝葵花油和鐵粉的實驗瓶竟然被臨時撤除，當時大夥內心一陣錯愕，情急之下我們也只能以手勢代替實驗瓶向評審說明，也難怪評審教授對我們的實驗提出了幾項質疑。我們當天回到旅社後連夜趕工完成實驗影片，第二天清晨 5 點半又提早起床演練影片內容，幸好在複審時，評審們也因為這幾段清晰又具說服力的影片而給我們佳績肯定。當頒獎典禮的司儀唸出第一名的組別時，我們簡直不敢相信自己的耳朵！直到拱老師提醒同學們要趕快上台受獎，大家才回過神來呢！

之所以有這樣的好成績，當然要十分感謝拱玉郎老師的一路辛勤指導，從這一次的參賽過程中我們學習到了許多寶貴知識，以及做研究的科學態度，但更重要的是我們學到了「成功是屬於團隊長期努力的成果」，我們會以這光榮一刻作為出發點，繼續研究探索浩瀚如海的知識領域。



左起：拱玉郎老師、林品宏、田峻侑、江宛樺、鄭筠潔、拱明哲。



在作品看板前的合影。

# 題目：狂暴的太陽—太陽磁力線的模擬與探討

## 摘要

自製的「太陽黑子三角觀測器」對黑子的觀察效果佳，具有結構穩定、快速架設等優點。而我們設計的「液態磁力實驗瓶」，可產生「動態」的磁力線，是一大突破。以「液態磁力實驗瓶」可針對日冕噴發、極紫外線圖上的線條分布、耀斑與太陽風等太陽現象，完成初步模擬與理論推演。自創以「磁力線掠奪」的觀點去解釋 SOHO 衛星的極紫外線圖之線條分布，並證明這些活動線條符合「磁力線掠奪」的理論。「液態磁力實驗瓶」模擬太陽風對地球磁場的影響，驗證地球磁場對太陽風具有保護力。日冕燈泡狀噴發、磁力線掠奪、極紫外線圖的線條分布、太陽風模擬實驗的氣泡行為，都符合以磁力線為理論基礎的推理。而「太陽黑子三角觀測器」和「液態磁力實驗瓶」也是很棒的太陽教學教具，值得推廣。

## 壹、研究動機

今年和明年是太陽活動的旺盛年，太陽在 2013 年會進入活動高峰期。在太陽極大期間，黑子會明顯的出現。近來報章經常有太陽活動劇烈的報導，耀斑、太陽風暴、黑子、極光等名詞，常在網路和新聞媒體中出現【參考資料 4】。

在國小自然課本(五上)「太陽的觀測」單元，自然老師讓我們以天文望遠鏡觀看太陽黑子，對於有「本影和半影」的太陽黑子，覺得相當的神奇有趣，自然老師說黑子是因為太陽表面的磁力阻礙熱對流而產生的低溫區。在自然課本(六上)我們也學習過「電磁作用」的單元，學習過磁力等觀念，於是我們想應用所學的知識，以磁力的觀點來對太陽的表面活動做一番有趣的探討。

首先我們想藉由「太陽黑子三角觀測器」之自製與設計，使太陽黑子的觀察更加方便且有效率。藉由太陽黑子在本校校園之觀察，對照 NASA 的 SOHO 太陽衛星資料，進行同步觀測。

利用我們設計的「液態磁力實驗瓶」，探討兩組 U 形磁鐵相互作用，藉以分析 SOHO 衛星的極紫外線圖黑子群的磁力線掠奪現象。最終想藉僅由可見光的太陽黑子相片，去推測極紫外線圖的線條分布情形。

此外我們以液態磁力實驗瓶模擬日冕之噴發，而瓶內氣泡移之動隱含了磁力線噴發的秘密。我們的液態磁力實驗瓶與真實 SOHO 衛星日冕圖在「噴發速度特性」有何異同呢？探討液態磁力實驗瓶內的「磁力線回彈」與「耀斑」的相關性，最後我們想以液態磁力實驗瓶模擬太陽風對地球磁場的影響，驗證地球磁場對太陽風具有保護作用。

## 貳、研究目的

【問題 1】「太陽黑子三角觀測器」之自製與設計

【問題 2】太陽黑子在本校校園之實際觀察

【問題 3】可否由可見光的太陽黑子圖去推測 SOHO 衛星的極紫外線圖的線條分布呢？為何會有磁力線掠奪現象？

【問題 4】以「塑膠盤鐵粉實驗」，探討磁力線掠奪的現象

【問題 5】如何讓磁力線動起來呢？如何進行日冕噴發的模擬實驗呢？

【問題 6】「液態磁力實驗瓶」的氣泡移動隱含了磁力線會帶動介質移動的秘密嗎？

【問題 7】日冕噴發模擬實驗與 SOHO 衛星日冕圖噴發在速度特性之比較

【問題 8】以兩組 U 形磁鐵模擬複雜多黑子系統的日冕噴發

【問題 9】磁力線回彈與耀斑實驗

【問題 10】探討電漿球內的光束是否會受磁力影響？

【問題 11】太陽風有趣的模擬實驗

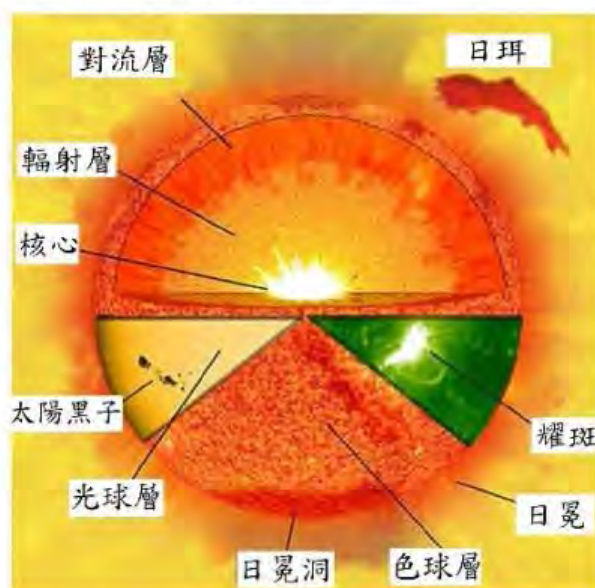
## 參、研究材料和設備

【材料】1.木板 2.鐵粉 3.環保洗衣精（清靜海國際） 4.葵花油 5.塑膠瓶 6.鋼絲絨  
7.長條形強力磁鐵和薄片強力磁鐵 8. U 形磁鐵

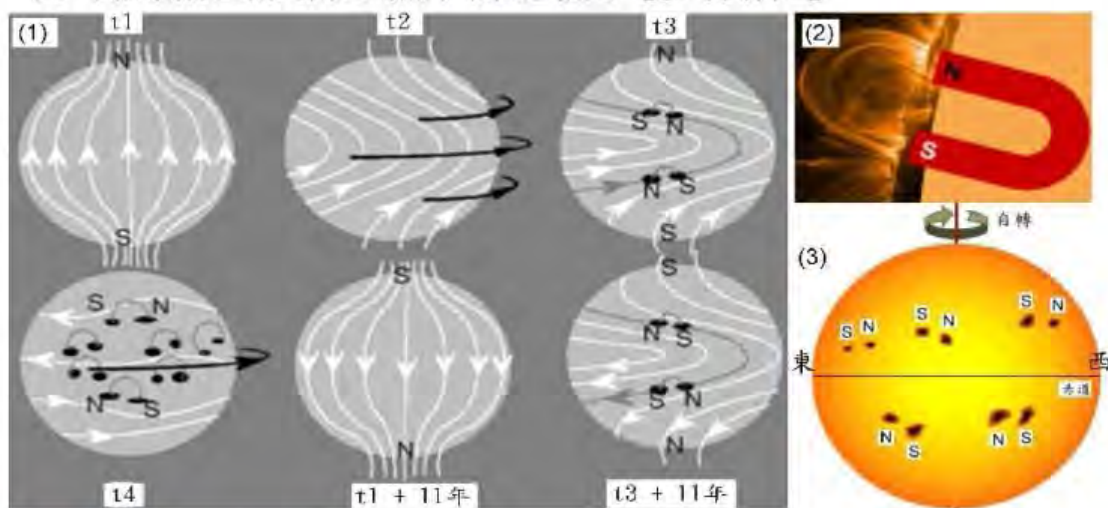
【儀器】1. Vixen 80mm 折射式天文望遠鏡（含 GP 赤道儀） 2. Leica APO77 折射式望遠鏡  
3. 專業太陽濾光膜（BAADER AsrtSolar Saft Film） 4. Nikon coolpix990 數位相機  
5. Vixen Spotting scope Geoma 65S ED WP 單筒望遠鏡 6. 電漿球 20cm（Plasma Light）

【參考文獻回顧】

【圖 1】太陽的構造圖。「太陽黑子」是太陽光球上的臨時現象，是由高密度的磁性活動抑制了熱對流所造成的，在表面形成溫度較低的區域。「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，而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 1】

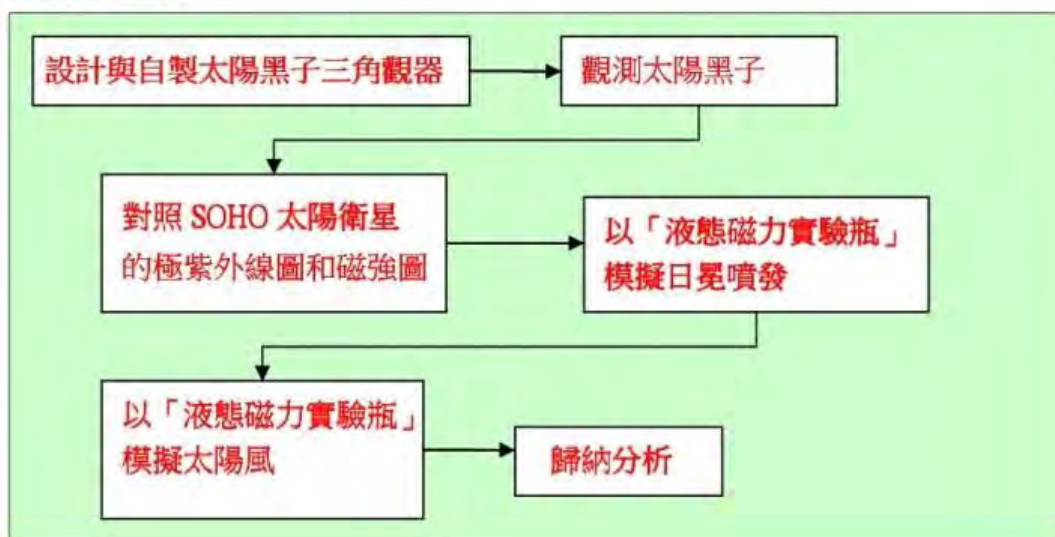


【圖 2】下圖 (1) 是以「較差自轉」產生磁力線纏繞，用來解釋黑子的產生原理。只需 3 年，太陽赤道上的磁力線，將會比位於緯度 30 度的多轉了 2 圈，也比緯度 60 度的多轉 6 圈。偶然這些「纏線 (magnetic flux)」會由於熱氣上升而突破表面，形成磁極性相反的「黑子對」，赤道兩側「黑子對」的磁極也會相反。而太陽磁場每 11 年會反轉一次，大約每 22 年經過 2 次磁極反轉，太陽磁場的北極和南極便會回到原本的位置。下圖 (2)，如果我們能夠太陽表面之下埋藏一個巨大的 U 形磁鐵，它會與太陽黑子對產生的磁場相似。下圖 (3) 黑子對在西面的叫做「前導黑子」，位於東面的叫做「後隨黑子」，二者磁性相反，而太陽赤道南北兩區的黑子磁性也相反。【參考資料 2】



