

作品名稱：磁來磁往 --- 太陽磁場和地球磁場的小週期和延遲效應

高中組 地球科學科 第二名

縣市：高雄市

作者： 謝旻秀、葉承旻

林純如

校名：高雄市立高雄女子高級中學

指導教師： 蔡靜誼

關鍵詞：地球磁場、太陽磁場、電離層



磁來磁往 ~太陽磁場和地球磁場的小週期和延遲效應~

一、研究動機

以前國中上課曾聽老師說過，當太陽黑子活躍時，地球上的磁場或通訊器材就會受到干擾，而太陽黑子本身就代表著太陽磁場混亂的表徵，而在我們目前所能接觸到的知識裡，卻只能知道太陽黑子的週期和特性，而並沒有很明確的指出太陽磁場和地球磁場間擾動的相關性。所以，我們就決定進一步去探討兩個磁場之間的小週期關聯性，以及磁場之間發生反應時間有無所謂的延遲效應。

二、研究目的

我們利用 EXCEL 等計算方法和一些電磁實驗，希望能找出太陽磁場和地球磁場間小週期的相關性及延遲效應(1968年-1993年)。同時，我們也希望能找出一切有可能干擾太陽磁場傳送到地球磁場的條件，並探討這些條件下磁場變化所產生的影響。

三、研究過程與方式

(一) 數據資料分析方面：

1. 基本資料處理：

由崙坪觀測臺拿到 1968~1993 共二十六年內每日地球磁場觀測的數據資料。如表一。將書面的數據資料輸入電腦，換成 EXCEL 的資料格式，並作圖以利分析。

(1) 由網路上下載 1968~1993 年共二十六年內每日太陽磁場數據和電離層磁場的資料。

(2) 把圖表上太陽磁場的數據由原先 ASCII 檔的資料格式轉換成 EXCEL 的資料格式，以便和地球磁場資料作比較。

(3) 把 EXCEL 的資料分別以每日地球、太陽磁場的大小及太陽黑子的個數為縱軸，日期為橫軸，每年做一張圖。

(4) 將太陽磁場和地球磁場每天的數據資料，用 EXCEL 中的公式換算成標準差的數據資料，以將原始資料的單位消去，讓所有資料的差值變小，來使我們便於將兩者的資料作比較。

(5) 用地磁投影到水平方向及鉛直方向的分量換算成原始的地磁總量(SUM)，來與太陽磁場做對照。

2. 觀察週期資料處理：

(1) 以「波峰出現日期差值集中趨勢圖」求波峰與波峰間主要週期所在位置。將每年太陽磁場與地球磁場波峰出現日期差值，由小到大做排序。

(2) 用 EXCEL 中的趨勢線求標準化後每年和每五天的斜率：

先將標準化後的資料每一年作一條趨勢線，並將趨勢線的斜率紀錄下來，再以標準化後每五天的數據分別作一條趨勢線，紀錄下趨勢線的斜率，希望能將太陽磁場的斜率和地球磁場的斜率互作比較，並由每一年的大週期深入探討到每五天的小週期。如表四、表五。

(3) a. 將標準化後的所有數據作圖與 Sin 函數的週期圖形作比較：

將標準化後的太陽磁場及地球磁場的數據圖形，以年為單位，先用求出斜率。

b. 利用斜率的方法消去圖形本身上升或下降的趨勢，再用公式使所有標準化的數據圖形介於 1 與 -1 之間，然後取不同週期的 Sin 函數圖形作比較，以找出週期。如表六。

3. 觀察延遲資料處理:

(1) 將太陽磁場的明顯的波峰日期對照到地球磁場明顯的的波峰日期，求波峰與波峰間主要週期所在位置。將每年太陽磁場與地球磁場波峰出現日期差值，由小到大做排序。

(2) 將太陽磁場的明顯的波谷日期對照到地球磁場明顯的的波谷日期，求波谷與波谷間主要週期所在位置。將每年太陽磁場與地球磁場波谷出現日期差值，由小到大做排序。

(3) 把太陽磁場的波峰日期對照到電離層磁場的波峰日期，由其間的差距看出延遲的時間，並試著找出延遲規律。紀錄每年太陽磁場與電離層磁場波峰出現日期差值，由小到大做排序。

