

藉光譜分析研究太陽

高中組地球科學科第一名

台灣省立嘉義高中

作者：陳金宏、劉耀維

許惇旭、吳柏羲

指導教師：林松璋

一、研究動機

本社對於太陽黑子的觀測記錄，今年已第四個年頭。且對黑子的研究，已有相當的成果（註）。唯對太陽光譜的探討，限於儀器問題，未能實行。待由我們自己動手克服後，開始了這項實驗計劃。

目前，世界上美、日兩國從事此太陽光譜的分析已具成果，但國內卻仍無一單位從事之。雖然我們的儀器簡陋，但希望藉著我們的努力，能激起國內對研究太陽的重視。敬請專家指教。

二、研究目的

- (一)改良分光儀，並藉以拍攝太陽光譜，以供研究。
- (二)證明太陽表面之上有游離氣體存在。
- (三)探討太陽所含之元素。
- (四)求太陽的表面溫度。
- (五)太陽之性質與生命期的探討。
- (六)黑子之溫度與其磁場強度的探討。

三、研究器材

- (一)天體望遠鏡：GOTO 折射式天文望遠鏡（ $D = 125 \text{ mm}$ ， $F = 1800 \text{ mm}$ ）。
- (二)太陽投影板：附屬天體望遠鏡，做為投影法之觀測記錄用。
- (三)分光器：為化學用，不可攝影，經我們改良後，可拍攝太陽光譜。

(四)黑子記錄用紙：白紙上，有一直徑 10 cm 之圓，上載有觀測時間、記錄者、視相等欄。

(五)相機、快門線：拍攝太陽光譜用。

四、研究過程

(一)太陽黑子之觀測記錄：

- 1.使用 MH-25 (72 倍) 目鏡，將太陽像投影在記錄紙上，使之與紙上的圓重合。
- 2.在圓上標出黑子精確位置及其在圓上實際大小，並利用方格紙讀出黑子面積以備考。
- 3.換用 MH-12.5 (144 倍) 之目鏡，描繪黑子的形狀，個數等細部構造。利用 $r = K(10g + f)$ ，求出相對數，記錄之。(r 為相對數， g 為群數， K 為比例常數，暫定為 1， f 為黑子個數)。
- 4.以直視法 (MH-12.5) 加上太陽稜鏡及太陽濾鏡觀測，確認所繪之黑子無誤。

(二)分光器之改良：

本分光器為化學用，目鏡焦距固定，故不可接相機做攝影。經我們改良後，已可拍攝光譜。改良方法如下：

取一塑膠管，內圈多圈紙張，使之恰能於分光器鏡筒上活動。裝上相機接環，內裝 AH-40 之目鏡，即可攝影。

(三)太陽光譜之拍攝與記錄：

- 1.使用 MH-12.5 之目鏡。將分光器置於目鏡前，使陽光經望遠鏡後進入分光器，並調整分光器狹縫大小，看清光譜暗線為止，且拍攝之。
- 2.如有黑子，放大倍率，使黑子之影像恰位於狹縫處，讓黑子部分的光進入分光器。
- 3.將攝影筒取下，換裝 MH-9 目鏡於分光器。採目視記錄紅色光區 $6500 \text{ \AA} \sim 7000 \text{ \AA}$ 之暗線波長。所得如表一。

編號	6500 Å ~ 7000 Å 目視之譜線波長
1	6560 Å
2	6860 Å
3	7130 Å
	用譜線過於密集尚有多條未能分辨

表 一

(四)太陽的化學元素組成：

- 1.採投影法，將光譜影像利用幻燈機投影至銀幕上，並以游標尺量取光譜暗線之波長。
- 2.將各元素之吸收譜線波長，與量得之各暗線波長比對。
- 3.所列各元素與譜線波長，為本社所拍攝之太陽光譜經比對後所得。此即為太陽所含之化學元素成分。但這並非代表太陽僅含這幾種元素。

(五)太陽可見光譜產生暗線的原因之探討：

暗線的背景為一連續光譜。此顯示，太陽內部必定是高壓且熾熱的，所輻射的光，經光球層而到達地球。暗線的產生，是熾熱光源輻射的光，經較冷的氣體，而特定波長的光，為氣體元素原子所吸收，因而產生光譜暗線。