## 肆、研究過程和方法

### 【實驗架構】










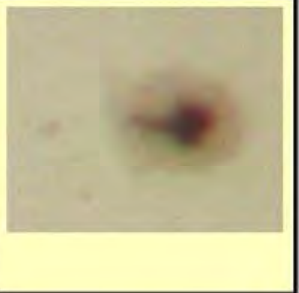
### 【問題 1】「太陽黑子三角觀測器」之自製與設計

#### 【設計目的】

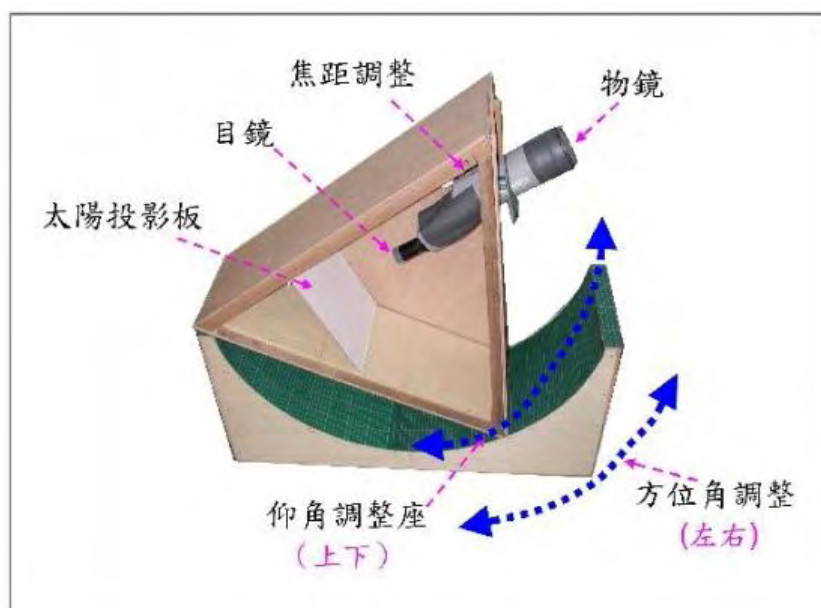
本校並沒有天文台，只有 8 公分折射望遠鏡，若以傳統投影法觀察黑子具有以下缺點：(1) 架設繁瑣。(2) 在室外觀察，側面的光，會造成傳統投影板影像不清晰。(3) 繪圖時容易搖晃。為了更方便和快速觀察太陽黑子，所以我們要自己設計和自製新式的太陽黑子觀測器。

**【實驗方法】**

**【圖 3】「太陽黑子三角觀測器」之自製與設計**

<p>(1) 釘製三角形支架 (邊長為 80 公分)</p>	<p>(2) 弧形底座，再包覆 有刻度的綠色切割墊板</p>	<p>(3) 加上 65mm 折射 望遠鏡後的完成圖</p>	<p>(4) 設置多個螺絲 孔，可調整太陽投 影之影像大小</p>
			
<p>(5) 觀測時外加「三角 形遮光板」，有效加 強了影像的清晰度。</p>	<p>(6) 因為投影板四周半 密閉，環境夠黑，所 以太陽投射後可產生 銳利且清晰的投影。</p>	<p>(7) 太陽黑子的實際投 影。投影板上的太陽 投影直徑大小約為 10 ~ 25cm。</p>	<p>(8) 太陽黑子特寫 。黑子的本影半影 清晰可見。</p>
			

**【圖 4】**自製「太陽黑子三角觀測器」，具有可以快速移動方位角和仰角等優點，因為有加上「三角形遮光板」【圖 3- (5)】，有效加強了影像的清晰度。三角形遮光板為活動式，可掛上或卸下。



## 【我的發現】

### 1. 自製「太陽黑子三角觀測器」的操作方法：

- (1) 左右移動觀測器（改變方位角），直到儀器側面的陰影達到最小時，即是對準了太陽。
- (2) 上下移動上半部的三角形支架，以調整仰角，使太陽投影到白色投影板上。
- (3) 調整望遠鏡的焦距旋鈕使太陽投影之影像達到清晰為止，即可開始觀測。
- (4) 在白色投影板上墊記錄紙，用手描繪黑子。
- (5) 把數位相機對準白色投影板以近攝模式拍攝太陽黑子。

### 2. 自製「太陽黑子三角觀測器」之優點：

- (1) 底座和三角形觀測架為兩件式結構，方便「快速」架設、搬運。  
例如：可在 3 分鐘之內架設完成並進行黑子觀察。
- (2) 能「快速」調整方位角和仰角。
- (3) 因為 3 面都有遮光板防止四周的光線漫射進入白色投影板，因此白色投影板的環境夠黑，使太陽影像超清晰。
- (4) 可以安全觀測，也可以多人同時觀測。
- (5) 結構很穩定、不會搖晃，有利於擺放記錄紙來手繪記錄黑子。
- (6) 也方便對投影板以數位相機拍攝黑子，翻拍後的黑子影像效果佳。
- (7) 蓋上「三角形遮光板」能使影像比傳統投影法更加清晰。
- (8) 本裝置也可以應用在今年 2012 年的 6 月 6 日的特殊星象「金星凌日」之觀察，以及 5 月 21 日的「日環蝕」之觀察。
- (9) 本裝置可作為很棒的太陽教學教具，值得推廣。

### 3. 自製「太陽黑子三角觀測器」可觀察到的現象：

- (1) 能清楚分辨黑子本影和半影。
- (2) 能觀察到「周邊昏暗」現象，這是代表「因為光球上半部的溫度比下半部低，因此太陽盤面的影像會呈現中央比周圍邊緣或周邊明亮的現象」
- (3) 能在大型黑子群的外圍清楚觀察到白斑。
- (4) 可發現白斑越靠近太陽盤面周圍影像較清晰，白斑越靠近太陽盤面中心，會越不清楚或消失，當黑子走到太陽西側邊緣，黑子周圍的白斑會再度出現。
- (5) 可對照 SOHO 衛星網站進行同步觀測，比對極紫外線圖和磁強圖，以利於進一步的分析。



【圖 5】本研究也以另外兩種方法觀察太陽黑子，以作為比較。【方法二】左圖為 Vixen 8 公分折射鏡，以「傳統投影法」進行黑子觀測。【方法三】右圖為萊卡 APO77 望遠鏡，加上專業的「太陽濾光膜」，此為直接拍攝法。



傳統投影板



太陽濾光膜

【圖 6】下圖為【方法一】自製「太陽黑子三角觀測器」實際觀測情形，在上午八點左右，陽光會斜射進入本校自然教室，是觀測黑子的好時機。



【圖 7】下圖為【方法二】以 Vixen 8 公分折射鏡，和「傳統投影板」進行觀測之情形。



【圖 8】「太陽黑子三角觀測器」實際應用於 6 月 6 日在本校舉辦的「金星凌日」觀測活動。



【圖 9】學生們利用「太陽黑子三角觀測器」觀看「金星凌日」。



【圖 10】「太陽黑子三角觀測器」所看到的「金星凌日」影像很清晰。



【表 1】三種本研究小組所採用的觀察太陽黑子方法之比較

	方法一	方法二	方法三
	太陽黑子三角觀測器	傳統投影法	濾鏡拍攝法
特徵	6.5cm 單筒望遠鏡、投影法。	利用 8 公分折射鏡投影至投影板。	在 7.7 公分折射望遠鏡的物鏡套上太陽濾光膜。
優點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 架設最快。</li> <li>2. 也可以拍攝。</li> <li>3. 眼睛無法接近目鏡，所以對眼睛最為安全。</li> <li>4. 快速搬運。</li> <li>5. 整個結構重心很穩，不容易晃動，方便用手描繪黑子。</li> <li>6. 太陽影像很清晰，效果好</li> <li>7. 實用方便又效果好，學生可以獨立操作。</li> <li>8. 可作為很棒的太陽教學教具。</li> </ol>	有市售的零件。	拍到的黑子相片最為清晰。
缺點	需自製，製程較費時。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 投影板裸露四周會有雜光線射進投影板，太陽影像較不清晰。整個結構不穩很容易晃動，不易用手描繪黑子。</li> <li>2. 以相機拍攝投影板，拍得黑子畫質最差。</li> <li>3. 學生可能不小心會透過目鏡和尋星鏡觀測太陽，還是具有危險性。</li> <li>4. 不容易搬運、架設。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不易架設，常常需要老師幫忙。</li> <li>2. 若濾膜破損，透過的強光可能對相機或眼睛造成損傷。</li> <li>3. 因為有電動赤道儀，架設最慢、耗時。</li> </ol>

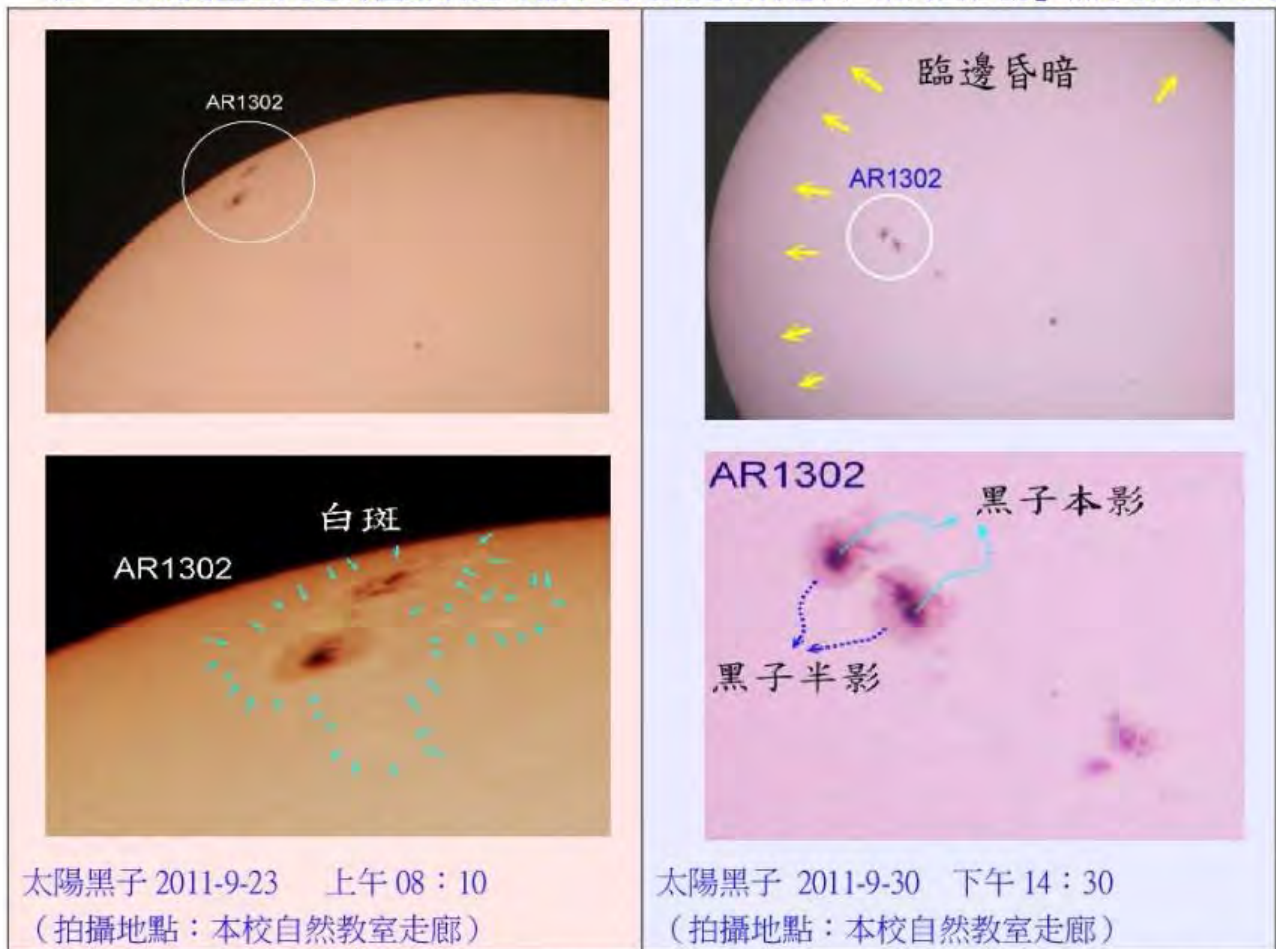
## 【問題 2】太陽黑子在本校校園之實際觀察

### 【實驗方法】

以方法一（太陽黑子三角觀測器）和方法三（濾鏡拍攝法）觀測記錄黑子，觀察並分析其特徵

### 【實驗結果】

【圖 11】著名的「黑子 AR1302」。在本校觀察黑子過程，可發現以下特徵：1.具有臨邊昏暗。2.黑子的本影及半影。3.黑子大都成對出現（例外也不少）。4. 黑子的半影外圍側有白斑環繞。5.太陽盤面周邊有擾動氣流 6.黑子因為太陽自轉會由「東向西移動」、黑子壽命約 14 天。