(4) 用地磁投影到水平方向及鉛直方向的分量換算成原始的地磁總量，再與太陽磁場做波峰對波峰的波形對照。

(5) 將太陽和地球每一天的磁場大小減去前一天的磁場大小，算出太陽磁場和地球磁場以天為單位的變化量之後，再用波形對照的方法，找出延遲的時間。

(一) 找太陽磁場小週期和地球磁場小週期:

1. 數據分析方面

<1>以 SIN 函數找出磁場的週期:

(1)結果:

我們利用 EXCEL 中趨勢線的功能找出每一年太陽磁場和地球磁場上升或下降的趨勢，再利用減去斜率的方法，將影響每一年太陽磁場和地球磁場趨勢的大週期減去，只留下短期的變化。接著我們再用 EXCEL 寫出讓太陽磁場和地球磁場的圖形振幅介於 1~-1 之間的公式，以利於和 SIN 函數的波形做比較。

因為 SIN 函數是週期函數，我們相信不論太陽或地球的磁場變動若呈現週期性，其和 SIN (特定週期) 的相關性會較大。利用此原則，我們將振幅介於 1~-1 之間地磁總量及兩種分量和週期為 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19 的 SIN 函數做對照，將振幅介於 1~-1 之間太陽磁場和週期為 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25 的 SIN 函數做對照。並且用 EXCEL 中計算相關性的函數來比較兩種數據。從 1968~1993 資料內我們可以發現太陽磁場和 SIN13 相關係數較大的次數較多，而地磁總量和 SIN13 相關係數較大的次數較多，地磁水平分量和 SIN14 相關係數較大的次數較多，地磁鉛直分量和 SIN13 相關係數較大的次數最多。

雖然每一組的的相關性都不是很高，但是值得注意的是這和我們用人工方法找出來的週期差不多有同樣的結果，而且我們認為如果地球磁場的小週期真的是 12~14 天的話，那地磁的小週期就極有可能是因為太陽自轉而影響的，而當我們發現太陽有約 12~14 天左右的小週期時，我們推測造成這樣的小週期有幾種可能:

- a. 太陽自轉 (太陽在赤道處的自轉週期為 25 天，而靠近兩極地區則約為 35 天)
- b. 黑子週期性的出現 (大部分的黑子群平均可以持續 2 個星期)
- c. 黑子隨太陽自轉而使能量有一週期。

證明:

1. 太陽自轉 (在赤道處的自轉週期為 25 天，而靠近兩極地區則約為 35 天): 我們假設若地球磁場的小週期主要是由太陽自轉所造成的，也就是說太陽每自轉半週，就

會使地球磁場有一週期性的改變。這代表的是太陽磁場可能像地球磁場一樣，在內部有一個大磁鐵，只是太陽內部的大磁鐵可能是呈東、西向排列所以每自轉半週便會讓地球磁場出現一次高峰。

2. 黑子週期性的出現(大部分的黑子群平均可以持續 2 個星期): 我們知道太陽磁場變化和太陽黑子的出現關係十分密切，於是推測可能太陽黑子出現亦有 12~14 天的週期性。因為不論黑子出現在太陽的哪一個方向，都能使我們所接受到的太陽磁場產生變化。

但是太陽黑子是否真能週期性的不斷出現呢? 我們推測太陽黑子一開始主要出現於高緯的地方(40° ~50° 左右)，但因赤道自轉較快(赤道 25 天; 高緯處 35 天)於是物質會有由高緯處逐漸向低緯處的趨勢，最後在赤道處消失。而高緯又有另一群新生的黑子行成另一次循環。所以 14 天應該是黑子由高緯出現到低緯的時間。

3. 黑子隨太陽自轉而使地球磁場產生小週期: 因為太陽自轉的週期是 27 天左右，所以太陽黑子從面對地球轉到背對地球所花的時間正好就會是 13、14 天。如果太陽黑子真的能在太陽要轉到面對地球的時候出現，然後又正好在 14 天後消失，那麼地球磁場的小週期可能真的是因為太陽黑子隨太陽自轉而產生的。

所以就這三種情況來說，我們認為地球磁場的小週期其實和太陽黑子週期性的出現最有關係。

(2) 討論:

我們在使用磁場波形對照到函數圖形的時候，選擇將地磁水平分量(MAGH)和地磁鉛直分量(MAGZ)兩種地球磁場的波形對照到 SIN12~SIN19，而將太陽磁場的波形對照到 SIN12~SIN25 是因為在用人工的方法對照時，我們大概可以看出兩種地磁分量的小週期大概是在 13~16 之間，而太陽磁場的小週期大概是在 21~25 之間，所以我們選擇兩種不同的範圍來對太陽及地球的磁場做相關性。而為了要更精確的看出 SIN 函數與磁場波形的相關性，所以我們用標準化後的磁場數據減去它本身在大週期中的趨勢，因為我們認為，儘管較小磁場的波形是有上下起伏的變化，但是如果整個波形大體來說是呈現一條斜直線的走勢的話，有一些波峰或波谷就有可能被大趨勢給蓋過，因而對 SIN 函數的相關性就有可能降低。接著為了避免相關性會因為波形原點和函數原點的日期不同而和 SIN 函數的相關性減低，所以我們找出整個減去斜率後波形中最接近 0 的一天來做為原點，再用 EXCEL 寫出能讓 SIN 函數的原點也在同位置的公式，讓相關性的變因只剩下波形的週期，才能真正代表地球磁場與太陽磁場之間小週期的關係。

至於做出來的相關係數為什麼都不是很大，我們則是認為因為地球本身的磁場並不大，加上除了太陽，還可能有許多外來因素影響到地球，而且地磁本身就是由不同週期的波形疊加起來的，所以當地磁受到其他磁場干擾的時候，就會產生擾動，但是大體來說，它還是一個有規律的小波形。

<2>找斜率接近 0 值的方法(每一年找一個斜率):

(1) 結果:

我們將所有經過標準化後的地磁和太陽磁場的數據以每一年為單位做一張圖，然後用 EXCEL 圖表功能中的趨勢線找出太陽磁場及地磁每一年上升或下降的斜率，並記錄下來。

(2) 討論:

我們可以從結果發現在 1974 年和 1986 年的太陽磁場圖表斜率比較接近 0，而這兩年正好又是太陽黑子極小期，所以太陽的磁場圖表波形正好是位於波谷的位置。但是在圖表中更值得注意的是，在 1974 和 1986 年同樣也是兩個地磁分量波形斜率的低值，而這樣的結果代表地球磁場不論是水平或是垂直分量在這兩年中也同樣出現波峰. 波谷或是有平緩趨勢的波形。

<3> 找斜率接近 0 值的方法（每五天找一個斜率）

(1) 結果：

我們發現地磁總量的週期約 20 天，地磁水平分量的週期約 25 天，地磁鉛直分量的週期約 15 天，太陽磁場的週期約 10 天，從圖形分析四者之間其實並沒有很明顯的關係。

(2) 討論：

當斜率接近 0 的時候代表的意義有三種:1. 磁場位於波峰的位置,使得波形呈現平緩的走勢。2. 磁場位於波谷的位置,使得波形呈現一個平緩的走勢 3. 當磁場強度變化比較小,使整個趨勢平均起來幾乎是水平的樣子。

所以我們用每五天斜率找出有平緩的趨勢之後,還要再去和原始的波形對照,刪去不是波峰的情況。將所有波峰出現的日期紀錄下來,找出波峰與波峰之間的日期差,做出的圖也可以成為計算小週期的一種方法。但是用斜率所做出來的結果,可能會造成我們少算到一些波峰,因為我們的斜率取的是每五天一個斜率。所以如果有由小於五天以下所構成的波峰,則很有可能因為仍有不小的斜率而未被算進去。所以出現的天數可能是磁場小週期的倍數,而且因為我們做出來的圖是以 5 天為一個單位,因此像 12.13 天的小週期就有可能被歸類到 25 或 30 天的週期。所以我們必須要由算週期的三種方法互相應證,才能說,太陽和地球磁場的小週期可能是一樣的。

2. 實驗分析方面

<1> 鐵網的屏蔽實驗：

(1) 實驗 A 控制的變因：

- 感應線圈(太陽)與被感應線圈(地球)距離 20 cm。
- 感應線圈與被感應線圈均沒有加擾動。
- 感應線圈的電壓為 20 伏特,被感應線圈的電壓為 12 伏特。
- 感應線圈由 0°轉到 360°,每 30°紀錄一次感應磁場和被感應磁場的波形。