(拍攝條件: Leica APO775 折射鏡, Nikon coolpix 990 相機, 濾鏡 BAADER AsrtoSolar Safe Film, 快門 1/1000sec, 光圈 F7.0)

### 【我的發現與省思】

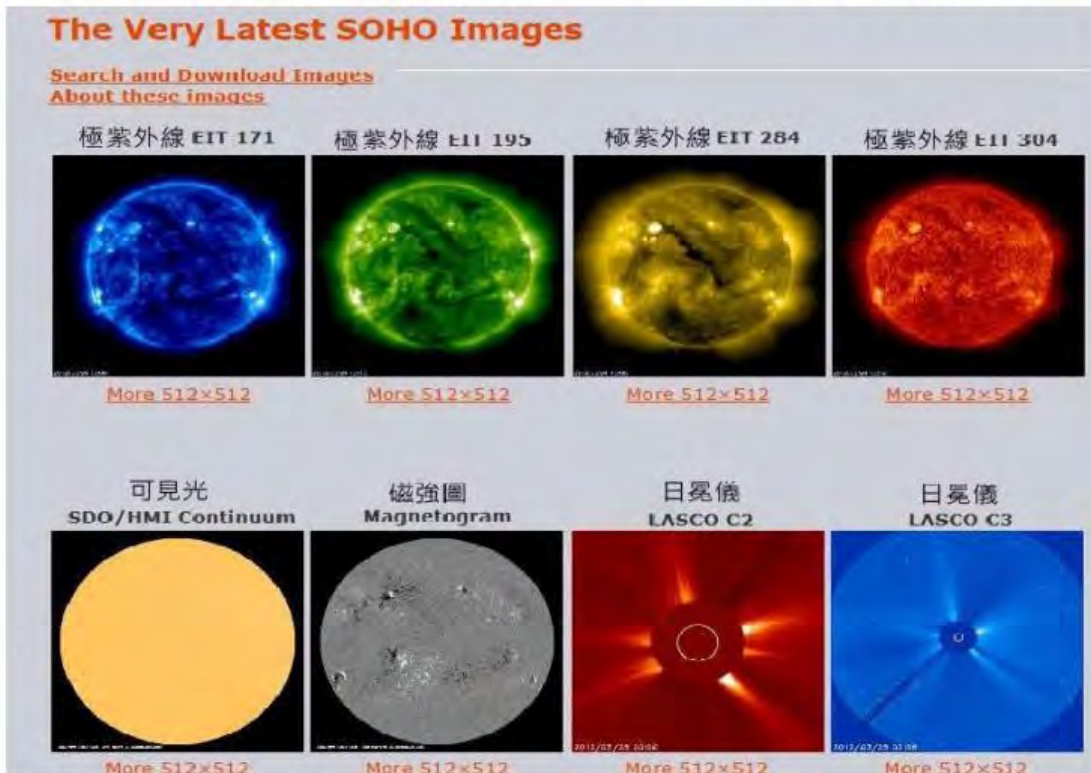
- 1.在本校拍攝和觀察黑子過程，可發現下列特徵：(1) 具有臨邊昏暗 (2) 黑子有清晰的本影及半影 (3) 黑子大多成對出現（例外也不少） (4) 黑子的半影外圍有白斑環繞 (5) 太陽盤面周邊有擾動氣流 (6) 黑子因為太陽自轉會由「東向西移動」，壽命約 14 天。
- 2.在別人的全國中小學科展作品當中，有關太陽的研究大多只著重在 (1) 黑子計算觀察 (2) 太陽的自轉速率 (3) 太陽四季的位置。除此之外我們還能作何研究？還能作何種突破呢？這是本研究想要挑戰的。

### 【問題 3】可否由可見光的太陽黑子圖去推測 SOHO 衛星極紫外線圖的線條分布呢？為何會有磁力線掠奪現象？

#### 【實驗方法】

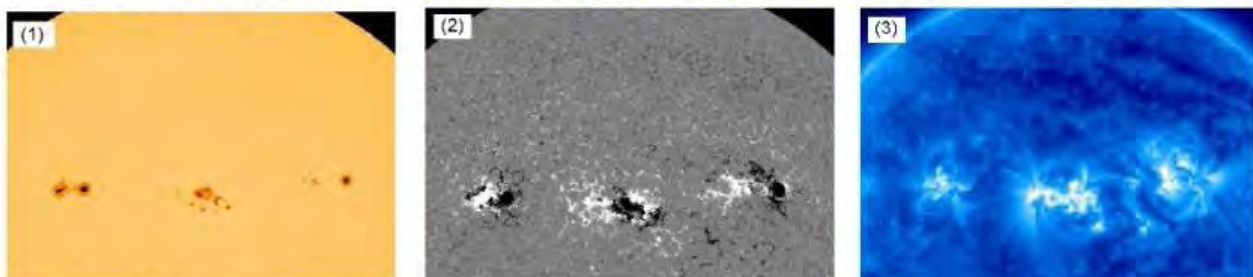
1. 在假日和陰天等無法在學校觀察太陽的日子，也盡量每天瀏覽 SOHO 衛星網站的即時影像，或是補下載前幾天的影像圖片作為觀察材料。
2. SOHO 衛星網站網址：<http://sohowww.nascom.nasa.gov/home.html>
3. 下載去年到今年 SOHO 衛星的圖片組【圖 13】及【圖 14】，分析噴發線條分布之特徵。

【圖 12】我們每次以自製「太陽黑子三角觀測器」觀測太陽黑子的同時也開啟電腦，透過 SOHO 網站，同步監看太陽。SOHO 網站上有 8 組照片包含四種極紫外線（17.1 奈米、19.5 奈米、28.4 奈米、30.4 奈米）、可見光圖、磁強圖、兩種日冕儀圖（LASCO C2 和 LASCO C3）。



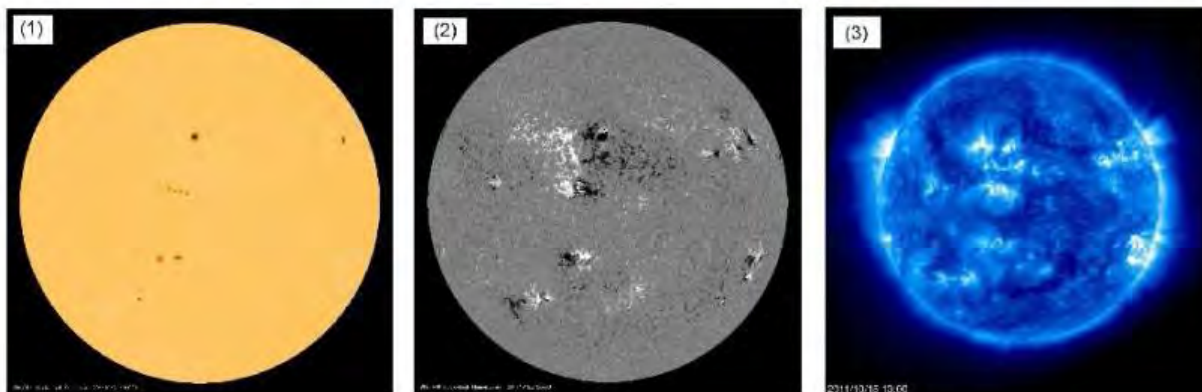
#### 【實驗結果】

【圖 13】去年 2011 年 8 月 3 日，由 SOHO 衛星拍攝三群「橫向排列」複雜黑子，為何極紫外線圖（下圖(3)）在不同的黑子對之間會有「磁力線掠奪」的現象呢？我們想探究其噴發線條為何會如此分布呢？（由左至分別為可見光圖、磁強圖和極紫外線圖 EIT 171）。



2011/08/01 13:00

【圖 14】去年 2011 年 10 月 15 日，由 SOHO 衛星拍攝三群「縱向排列」的複雜黑子，為何下圖 (3) 會沒有「磁力線掠奪現象」？我們想探究其噴發線條為何會如此分布？



(註) 上圖(2)中白色表示磁 N 極，黑色表示磁 S 極

### 【我的發現】

1. 我們自己對「磁力線掠奪」下的定義：單一磁鐵的磁力線具有封閉性【圖 15】，在磁鐵外部是由 N 極射向 S 極，在磁鐵內部由 S 極射向 N 極。當兩組磁鐵靠近時，磁力線會跨越另一組磁鐵的現象【圖 16】我們稱之為「磁力線掠奪」。
2. 在可見光的黑子相片中，黑子不一定會成對出現，但在磁強圖中一定可以找到相對應而且成對的黑子對，並且一白一黑標示，白色代表 N 極，黑色代表 S 極。
3. 上圖【圖 14- (2)】磁強圖中的黑子對「一定」都成對出現，但是在可見光圖【圖 14- (1)】中黑子對卻「不一定」都成對出現，若黑子太小，有時只能見到前導黑子或後隨黑子當中的一個。可見光圖只能見到部分的太陽活動，必須加入磁強圖和極紫外線圖才能較完整的表現出太陽活動的情形。
4. 【圖 13】由 SOHO 衛星拍攝三群「橫向排列」複雜黑子，為何會有「磁力線掠奪」現象？  
【圖 14】由 SOHO 衛星拍攝三群「縱向排列」複雜黑子，為何會沒有「磁力線掠奪」現象？我們想探究其噴發線條為何如此分布呢？這個有趣現象我們將會在下面的【問題 4】和【問題 8】中，做進一步的模擬與探討。

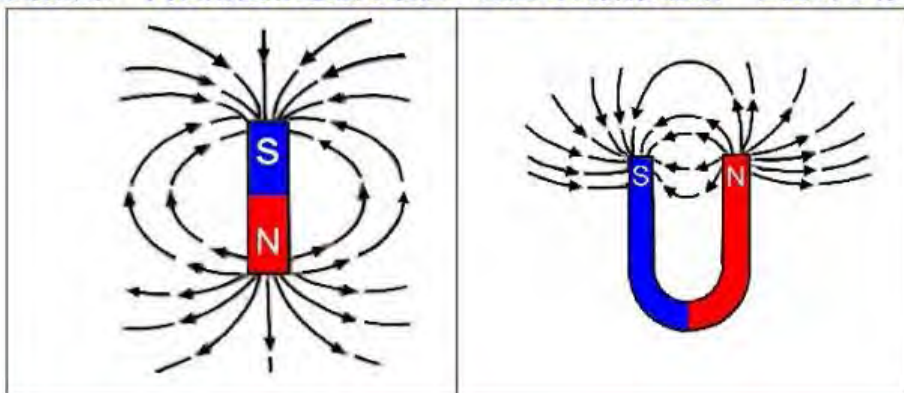
### 【問題 4】以「塑膠盤鐵粉實驗」，探討磁力線掠奪的現象

#### 【實驗方法】

先將鐵粉平均灑在白色塑膠盤上，為防止鐵粉飄揚而吸入肺部，必須戴口罩，然後在塑膠盤下方放置用橡皮筋綁住且固定排列好的磁鐵組。然後輕拍盤子，就會產生如【圖 15】和【圖 16】的磁力線。

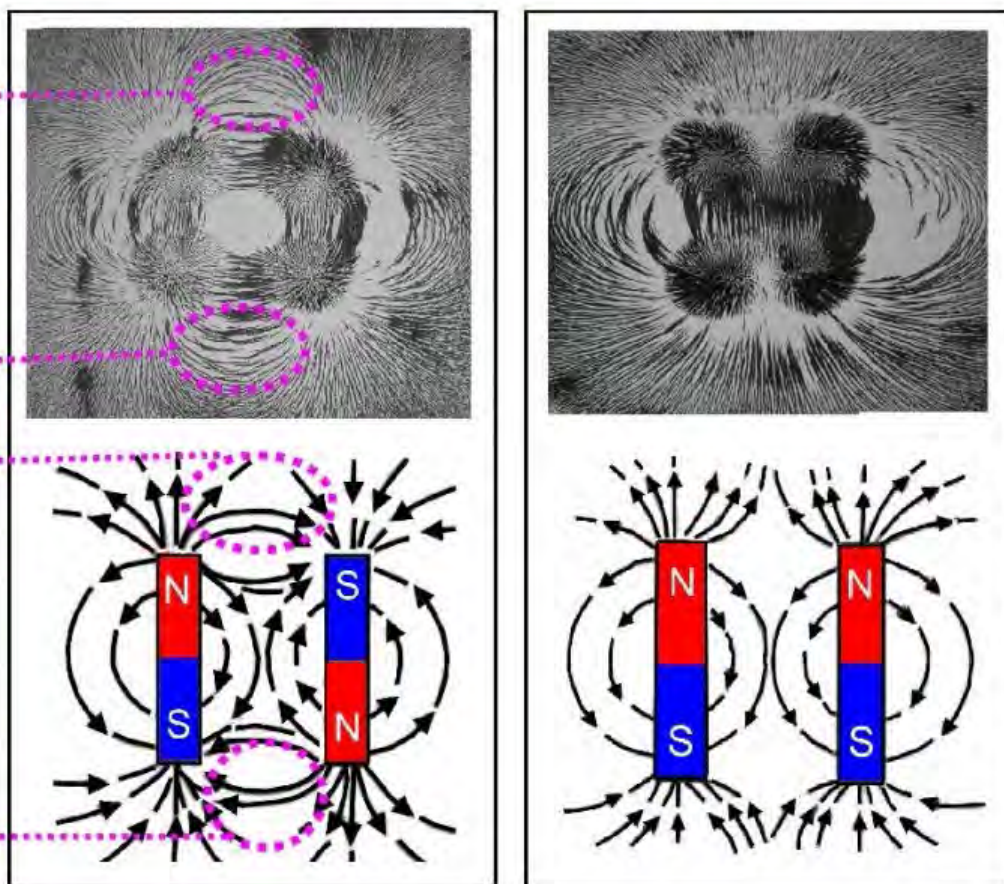
**【實驗結果】**

**【圖 15】「磁力線的特性」：**磁力線在磁鐵外部都是由 N 極射向 S 極，在磁鐵內部則由 S 極射向 N 極。單一磁鐵的磁力線具有封閉性。磁力線彼此排斥不相交，而在兩磁極附近磁力線最密集，代表兩極附近磁力最強。左圖為長條形磁鐵，右圖為 U 形磁鐵。



**【圖 16】**兩組長條形磁鐵之間，若是「磁極相異」則會發生「磁力線掠奪」的現象。我們以長條形磁鐵和鐵粉盤進行實驗，輕彈盤子底部可產生磁力線紋路。兩組長條形磁鐵之間當磁極相異時，可發現有磁力線掠奪現象（如左圖）；兩組長條形磁鐵之間若是磁極相同，則沒有磁力線掠奪現象（如右圖）。本實驗的缺點：產生磁力線的是「靜態」的。

磁力線掠奪區



## 【問題 5】如何讓磁力線動起來呢？如何進行日冕噴發的模擬實驗呢？

### 【實驗方法】

1. 在【問題 4】的塑膠盤鐵粉實驗，雖可以見到磁鐵的磁力線分布【圖 16】，可惜它是靜態的磁力線，而非動態，所以我們再尋求改進方法。
2. 液態磁力實驗瓶內最初是選用鐵粉而非鋼絲絨粉，雖然油中鐵粉也會產生動態磁力線，但鐵粉顆粒太細較容易聚集結塊且不易散開。後來改用鋼絲絨以剪刀剪成粉狀（約 1~2 mm）發現效果變佳，較不會結成塊狀。
3. 我們選用了流動性較好的葵花油和流動性較差的洗衣精的兩種液體作為介質，以代表太陽表面的電漿。
4. 因為太陽表面的電漿也是流體，我們的實驗也是流體，所以會有一定的相似處。

### 【實驗結果】

【圖 17】「液態磁力實驗瓶」模擬日冕動態噴發。把強力磁鐵排成 U 字形，並以洗衣精為介質，磁鐵突然靠近實驗瓶，可發現觀察磁力線會形成一個「漸大燈泡狀」有趣的動態噴發。而在洗衣精中噴發速度較慢，因速度慢所以能直接用眼睛做細部觀察。（※透明區域會漸大）



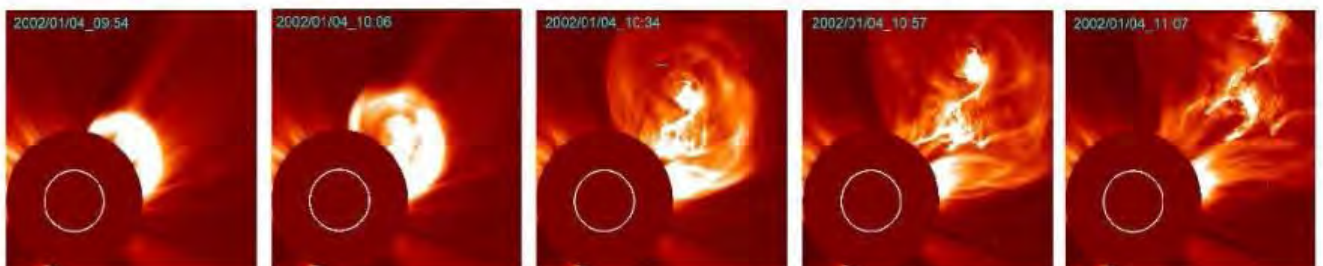
時間順序

【圖 18】「液態磁力實驗瓶」模擬日冕動態噴發。在葵花油中噴發較快，速度快且效果清晰，但因噴發速度太過快，所以只適合用錄影方式做細部分析。



時間順序

【圖 19】SOHO 衛星的日冕以「漸大燈泡狀」噴發的連續過程，和上【圖 18】相似。



### 【我的發現】

1. 「液態磁力實驗瓶」能產生「動態磁力線」，這是本科展報告的一大突破。利用此「動態磁力線」得以進行下列一連串有關太陽的模擬試實驗。
2. 「液態磁力實驗瓶」還可看到的其它現象：
  - (1) 類似燈泡狀的「日冕物質拋射」
  - (2) 「磁力線掠奪」現象
  - (3) 若在實驗瓶表面中央放置單顆強力磁鐵即可模擬「黑子針狀體」，因為磁極的鋼絲絨粉的分布呈放射絲狀，因此類似黑子針狀體。
  - (4) 類似「耀斑」形成原理，見【問題9】探討。
  - (5) 「黑子本影和半影」(在實驗瓶表面中央放置單顆強力磁鐵，在垂直方向觀察實驗瓶油中磁極，的鋼絲絨粉的分布之形狀，磁極正上方顏色深，在磁極外側顏色較淺。磁極中心較密集深色鐵絲就像黑子本影區，極區外圍較稀疏的鐵粉，則相當於太陽黑子的半影區)

### 【問題6】「液態磁力實驗瓶」的氣泡移動隱含了磁力線會帶動介質移動的秘密嗎？

#### 【實驗方法】

在「液態磁力實驗瓶」【圖17】和【圖18】的模擬實驗有燈泡狀的噴發，此現象只是磁力線移動呢？還是磁力線移動真的能帶動介質移動呢？而油脂是透明的，不容易看到是否有移動，如何證明磁力線能帶動介質移動呢？介質在瓶內移動方向為何呢？而其答案奧秘原來就藏在「氣泡」之中。

實驗方法如下：在實驗瓶上方預留1cm高的空氣層，將「液態磁力實驗瓶」內鋼絲絨粉搖均勻，兩組U形磁鐵由右向左突然接近瓶子表面，然後固定磁鐵的位置【圖20】，仔細觀察瓶內氣泡移動。

#### 【實驗結果】

【圖20】以「氣泡移動」證明磁力線具有拋射介質的能力。我們追蹤其中三顆氣泡的移動，發現氣泡除了受到浮力會「向上」移動以外，還會受到「向左」的另一股力道，這力道是因為磁力線向左擴展而帶動氣泡移動的。



時間順序 →



【圖 21】氣泡會向「左上方」移動，其中「向上」的分力是因為浮力，其中「向左」的分力就是磁力線能引起介質移動的證據。



### 【我的發現】

1. 氣泡會向「左上方」移動，其中「向左」的分力就是磁力線能引起介質移動的證據。瓶內磁力線移動能帶動氣泡和油脂一起移動。這意味著太陽表面的磁力線移動也會帶動電漿移動。但是帶電的電漿會如【圖 17】一樣移動嗎？還是只是部分類似而已呢？這是我們在【問題 14】所要探討的。
2. 【圖 21】的實驗只能證明油脂的介質能進行與「磁力線相垂直的方向」之噴發，卻不能證明介質是否能沿著「磁力線平行方向」移動，也許電漿因有帶正負電，還能沿著磁力線平行方向運動呢？針對此問題我們也進行了【問題 10】的探討。

## 【問題 7】日冕噴發模擬實驗與 SOHO 衛星日冕圖在噴發速度特性之比較

【圖 22】SOHO 衛星官網下載日冕圖以分析噴發速率。下載 SOHO 網站的 LASCO C2 日冕圖，大小為 512x512 畫素。下載壓縮檔，然後解壓縮成為多個單一圖檔，在電腦螢幕上用直尺測量噴發距離和時間的關係。【參考資料 3】



**【表 2】**以「噴發 (D)」的速度計算方法為例。首先下載 LASCO C2 日冕圖共 7 張。日期：**2012-01-06**。螢幕上的太陽直徑為 **28mm** 等於實際太陽直徑 **1,392,000 km**，所以 比例尺 **1mm= 49,714 km**。再以秀圖軟體 Acdsee 在電腦螢幕播放圖片，再以直尺測量螢幕畫面中日冕的前緣距離太陽的公分數，利用距離除以時間即可求得噴發速度。

圖片	圖片格式	衛星拍攝時間 2012-01-06	噴發時間 (分鐘)	螢幕上 太陽直徑 (mm)	日冕噴發 在螢幕移動的距離 (mm)	離太陽中心距離 (mm)
1	512x512	21時 24分	0分	28mm	10mm	43mm
2	512x512	21時 36分	12分	28mm	12mm	45mm
3	512x512	21時 48分	24分	28mm	17mm	50mm
4	512x512	22時 00分	36分	28mm	25mm	58mm
5	512x512	22時 12分	48分	28mm	29mm	62mm
6	512x512	22時 24分	60分	28mm	32mm	65mm
7	512x512	22時 36分	72分	28mm	39mm	72mm