實驗結果：從實驗數據中我們發現當感應磁場旋轉 210°時,感應磁場的波形振幅最大;而當感應磁場旋轉 330°時,被感應磁場的波形振幅最大。

(2) 實驗 B 控制的變因：

- 感應線圈(太陽)與被感應線圈(地球)距離 20 cm。
- 感應線圈與被感應線圈均沒有加擾動。
- 感應線圈的電壓為 20 伏特,被感應線圈的電壓為 0 伏特。
- 感應線圈由 0°轉到 360°,每 30°紀錄一次感應磁場和被感應磁場的波形。

實驗結果：從實驗數據中我們發現當感應磁場旋轉 330°時,感應磁場的波形振幅最大;而當感應磁場旋轉 90°時,被感應磁場的波形振幅最大。

(3) 實驗 C 控制的變因：

- 感應線圈(太陽)與被感應線圈(地球)距離 30 cm。
- 感應線圈與被感應線圈均沒有加擾動。

c. 感應線圈的電壓為 20 伏特，被感應線圈的電壓為 12 伏特。

d. 感應線圈由 0° 轉到 360° ，每 30° 記錄一次感應磁場和被感應磁場的波形。

實驗結果：從實驗數據中我們發現當感應磁場旋轉 0° 時，感應磁場的波形振幅最大；而當感應磁場旋轉 0° 時，被感應磁場的波形振幅最大。

(4) 實驗 D 控制的變因：

a. 感應線圈(太陽)與被感應線圈(地球)距離 30 cm。

b. 感應線圈與被感應線圈均無擾動。

c. 感應線圈的電壓為 20 伏特，被感應線圈的電壓為 6.3 伏特。

d. 感應線圈由 0° 轉到 360° ，每 30° 紀錄一次感應磁場和被感應磁場的波形。

實驗結果：從實驗數據中我們發現當感應磁場旋轉 30° 或 150° 時，感應磁場的波形振幅最大；而當感應磁場旋轉 30° 或 330° 時，被感應磁場的波形振幅最大。

3. 實驗討論方面：

a. 在實驗數據中，偶爾發現被感應磁場振幅大於感應磁場振幅的現象。我們推測可能是因為幾乎所有的圖都是取大週期的一部份，而因為被感應磁場受到的干擾比較多，所以它的小週期可能會變化比較大。

b. 我們發現當感應磁場線圈旋轉角度 180° (兩線圈相向)，被感應線圈的振幅大多會是最高值和最低值，這可能是因為感應線圈的磁場方向正好垂直進入被感應線圈。

c. 從實驗的結果中，因為被感應磁場比感應磁場的擾動還要大，所以可以和實際情況中，我們假設太陽磁場變大時(夠強的時候)，地球磁場會產生擾動互相對照。

(三) 找太陽磁場對地球磁場的延遲時間：

1. 數據討論方面：

<1> 找太陽磁場對地球磁場的延遲時間：(波峰對波峰、波谷對波谷)

(1) 結果：

地球水平方向以及用水平和鉛直方向所算出磁場總量的磁場感應到太陽磁場的變化大概需要 0~4 天的時間，而電離層幾乎是集中在三天。

(2) 討論：

a. 選擇磁場的水平分量、總量和電離層的原因：

當初我們決定以地球磁場的水平分量(MAGH)和地磁總量(SUM)來和太陽做作波形對照的原因，是因為我們從地磁水平分量的原始數據波形圖看出它自己本身有一個像太陽磁場一般的大週期，而地磁鉛直分量的原始數據波形的圖形只是一條上升的斜直線，沒有類似的大週期，但是為了能夠同時看到地磁水平分量和鉛直分量的影響，所以我們才又再做地磁總量的波形對照。

b. 取高峰的標準：

我們取高峰的標準是以每一年太陽磁場波形明顯的高峰為基準，找出出現峰值的日期之後，再對應到地磁有相似波形的高峰。一般來說，我們會將地磁擾動的時期省略，不去紀錄它的日期，而我們也會省略超過 10 天以上的延遲時間，並且將對不到日期的情況也紀錄下來。

c. 出現延遲時間的原因：

我們查出觀測太陽磁場的衛星距離地球大概是 1000 公里，而太陽風的速率大約為 440~510 公里，所以就理論上來說，太陽風應該在兩秒左右的時間就會傳到地球，

並對地球磁場產生影響。但是根據我們實際上做出來的結果，卻發現地球磁場大概在3天內才會對傳過來的太陽風發生反應。對於這樣的結果，我們認為當太陽風從地球上空1000公里處吹過來的時候，可能是磁場在電離層發生一些反應，使它有延遲的效應