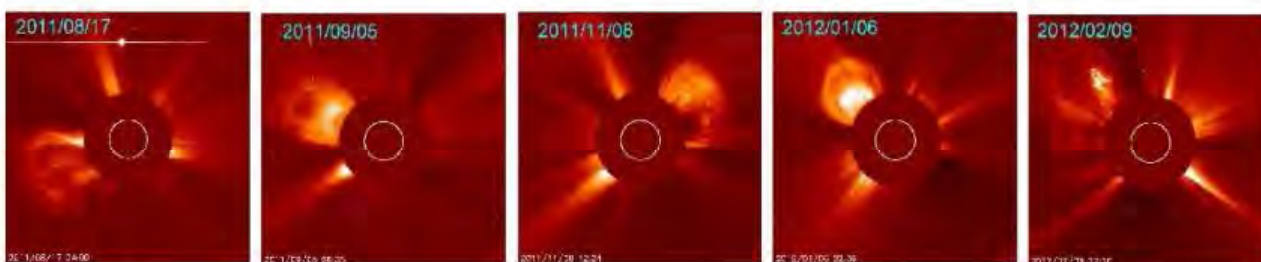
**【表 3】**以「噴發 (D)」的速度計算為例。將螢幕中的日冕外緣與太陽中心之間的距離 (單位 mm)換算為實際的距離(單位 km)。

日期 2012-01-06		比例尺 1mm=( 49714)km	
時間 (min)	離太陽中心距離 (mm)	離太陽中心距離 (km)	
0	43	2137702	
12	45	2237130	
24	50	2485700	
36	58	2883412	
48	62	3082268	
60	65	3231410	
72	72	3579408	
時間=72 (min)	離太陽中心距離 (差) =72-43 = 29 mm	3579408-2137702 =1441706 km	
平均速度	1441706km÷72min =20023.7 km/min		
分速	20023.7 km/min		
時速	1201421.7 km/hr		
秒速	333.7 km/sec		

【表 4】下載並挑選去年和今年的大型日冕物質噴發共 5 日，由照片分析其噴發速率。

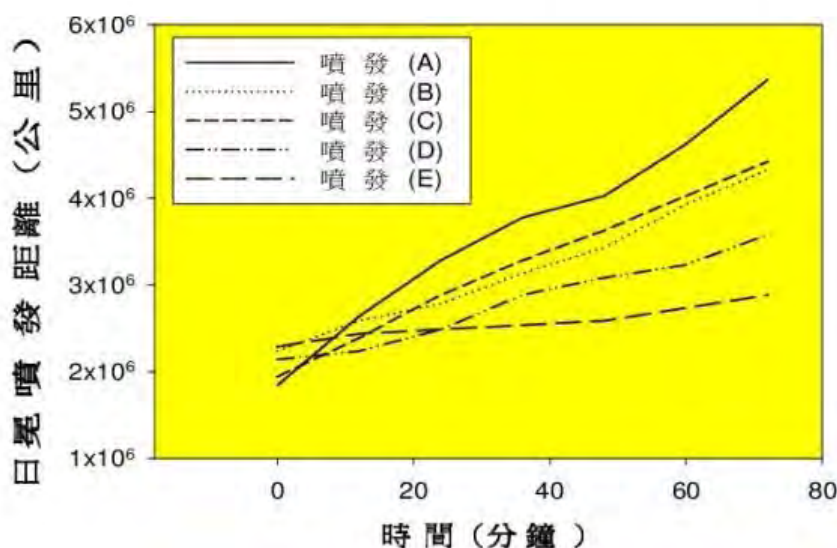
		離 太 陽 中 心 距 離 (km)				
		噴 發 (A)	噴 發 (B)	噴 發 (C)	噴 發 (D)	噴 發 (E)
時間 (分鐘)	日期	2011-08-17	2011-09-05	2011-11-08	2012-01-06	2012-02-09
0 分		1839418	2237130	1938846	2137702	2286844
12 分		2634842	2585128	2386272	2237130	2435986
24 分		3281124	2783984	2883412	2485700	2485700
36 分		3778264	3131982	3281124	2883412	2535414
48 分		4026834	3430266	3629122	3082268	2585128
60 分		4623402	3927406	4026834	3231410	2734270
72 分		5369112	4325118	4424546	3579408	2883412
平均 速度		817.1 公里/秒	483.3 公里/秒	575.4 公里/秒	333.7 公里/秒	138.1 公里/秒

【圖 23】由 SOHO 衛星的日冕圖挑選大型日冕物質噴發共 5 日之圖片 (噴發 A~噴發 E)，每個代表日下載 7 張圖片 (0~72 分鐘，每 12 分鐘一張圖，共 7 張)，然後在電腦螢幕測量距離和時間，以換算求得噴發速度。



【圖 24】SOHO 日冕圖之日冕噴發速度分析。日冕噴發時間與移動距離之關係。

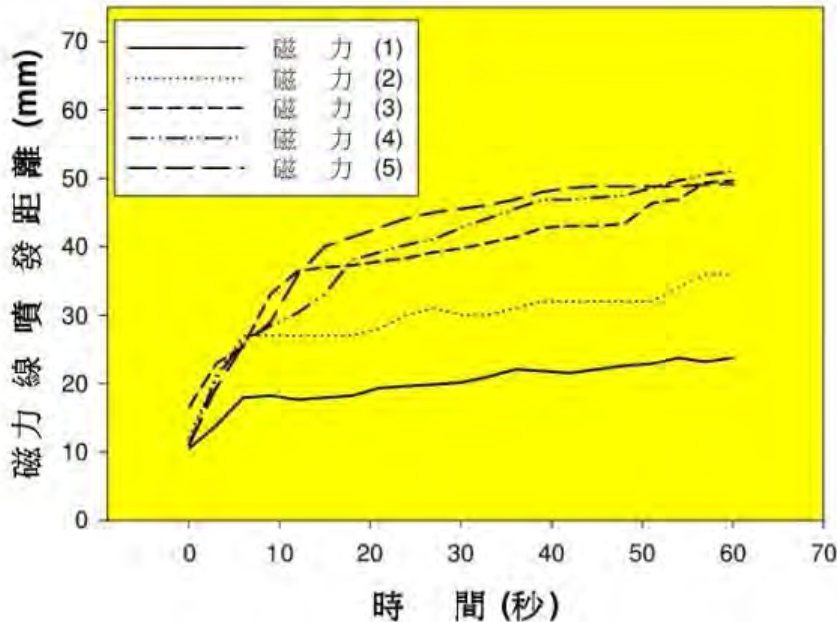
- (斜率代表日冕噴發的速度) 第一型：等速度 (例如：「噴發 C」)  
 (2) 第二型：先等速再變快。(例如：「噴發 D」、「噴發 E」)



【表 5】以自製「液態磁力實驗瓶」來進行日冕噴發模擬實驗【圖 17】，在不同磁力大小的影響下，測量並計算磁力線噴發速度。

	U 形磁鐵磁力大小				
	磁力 (1)	磁力 (2)	磁力 (3)	磁力 (4)	磁力 (5)
能吸起迴紋針數	20 個	35 個	82 個	152 個	221 個
磁鐵	一顆小	兩顆小	一顆大	兩顆大	三顆大
時間 (秒)	磁力線噴發距離 (mm)				
0	10	12	13	11	11
3	14	21	23	21	19
6	18	27	25	26	26
9	18	27	30	28	29
12	18	27	36	30	36
15	18	27	37	33	40
18	18	27	37	38	41
21	19	28	38	39	43
24	20	30	38	40	44
27	20	31	39	41	45
30	20	30	40	43	46
33	21	30	41	44	46
36	22	31	41	46	47
39	22	32	43	47	48
42	22	32	43	47	49
45	22	32	43	47	49
48	23	32	43	47	49
51	23	32	46	49	49
54	24	34	47	50	49
57	23	36	49	50	49
60	24	36	50	51	49
平均速度 (mm/秒)	<b>0.23</b>	<b>1.00</b>	<b>0.67</b>	<b>0.80</b>	<b>1.06</b>

【圖 25】以自製「液態磁力實驗瓶」模擬日冕噴發，瓶內磁力線的噴發速度。下圖曲線的斜率代表速度（縱座標除以橫座標）。下圖速度都是由快變慢，表示「液態磁力實驗瓶」的磁力線噴發都是減速的，這和太陽的日冕噴發速度情形不同【圖 24】。



### 【我們的發現】

1. 我們發現在「液態磁力實驗瓶」的日冕模擬實驗中，**磁力線噴發速度都是由快變慢，並且都是減速，曲線斜率漸小【圖 25】**，這和太陽的日冕噴發速度情形很不同【圖 24】。在「液態磁力實驗瓶」中介質會受限於瓶內有限的空間影響，需要進行瓶內對流作用，而且有阻力，所以磁力線移動都會減速。而太陽的日冕噴發速度常是近似等速度或是加速度移動。
2. 真實日冕噴發速度約速率介於 200-800km/sec
3. 真實日冕噴發有的是接近等速度（例如：「噴發 C」），有的是先慢後快，然後再加速（例如：「噴發 D」、「噴發 E」）。「噴發 E」可能是日冕物質走一半又碰到二次噴發，使前進中的電漿又再被推了一把，所以日冕又再度的被加速【圖 24】。

## 【問題 8】以兩組 U 形磁鐵模擬複雜多黑子系統的日冕噴發

### 【實驗方法】

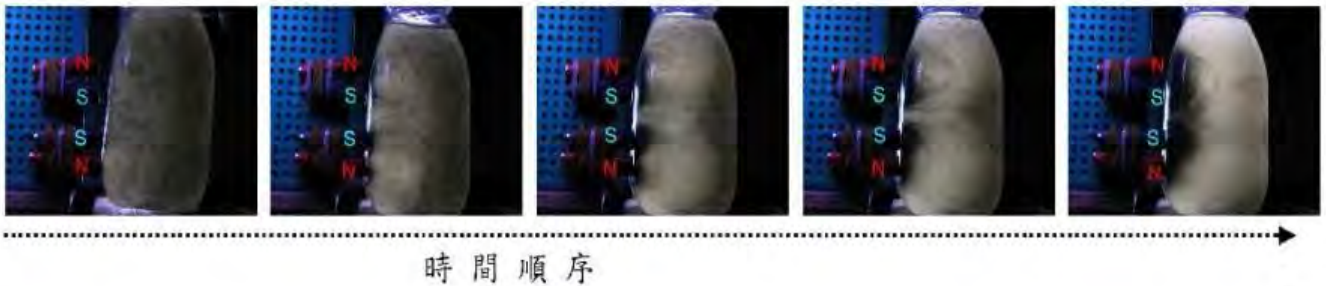
1. 實驗瓶內裝葵花油和鋼絲絨粉，並用兩組 U 形磁鐵固定在支架上，再突然靠近「液態磁力實驗瓶」。磁鐵突然靠近實驗瓶，是為了製造類似「磁力線重組」的效果。
2. 瓶子中裝葵花油，兩組 U 形磁鐵以 SNSN 型（順型）和 NSSN 型（反型）排列。
3. 觀察兩組 U 形磁鐵之間的磁力線是否有掠奪還是排斥現象，或是獨立發展？

【實驗結果】

【圖 26】兩組磁鐵以 SNSN 型排列（順型）磁力線噴發之連續相片。結果可發現兩組 U 形磁鐵的磁力線會一起**合併拋射**，可形成「一個共同的大燈泡狀」之噴發（相片中的透明區域會逐漸變大），意味著黑子越多聚集，**噴發效果會越強**。



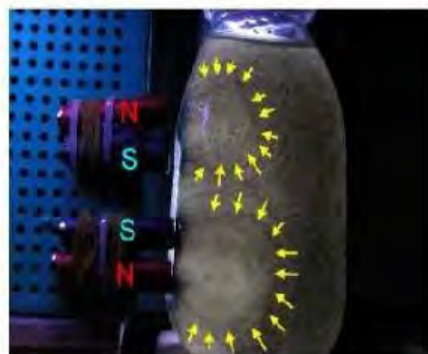
【圖 27】兩組磁鐵以 NSSN 型排列（反型）磁力線噴發之連續相片。結果可發現兩組 U 形磁鐵的磁力線會分開，且各自**獨立噴發**，形成「**兩個獨立燈泡狀**」



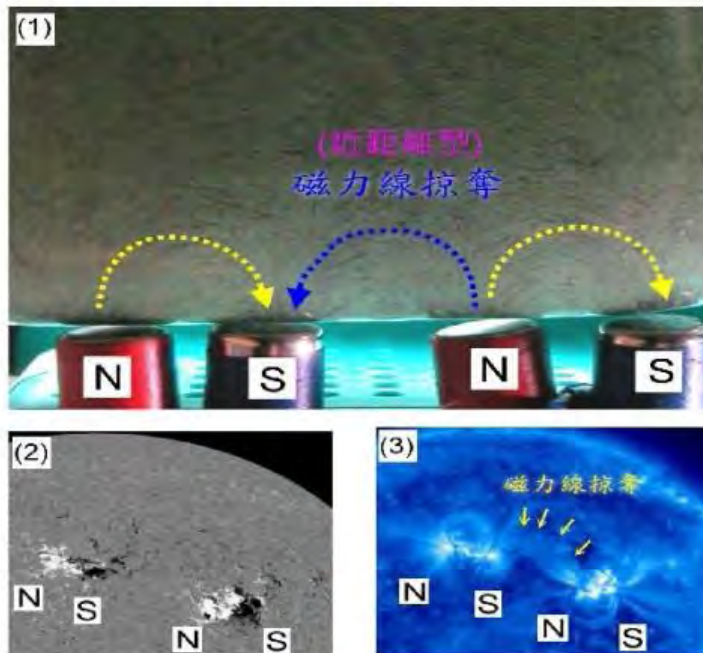
【圖 28】以 SNSN 型排列（順型）--磁力線形成一個共同的大燈泡狀之噴發，磁力線由外側連結，我們稱之為「**遠距離型的磁力線掠奪**」。



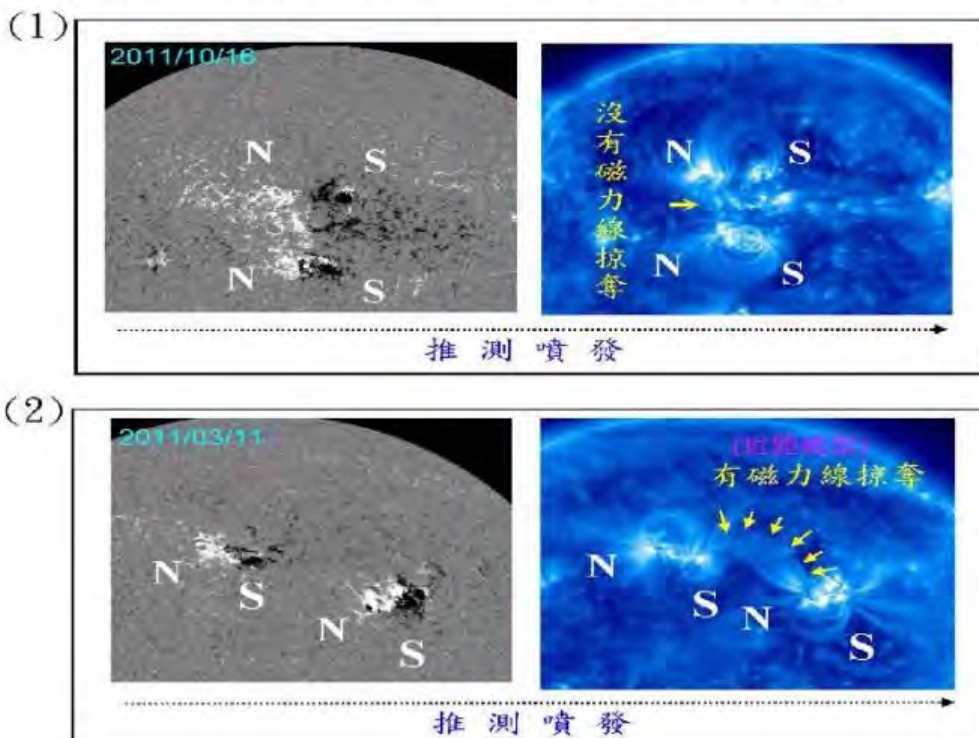
【圖 29】以 NSSN 型排列（反型）--磁力線形成**兩顆獨立燈泡狀**之噴發。



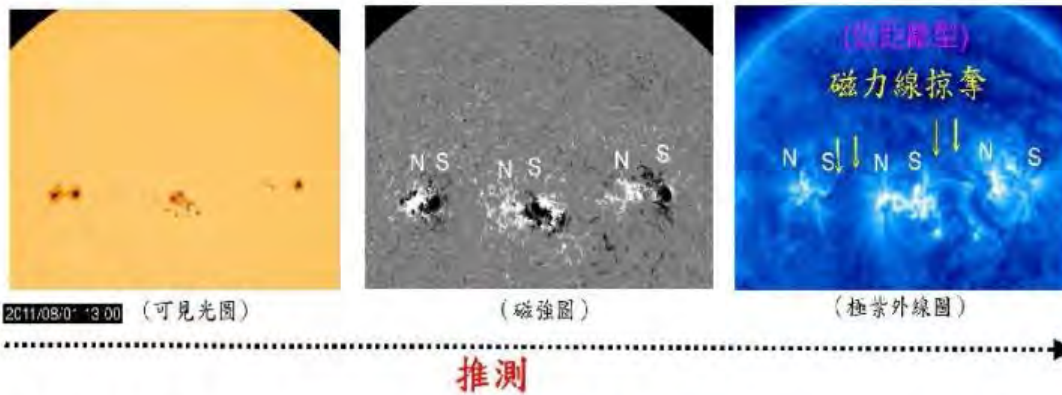
【圖 30】自己的模擬實驗、SOHO 磁強圖、SOHO 極紫外線圖三者比較。磁力線跨過相鄰磁鐵組而產生「**近距離型**磁力線掠奪」現象（藍色虛線）。此結果可以用來可推測 SOHO 的極紫外線圖，下圖【圖 31】～【圖 32】。



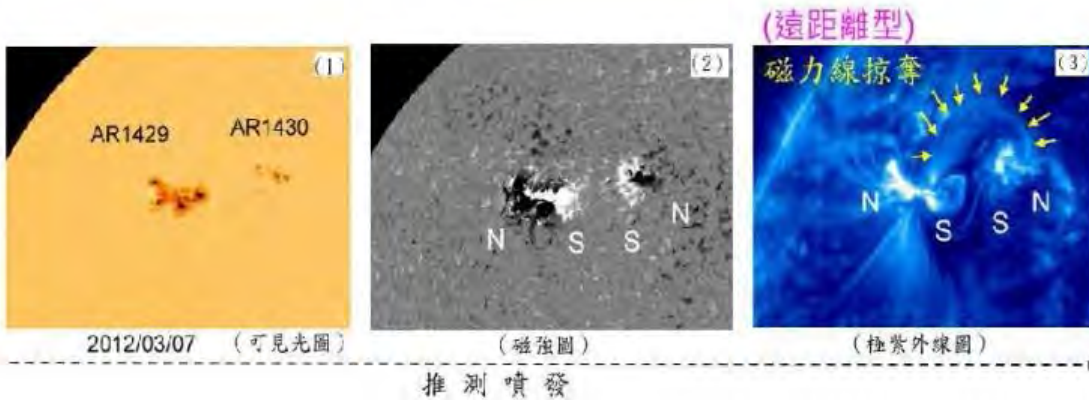
【圖 31】在 SOHO 磁強圖中，若黑子對的磁極是以「NS 上下排列」，則沒有發生磁力線掠奪。而磁極以「NS 左右排列」時，則會發生磁力線掠奪。若應用「液態磁力實驗瓶」【圖 30】的結果再加上「磁強圖」，可推測 SOHO 的極紫外線圖之噴發情形。



【圖 32】去年 2011 年 8 月 1 日有三群黑子的多黑子系統。應用上面「塑膠盤鐵粉實驗」【圖 16】和「液態磁力實驗瓶」【圖 30】的結果，則可由「可見光圖」來推測出 SOHO 極紫外線圖的噴發情形----【這是我們的最終目標】。



【圖 33】今年 2012 年 3 月 7 日複雜的多黑子系統，著名的太陽黑子 AR1429。應用上面「塑膠盤鐵粉實驗」【圖 16】和「液態磁力實驗瓶」【圖 28】的結果也可推測極紫外線圖的噴發情形。下圖 (3) 為「遠距離型」的磁力線掠奪。



【我的發現】

1. 以兩組 U 形磁鐵進行合作噴發和相互作用，以模擬多黑子系統的日冕噴發。兩組磁鐵以 NSNS 型（順）排列會發生磁力線掠奪；若以 NSSN 型（反）排列則否。
2. 兩組磁鐵比一組磁鐵更能增加噴發規模。所以當太陽黑子多時，磁力會增強，而日冕物質噴發規模應會較大。
3. 本實驗結果可以應用到推演複雜多黑子系統
4. 在可見光圖中有些黑子是看不見，有時僅能見到前導黑子或是後隨黑子當中的一個，必須對照磁強圖才能知道黑子對二者的位置，然後再推測在極紫外線範圍的可能噴發情形。
5. 可應用「塑膠盤鐵粉實驗」【圖 16】和「液態磁力實驗瓶」【圖 28】和【圖 30】的實驗結果來推測極紫外線圖的噴發情形。
6. 當兩組磁鐵之間發生「磁力線掠奪」時，磁力線會由一組磁鐵跨過另一組磁鐵的異性極。
7. 磁力線掠奪現象我們自己再將它們分為「近距離型」掠奪現象和「遠距離型」掠奪現象。「近距離型」掠奪現象例如【圖 30】。「遠距離型」掠奪現象例如【圖 28】。

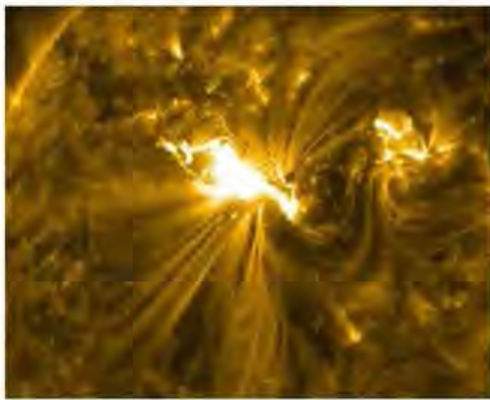


## 【問題 9】磁力線回彈與耀斑實驗

【耀斑】(Solar flare) 小檔案，資料整理自【參考資料 5】

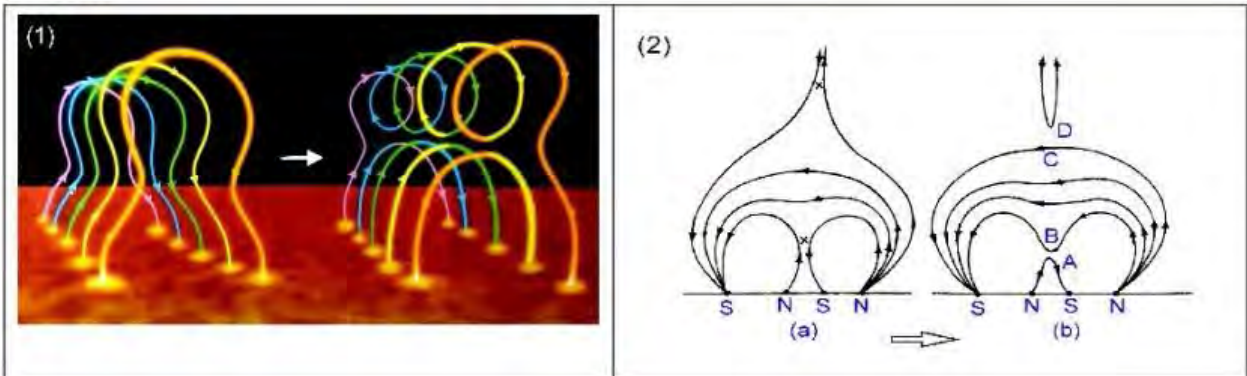
耀斑現象是在太陽的色球-日冕過渡層中發生的一種局部輻射突然增加的太陽活動。太陽上的電漿被加熱至一千萬度，電子、質子及一些重離子被加速到接近光速。這些離子發出的電磁波波段由電磁波譜上的長波微波至最短波長的 $\gamma$ 射線。大部份耀斑都出現在太陽活躍的區域如黑子附近，即是太陽表面磁場線露出日冕的部份。耀斑的能量主要來自於日冕突然釋放的磁能。耀斑出現後，可以觀察到亮度突然增加，無線電波、紫外線、X射線流量也會猛增，有時還會發射高能的 $\gamma$ 射線和高能帶電粒子。