我們推測它可能的原因是：

太陽風所攜帶的帶電粒子吹到電離層時，太陽風中的帶電粒子就會撞擊電離層中的氣體分子，使電離層中的氣體分子游離，而這些離子又會與其他離子相互作用後，再達到平衡。但當太陽風的磁場太強或離子提供的太快，使電離層中被游離的分子來不及回到平衡，離子便逐漸增加，當它到達某一飽和狀態後，電離層的磁場就會顯現出一個磁場的峰值。

就如破了一個洞的水桶裝水，我們不斷注入的水量，想像為太陽不斷提供的帶電離子，而下方因破洞而漏水，可想像為電離層中離子相互作用後又再度平衡。於是所謂的延遲效應，便是當我們一邊由上方注水，一邊從下方漏水時，水桶中的水依然會一點一點的累積直到裝滿後才漏出來，便可想像為電離層中的離子飽和之後多出來的離子便能夠表現出來，使地球磁場發生突然變強。

當我們加大上方所注入的水量，而控制漏水速度不變時，它所需的延遲時間便較短。就如傳到地球的太陽風的磁場很大時（帶電粒子很多），電離層中所產生離子的速率特別快，延遲的時間較短，約需0到1天。

而當我們減小上方注入水量，而控制漏水速度不變時，它所需的延遲時間也就較長了。就如傳到地球的太陽風磁場較小時（帶電粒子很少），電離層中所產生離子的速率較慢，延遲的時間較長，約需3到4天。

但有時一開始水桶中的水量就已經接近水桶所能負荷的最大水量時，即使上方注入水量很小，也不需要太多的時間便能達到最大負荷值，延遲時間便很短。所以有時候雖然太陽磁場很小，卻只經過極短的延遲時間，便可由地球磁場反應出來。

d. 選擇比對電離層的原因：

因為地球磁場是在地球表面觀測的，所以受到地心出來的磁場影響比太陽傳過來的磁場影響還大，而且因為觀測站靠近地表，所以很容易受到外界其他的干擾。而電離層的磁場因為離地表比較遠，受到地心傳出來的磁場影響比較小、比較不容易受到人為的干擾。

而且在大氣中游離的氣體離子對太陽風吹過來的質子和電子容易產生比較大的感應，所以電離層的磁場應該比地球磁場更容易受到太陽磁場變化的影響。但是因為電離層的磁場都是受到感應而產生，所以偵測到的磁場都不會很大，讓我們在以太陽磁場對照電離層資料時只能以波峰對到波峰，去找出延遲的時間。

3. 硫酸銅溶液倒轉的實驗結果討論：

(1) 實驗結果(A)：

※在實驗的過程中，我們發現當接上線圈的電源器提供的電流越大時，所觀測到硫酸銅液體的倒轉速度也越快。

(2) 實驗結果(B)：

※在實驗結果中，我們發現溫度的變化和硫酸銅液體的倒轉速度會產生一個簡單的波形變化。

(3) 實驗結果(C)：

※經過多次實驗後我們發現，當電源器所接上的電流越大時，硫酸銅液體倒轉速度越快。反之，電流越小，倒轉速度越慢。

(4)實驗結果(D)：

※由實驗數據知道，硫酸銅溶度越深需要越長的時間改變反轉方向，反之硫酸銅溶液越淺，所需的時間就越短。

(5)實驗結果(E)

※由趨勢線看出，當莫耳溶度越大時，硫酸銅液體的倒轉速度越快，反之，莫耳溶度越小時，硫酸銅液體的倒轉速度越慢。也就是說，電離層氣體解離的程度越高，對太陽磁場的變化也就越能顯示出來。