【圖 34】SDO 太陽動態觀測衛星 (Solar Dynamics Observatory) 在 2012-03-06 拍到由著名黑子 AR1429 所產生的 X5.4 級巨大耀斑。【參考資料 8】、【參考資料 10】



【圖 35】磁場重聯小檔案，資料整理自【參考資料 11】和【參考資料 12】

下圖 (2) 的 (a) 型態當中的『x』區域是暫穩定態的中性磁區，磁力線會突然斷裂重新連結成為下圖 (2) 的 (b) 型態，而趨於穩定。可以想像磁力線類似橡皮筋一般有收縮性，新搭接起來的 A、B、C、D 四點附近的磁力線都要收縮變短。原先存在於這些區域的帶電粒子由於「凍結效應」所以不能跨越磁力線，在磁力線收縮過程中只能被擠的順著磁力線運動，原先儲存在暫穩態磁場中能量就變成帶電粒子的運動能量。A、B、C 三處都把帶電粒子向磁力線根部壓迫，而 D 處則將其向高空拋射。這些帶電粒子在運動中和周圍物質碰撞使物質升溫，同時在到達不同高度時因速度和磁場的不同，就發出各種形式的非熱輻射。(註：我們是以 U 形磁鐵突然靠近磁鐵實驗瓶以製造類似磁場重整的效果)



【圖 36】耀斑的產生的連續過程。資料來源【參考資料 7】



【實驗目的】

耀斑形成的原因有各種理論。而我們自己想以「磁力線回彈」之現象，來解釋『耀斑』形成。

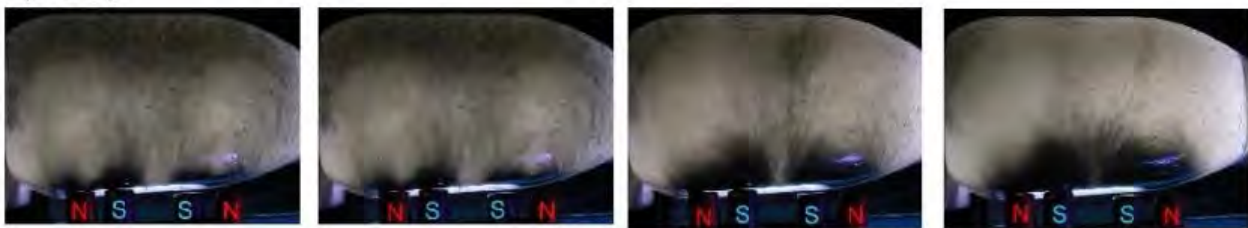
【實驗方法】

將裝有鋼絲絨粉和葵花油的「液態磁力實驗瓶」用力搖均勻。再將兩組 U 形磁鐵排列方式為 NSSN，然後將磁鐵組突然靠近實驗瓶，突然靠近是為了製造磁力線重組的效果，觀察磁力線擴張和收縮的情形。

【實驗結果】

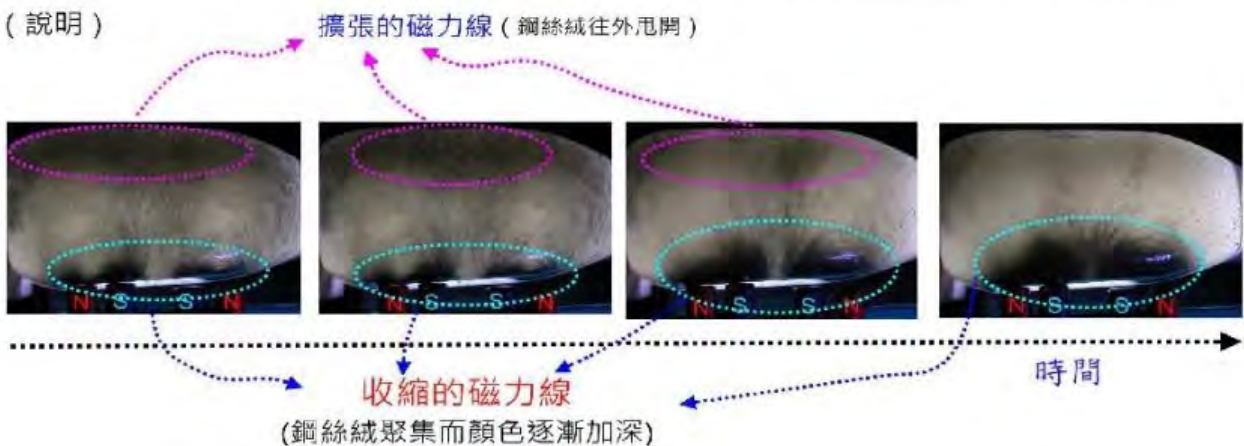
【圖 37】我們發現實驗瓶內的磁力線有兩種，一種是『擴張的磁力線』，另一種是『收縮的磁力線』。我們提出的理論是由於『收縮磁力線』引起『耀斑』現象。

(原圖)



時間

(說明)



### 【我的發現】

我們提出的理論是以『收縮磁力線』引起耀斑現象。磁力線如同橡皮筋具有彈性一般，一組往磁極外側則可外用，另一組往磁極內側則會收縮，這組『收縮的磁力線』，可造成能量轉換，將磁力轉換為耀斑的能量。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「耀斑」，磁力線收縮也會造成局部磁力線密度增加。

### 【優點缺點】

- 1.我們的理論之優點：由磁力線重組再加上我們的觀察，可以提供部分的耀斑理論基礎。
- 2.我們的理論之缺點：我們只能以不具電性的油脂進行實驗而非電漿。還不能觀察介質沿著 NS 極移動的情形，所以再以【問題 10】電漿球的實驗來探討介質沿著 NS 極移動的可能性。

## 【問題 10】探討電漿球內的光束是否會受磁力影響？

在上面的【圖 20】的實驗，只能證明中性油脂介質能與「磁力線相垂直的方向」噴發，卻不能出證明介質是否能沿著「磁力線平行方向」運動？也許電漿因有帶正負電，還能沿著磁力線平行方向運動呢？針對此問題我們進行了下列的探討。

### 【電漿球小檔案】 資料整理自【參考資料 6】

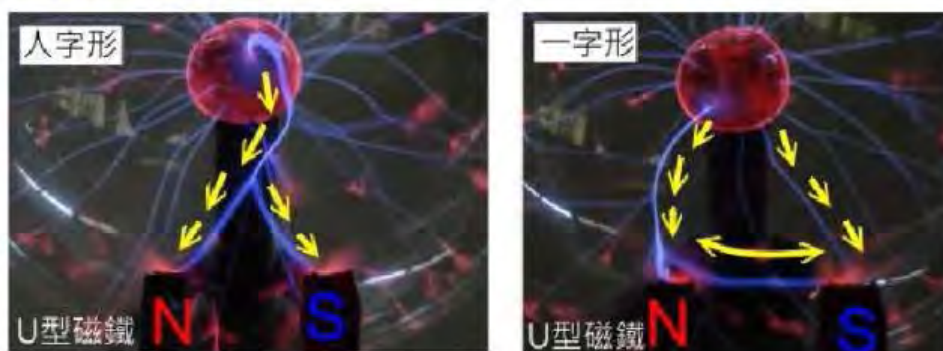
電漿通常被視為物質除固態、液態、氣態之外存在的第四種形態。如果對氣體持續加熱，使分子分解為原子並發生電離，就形成了由離子、電子和中性粒子組成的氣體，這種狀態稱為電漿。

電漿球內通常充填著分子數目極少的惰性氣體，中央金屬球會接上高電壓，通常是高頻交流電，其電壓可能高達數千至一萬伏特，頻率則可能高達數千赫，從而造成球裡填充的惰性氣體產生「介電質崩潰」，變成可導通，激發放光的現象。但因電流小，人體並不會有被電擊的感覺。電漿球通電時，在中心金屬球與玻璃外殼之間會有電流通過，帶電粒子撞擊到球內氣體時，會激發放出各種顏色的光線，原理其實和霓虹燈非常類似。

電漿球內填充的氣體為氦或氬與氖的混合氣體，隨著球內填充的氣體種類不同，氣體被激發發光的顏色也不同。其實由中央往外跑的東西是電流不是電漿，這裡面唯一跟電漿有關的是氣體受電流能量激發後會解離一小段時間，這種狀態可以稱為電漿態。

### 【實驗結果】

【圖 38】以 U 形磁鐵靠近電漿球，在磁鐵兩極之間會產生「人字形」和「一字形」光束（黃色箭頭）。本圖的實驗結果是否代表「人字形」和「一字形」光束內的電漿氣體會向磁鐵 NS 兩極移動呢？



【圖 39】太陽耀斑的日冕物質在 NS 極之間是以螺旋狀前進的，而電漿球內的「人字形」和「一字形」光束是否也會螺旋狀前進呢？我們用肉眼是難以判斷的。  
(此為「水平方向移動」)【參考資料 2】



### 【我的發現】

1. 當 U 形磁鐵靠近電漿球，在磁鐵兩極之間會產生人字形和一字形，是否意味電漿沿著磁鐵 NS 兩極移動呢？雖不能完全佐證，卻能提供我們思考線索。我們不確定【圖 38】的現象是否就是成功表示電漿會沿著磁鐵 NS 兩極移動。不過這個有趣的實驗可提供進一步深入探討的實驗題材。
2. 在上面【問題 6】的實驗中，實驗瓶內氣泡往「左上方」移動【圖 20】，所以證明能夠磁力線噴發可帶動介質往太陽表面的「垂直方向移動」。本實驗【圖 38】想要補足磁力線噴發可帶動介質往「水平方向移動」。

### 【反省思考】

1. 本實驗的優點：
  - (1) 電漿球是少數小學生可以拿到的材料並能進行測試電漿與磁力關係的初步探討。
  - (2) 其它以電漿為介質的實驗材料是本研究可以進一步深究的方向。
2. 本實驗的缺點：
  - (1) 不確定【圖 38】的現象是否就是成功表示電漿會沿著磁鐵 NS 兩極移動。
  - (2) 電漿球的電漿光束太易晃動，不容易做條件控制。
  - (3) 電漿球實驗背後的電學和物理學較深奧，我們的程度還難以理解和解釋實驗當中的許多現象。

## 【問題 11】太陽風有趣的模擬實驗

### 【實驗目的】

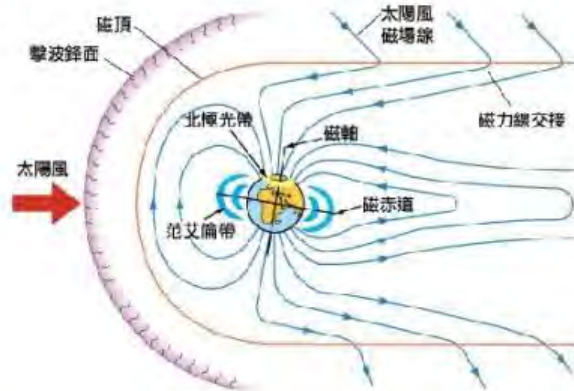
1. 想驗證地球磁力線是否有保護現象。
2. 讓地球磁場或太陽風磁場「NS 磁極互換」，會如何影響磁力線的移動呢？

### 【實驗方法】

實驗瓶以 U 形磁鐵產生的磁力線噴發來模擬太陽風，以長條型磁鐵（四顆圓形磁鐵相疊）模擬地球磁場。透明塑膠瓶內裝滿較黏稠的洗衣精，以 U 形磁鐵「突然靠近」實驗瓶，仔細觀察氣泡移動情形。

【圖 40】**太陽風**是高速的**離子氣體**，如直接吹襲地球表面，對地球的生命與生態環境具有毀滅性的影響。還好地球有**磁場**與**大氣**遮蔽，大部份的高能粒子都被阻隔在地球之外。

【參考資料 5】

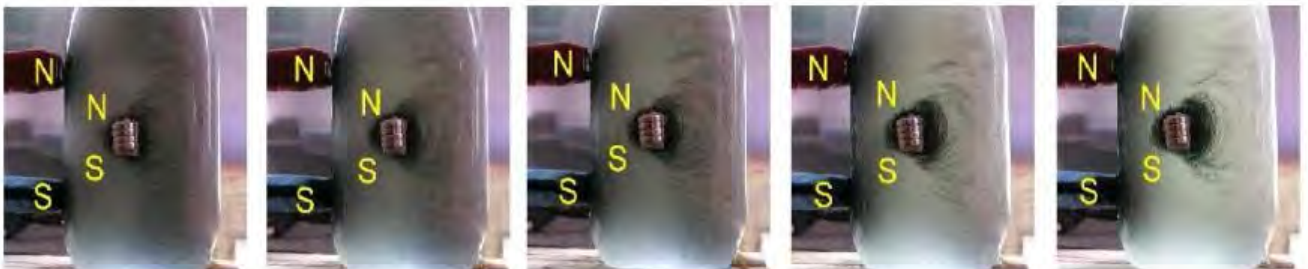


【實驗結果】

【圖 41】**太陽風**對**地球磁場**影響的模擬實驗。左邊的 U 形磁鐵代表日冕物質拋射產生的**太陽風**。可發現和右圖**太陽風**吹拂的情形很相似。


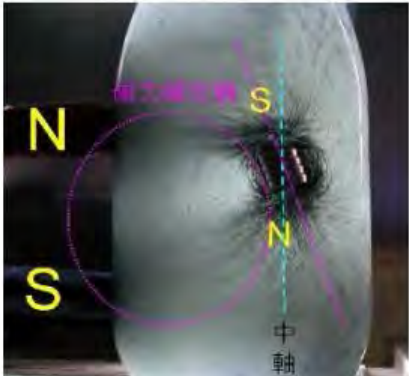


【圖 42】**太陽風**對**地球磁場**的**模擬實驗**。本圖結果可發現**磁力線**密集區會逐漸往右偏，中央四顆圓形**磁鐵**的**磁力線**被 U 形磁鐵吹拂而全體向右偏移。而 U 形磁鐵所引發的燈泡狀「**透明區域**」不能攻入中心**磁鐵**的**紡錘狀磁力區**，而是繞過去。此結果間接驗證地球**磁場**對**太陽風**具有**保護**效果。



時間順序

【圖 43】讓地球磁場或太陽風磁場「磁極互換」時，會讓磁力線產生怎樣有趣的改變呢？

<p>(1) 【NS 磁極正常位置】</p> <p>NS 磁極正常位置的磁力線分布圖。 「四顆圓形強力磁鐵」的磁力線密集區會「向右偏」。</p> 	<p>(2) 【當 NS 磁極互換時】</p> <p>當 NS 磁極互換時的磁力線分布圖。此圖表示當「地球磁場反轉」的影響狀態。「四顆圓形強力磁鐵」的磁力線密集區反而會「向左偏」，本來放正以雙面膠黏在正中央的四顆圓形強力磁鐵，在實驗過程中軸會慢慢逐漸傾斜。這種傾斜是否意味在遠古時代太陽磁場也影響過『地軸的傾斜角度』呢？</p> 
--	---

【圖 44】由瓶內「氣泡移動」可驗證地球磁場具有保護效果：

觀察被 U 型磁鐵所推動的氣泡，可發現氣泡竟然不能穿越中央磁鐵的磁力線，「氣泡路徑」是沿著中央磁鐵的磁力線「縫隙」前進，因此間接證明了太陽風只能沿著地球磁力線移動，氣泡無法穿透磁力線，「氣泡無法穿透下圖的 A 點區域」，因此驗證了地球磁場具有抵抗太陽風的效果。氣泡移動過程可到達中間磁鐵的 NS 磁極區域，這種現象說明了地球極光容易在地球南北極產生。



【我的發現】

1. 在【圖 43- (2)】瓶子中心磁鐵在實驗過程會逐漸被左邊 U 型磁鐵吸引而歪斜，我們提出了「在遠古時代太陽磁場也稍微影響過地軸的傾斜角度」的想法。
2. 由氣泡移動證明地球磁場具有保護效果：  
由【圖 44】發現「氣泡移動」路徑是沿著鋼絲絨粉的磁力線「縫隙」前進，因此間接證明了太陽風只能沿著地球磁力線移動，表示地球磁場具有抵抗太陽風的效果。

## 伍、結 論

### 【1】自製「太陽黑子三角觀測器」之優點：

- (1) 底座和三角形觀測架為兩件式結構，方便「快速」架設、搬移。
- (2) 可「快速」調整方位角和仰角。
- (3) 因為 3 面都有遮光板防止四周的光線漫射進入白色投影板，因此白色投影板區的環境夠黑，使太陽影像超清晰。
- (4) 可以安全觀測，也可以多人同時觀測。
- (5) 結構很穩定、不會搖晃，有利於擺放記錄紙手繪記錄黑子。
- (6) 本裝置可作為很棒的太陽教學教具，值得推廣。

### 【2】如何讓磁力線動起來呢？如何進行日冕噴發模擬實驗呢？

- (1) 我們的模擬實驗和 SOHO 衛星的日冕物質拋射現象很類似，都會有逐漸變大的燈泡狀。
- (2) 我們的模擬實驗是以磁力線推動油脂，而太陽是以磁力線推動電漿，推動的二者都是流體，差異是一個帶電另一個不帶電。

### 【3】「液態磁力實驗瓶」的氣泡移動隱含了磁力線噴發的秘密嗎？

氣泡和油脂相當於太陽表面的電漿，證明磁力線會帶動「液態磁力實驗瓶」的介質移動，也間接驗證了太陽磁力線也會引起電漿移動。

### 【4】日冕噴發模擬實驗與 SOHO 衛星日冕噴發速度特性之比較

我們發現在「液態磁力實驗瓶」日冕模擬實驗中，磁力線噴發速度都是由快變慢，這和太陽的日冕噴發速度情形很不同。在「液態磁力實驗瓶」中介質會受限於瓶內有限的空間影響，且需進行瓶內對流作用，而且有瓶壁和流體的阻力，所以磁力線移動都會減速。而太陽的日冕噴發速度常是近似等速度或是加速度移動。

### 【5】以兩組 U 形磁鐵模擬複雜多黑子系統的日冕噴發

- (1) 以兩組 U 形磁鐵進行合作噴發，以模擬多黑子系統的日冕噴發。兩組磁鐵以 NSNS 型（順型）排列會發生磁力線掠奪；若以 NSSN 型（反型）排列則不會發生。
- (2) 兩組磁鐵比一組磁鐵更能增加噴發規模。所以當太陽黑子多時，磁力會增強，而日冕物質噴發規模應會較大。
- (3) 本實驗結果可以應用到推演複雜多黑子系統
- (4) 可應用「塑膠盤鐵粉實驗」和「液態磁力實驗瓶」的實驗結果來推測 SOHO 極紫外線圖的噴發情形。
- (5) 當兩組磁鐵之間發生「磁力線掠奪」時，磁力線會由一組磁鐵的 N 極跨過另一組磁鐵的 S 極。
- (6) 我們自己再將「磁力線掠奪」再分為「近距離型」和「遠距離型」，大型的黑子磁場較強，較容易發生「遠距離型」的磁力線掠奪。

### 【6】磁力線回彈與耀斑實驗

我們提出的理論是由於「收縮磁力線」引起耀斑現象。磁力線向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，將磁力轉換為耀斑的能量。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「耀斑」，磁力線收縮也會造成局部磁力線密度增加。

### 【7】探討電漿球內的光束是否會受磁力影響？

實驗瓶內氣泡往「左上方」移動【圖 20】，所以證明能夠磁力線噴發可帶動介質往太陽表面的「垂直方向移動」。而【圖 38】想要補足磁力線噴發是否可帶動介質往「水平方向移動」。

### 【8】太陽風有趣的模擬實驗

由【圖 44】發現「氣泡移動」路徑是沿著鋼絲絨粉的磁力線「縫隙」前進，因此間接證明了太陽風只能沿著地球磁力線移動，因此地球磁場具有抵抗太陽風的效果。

### 【9】總結：

自製「太陽黑子三角觀測器」對太陽黑子、日食、金星凌日的觀察效果佳，具有結構穩定、快速架設等優點。自製的「液態磁力實驗瓶」，能產生「動態」的磁力線，對於日冕噴發、耀斑與太陽風等現象，能夠完成初步模擬和推演。以「磁力線掠奪」的觀點能成功推測極紫外線圖線條的可能分布。日冕燈泡狀噴發、磁力線掠奪、極紫外線圖的線條分布、太陽風模擬實驗的氣泡行為，都符合以磁力線為理論基礎的推理。我們所設計的「太陽黑子三角觀測器」和「液態磁力實驗瓶」也是很棒的教具設計，值得推廣。

## 陸、參考資料

1. 維基百科。關鍵字：太陽、太陽黑子、SOHO 太陽和太陽風層探測器  
<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. SOHO 衛星官方網站（Solar and Heliospheric Observatory Homepage）  
<http://sohowww.nascom.nasa.gov/home.html>
4. 觀測通知：太陽表面出現大黑子群，3/17 之前可見。2012-03-08。網路天文館。  
<http://tamweb.tam.gov.tw/bew/TW/content.asp?mtype=c2&idx=767>
5. 維基百科。關鍵字：耀斑、太陽風。<http://zh.wikipedia.org>
6. 維基百科。關鍵字：電漿球。<http://zh.wikipedia.org>
7. 又一太陽耀斑的秘密被揭曉。2011-09-28。網路天文館  
<http://tamweb.tam.gov.tw/bew/TW/content.asp?mtype=c2&idx=640>
8. Solar Dynamics Observatory。太陽動態觀測衛星。  
<http://sdo.gsfc.nasa.gov/gallery/potw.php?v=item&id=90>
9. 國外最新天文研究：一顆肉丸子+黃綠紅三色義大利麵=全球磁場模擬。2012-02-15。中央研究院天文網。<http://asweb.asiaa.sinica.edu.tw/modules/news/article.php?storyid=443>
10. 太陽耀斑影片 NASA | Massive Solar Flare gets HD Close Up (Take a closer look at the flare that erupted on March 6, 2012.) <https://www.youtube.com/>
11. 太陽閃焰。2006 年 5 月（51 期）。科學人雜誌。
12. 周體健。1995。簡明天文學。凡異出版社。



## 【評語】 080502

模擬太陽表面磁力線作用維妙維肖，可增進對太陽表面黑子活動的物理機制探討。在工具製作上創意極佳。