(6)實驗結果(F)：

※當硫酸銅溶液照紫外光後，在 5~20 分鐘內，倒轉的時間會越來越快，但是從 20~25 分鐘，倒轉的速度又逐漸變慢。

4. 硫酸銅溶液倒轉的實驗數據討論：

(1)改變磁場大小：

從結果我們可以發現在用不同電壓所提供的電流如 3A 6A 9A 12A 均可能出現 1.5S 的倒轉延遲時間，我們認為驅動倒轉主要的動力是靠電子在溶液中流動方向不同，當加給電子的磁場強度不同，倒轉時間的範圍，也會有一定的變化。

延遲時間和流體、電磁特性，原本就是複雜的非線性有關，不過我們在實驗裡，看到每個電流是有上限的；電壓（電流）越大，上限就越低，此表示：當電流很大，延遲的時間只會很短，但是電流很小，延遲時間除了很長，它也會有很短的延遲時間，此和我們在實際的地磁資料內，也見到相同的結果。

(2)改變紫外光燈對硫酸銅溶液的照射：

從實驗的結果對照到實驗情況上，我們認為當紫外光燈照射硫酸銅溶液只要 20 分鐘就能夠讓它有最大的能量，如果再把照射時間加長，可能會使更多的分子游離，進而讓在運動的離子受到阻礙所以速度反而變慢。

5. 氣體放電管的實驗結果：

當氣體放電管通過的電壓越大，所測得的電流也越大，當我們以不同的電壓通過氣體放電管時，再外加給它一個磁場，我們會發現氣體放電管的電壓越大，加入磁場後電流也上升越多。

6. 氣體放電管的實驗討論：

因為我們把裝氧的氣體放電管通入極高的電壓（2400v），氧氣氣體放電管的游離情形仍很微弱（電流通過維持不變），讓我們無法推測氣體游離的情形，所以我們改以通入氬氣的氣體放電管做實驗。

我們認為氣體放電管通過高壓後，裡面的氣體會因受電子撞擊而游離，並跳到更高的能階。因為從前面用太陽磁場的波峰對到電離層的波峰，我們可以看到延遲的時間幾乎都是三天，所以我們認為電離層電子感應到太陽磁場後，會先游離到整個地球直到地球電離層離子達到飽和狀態，如果此時太陽再加給地球一個磁場，電離層中的離子就會因為飽和而顯現出大的磁場波峰，對照到實驗上，從氣體放電管中我們可以觀察到氣體離子的飽和現象，尤其是當電壓很大的情況下，氣體放電管中的離子會因為不斷的被電子撞擊而來回跑動，造成測量的安培計指針左右晃動，而在我們外加了一個磁場後，氣體也會因為游離的量越多而產生更多的反應，這和我們

做出來結果可以互相對照。

三. 結論：

1. 太陽磁場的小週期大概是 13-14 天，而地球的小週期應該也是 13-14 天，所以我們認為地球磁場會隨太陽磁場週期變化，而有相似的週期變化
2. 我們認為太陽磁場的小週期主要是由於太陽黑子每 14 天週期性的消長。因為太陽黑子會在高緯度的地方出現，然後因為科氏力的關係逐漸偏向太陽赤道，最後在赤道消失，而新生的黑子群再度從高緯出現，開始另一個新的週期。
3. 我們發現電離層的磁場較地球表面所觀測到的磁場單純，因為地面上觀測到的磁場較容易受到地面上種種人為活動和地心所發出磁場的干擾，而電離層的磁場受到這些磁場的干擾較微弱，於是我們較容易從觀測電離層的磁場探討地磁是如何受太陽磁場的影響。
4. 當太陽磁場大時，電離層磁場會因為受到太陽風很多帶電粒子的撞擊，而產生很多的離子，所以能夠很快感應到而出現一個峰值。

當太陽磁場小時，電離層磁場的變化大約需經過 3 天左右的时间才會顯現出來。我們推測造成這樣延遲的成因可能與電離層的離子飽和程度有關。因為當太陽磁場小的時候，太陽風中帶電的粒子比較少，所以撞擊出電離層的離子比較少，傳遞到整個地球的速度比較慢，以至於可能需要約 3 天的時間才能使電離層的離子游離達到某一飽和的程度，使多出來的磁場在地球磁場顯現出一個峰值。但有時候電離層中的離子已經接近飽和，雖然太陽的磁場較小，也可在短時間內便使電離層的離子達到飽和而使地球磁場出現一峰值。

5. 我們從實際數據處理和硫酸銅實驗互相對照可以發現一個結論，就是在太陽磁場大的時候延遲時間就會越短，而在太陽磁場弱的時候，延遲的時間可能有長也可能有短。所以我們認為，這樣的結果其實代表如果我們觀測到的太陽磁場很強，那麼我們只需要注意短時間內地球磁場的變化；但是如果觀測到的太陽磁場很小，我們需要注意地球磁場變化的時間就會比較長。
6. 影響太陽磁場對電離層磁場延遲的原因有電離層溫度的高低、紫外光照射的時間、電離層中的離子濃度... 等等。當溫度在 18° C 時延遲會最快顯現出來，而紫外光的照射如果太強或太弱時，造成氣體離子游離過多或過少時，延遲的時間都會變長。
7. 當氣體游離的量較多時，大氣層中的離子會逐漸飽和，如果達到飽和狀態的時候，太陽又再加一個磁場給地球，此時電離層中的磁場就會突然上升，電離層中的離子越多，磁場產生的反應就越大。

四. 參考資料：

1. 崙坪觀測台的地磁資料
2. 網路資料：<http://www.astro.oma.be/SIDC/index.html>.
3. Foundations of Astronomy MICHAELA SEEDS
4. 牛頓現代科技大百科
5. 宇宙科學(I) — 太陽系

評語：

努力求出磁場週期及太陽磁場對地球磁場干擾之延遲時間，惟一些標準化過程，尚待深入探討和充實交待。此外統計方面的知識可再加強。

全國科展參加心得

從決定參加科展、經過全市比賽，一直到北上參賽，一路上顛簸，卻總算有了不錯的成果。但最重要的，是我在這之中學了很多。

一開始，在學姊的指導下，我還不太清楚自己負責的工作對整件作品有什麼作用，之後漸漸參與實驗與分析，才明白最初做的是基礎的數據分析，卻也是整件作品的論點所在。初稿的完成是風風雨雨、反反覆覆的，每次電腦當機、磁片中毒、資料失蹤、實驗重做，都得重新來過，但終究，我們做到了。

得到全市第一名固然欣喜，但也意味著有另一段艱辛的路要走。好幾個晚上，我們在學校逗留，學姊們更是夜宿校園，熬夜趕工。說明書的誕生讓一切都值得。

其實一件作品最困難的部分不是在資料的整理、數據的分析、實驗的操作、設備的配置或進度的掌握，而是在理論的推演。如何將實驗與實際對照，提出一個完整的論點，並不是一件容易的事。為什麼太陽磁場的擾動與地球磁場高峯值差約三天？因為太陽風傳遞速率的影響嗎？還是太陽黑子的週期？抑或是地球大氣中的電離層運動造成的？針對每一個可能的假設進行思考、揣摩與比對，再加上老師適時的指點迷津，我們終於建構出一個相當準確而具說服力的結論。

面對教授的狀況是很多的。縱使做過許多模擬、練習和不斷加深對作品的瞭解與熟悉，難免仍會被問得啞口無言。也許這件作品稍有瑕疵，未達到絕對的完整性，但大體上，它已經相當具備深度以及廣度了。也許時間許可的話，我們可以做得更完備吧？但至少，大家都已盡了自己最大的努力，而且在過程中有所收穫，那就夠了。

我想，我是這次科展中，最需要心懷感恩的人。學姊的全盤掌握，家長的全程支持，老師的全心指導，才是真正使這次科展成功的關鍵。在高中生涯裡，這將是一次我難以忘懷得學習經驗。（而那個場景，依稀仍在眼前----神奇的樓梯。）

參加科展是我這一生中做過最神奇的決定之一，它豐富了我的生活，讓我見識到更多不一樣的事物，雖然過程中少不了會碰到許多挫折，但是現在想起來，許多艱苦的事情，也都變的回味無窮了。

「科展，是一個我永遠都不想再經歷的惡夢。」當我踏出民族國小時，對自己說了這樣的話。可是，卻在大露營的夜晚，我，又做了相同的夢，而那一夜，是個好夢。

從高雄市到台北市，一路上想說，究竟是什麼力量，讓我們走了這麼一段漫長的路。路，好累、好苦，但卻不知道什麼時候又有力量站了起來，什麼時候又遇到荊棘。

那力量，是珍惜和感激。

感謝老師的教導，感謝伙伴們一路走來的堅持。