不過，若由目視觀測可發覺，經色光區有一暗線在中午不可見或較不明顯，而傍晚時清晰可見，此為地球空氣所產生的吸收暗線，其波長 6867 Å，不在本實驗所採用軟片感光能力範圍內，故照片上不可見此現象。依此，除去地球空氣產生的吸收譜線，剩餘的譜線，即為太陽大氣產生的吸收暗線。

因此，暗線產生的原因，除了地球大氣，太陽表面之上，亦有一層較低溫之氣體存在，造成此暗線光譜。

(六)太陽之表面溫度：

- 1.太陽距地球是那麼遙遠，且溫度又那麼高，我們無法接近量其

- 溫度。但由其光譜輻射最強處，我們可求出太陽之表面溫度。
2. 由於儀器並非很精密，所觀測之其光譜輻射最強處，約為 $4800 \text{ \AA} \sim 5100 \text{ \AA}$ ，非為定值。
 3. 依 $\lambda_{\max} = 0.2897 / T$ (λ_{\max} 為波長，其單位：公分；T 為絕對溫度)，可求出太陽之表面溫度。

(七) 太陽之性質與生命期的探討：

1. 太陽光譜的分型：

由光譜照片顯示，一些金屬元素暗線很明顯。依圖的光譜分型表，太陽光譜屬於 G0 型。

2. 太陽之絕對星等「M」：

按式 $M = m + 5 + 5 \log P''$ ，太陽之星等 $m = -26.8$ ，視差 $P'' = 206265''$ ，可求出太陽之絕對星等。

3. 以光譜型為橫軸，絕對星等為縱軸，可在圖中標出太陽的位置。

(八) 太陽黑子之溫度與磁場強度：

1. 太陽黑子乃是太陽表面較低溫處，故其光譜之輻射最強處當位於紅色光區。依 $\lambda_{\max} = 0.2897 / T$ ，可得黑子溫度。

2. 黑子之磁場強度：

依據則曼效應 (Zeeman effect)，光譜暗線受磁力作用會產生分裂的現象，可由其光譜暗線分裂位移，求出黑子之磁場強度。

3. 本實驗從 75 年 4 月份籌劃，但分光器之改良耗時過久；又天文台受風災影響，待修復已十月底。在觀測期間 (75 年 11 月 ~ 76 年元月底)，太陽黑子活動已近最低潮。由以下數據可看出：

(1) 相對數：

11 月份平均黑子相對數 0.383，12 月份平均相對數 0.577，元月份平均黑子相對數 0.55。

(2) 黑子面積、型：

黑子面積皆為 $0.1 \sim 1 \text{ mm}^2$ (未修正)，且皆為 A 型與 B 型。所以，其影像太小無法蓋滿狹縫，光譜暗線並無分裂產生。

唯需待下屆學弟完成此一部分之探討。

五、討 論

- (一)分光器並非專門拍攝太陽光譜用，故拍攝過程相當艱辛。人爲的振動，造成 λ 光量不同，以致底片感光過度，而使某些暗線消失，影響元素的發現。
- (二)由實驗照片顯示，波長 $6500 \text{ \AA} \sim 7000 \text{ \AA}$ 之光區，並不可見。但目視卻可見尚有多條暗線，故採目視記錄。
- (三)因爲尚有部分光譜暗線未確定，故太陽元素只祇有四、(四)所列之元素。
- (四)某元素之光譜暗線不存在，並非代表某元素不存在於太陽。因爲其輻射波長或許存在於紅外線或紫外線區，非我們所能拍攝的。(底片感光之波長約爲 $3800 \text{ \AA} \sim 6500 \text{ \AA}$)。
- (五)儀器精密度不夠，影響光譜之輻射最強處的決取。但所求得之太陽表面溫度，與美國以精密攝譜儀求出之定值約 5800° K 相差無幾。
- (六)黑子之觀測至少有兩位社員及一位幹部從旁校正，故黑子的觀測，誤差可減至最小。

六、結 論

(一)研究成果結論：

1. 依據前人的光譜暗線產生理論，我們證實，太陽表面上，確實有較低溫之游離氣體存在。
2. 經比對所得的太陽化學組成元素至少有鈣、氮、氫、矽、鐵、氫、鎂、鈦、氧、碳……等，共 28 種。見表二。
3. 太陽之表面溫度約爲 $5680 \sim 6030^\circ \text{ K}$ (絕對溫度)。而太陽內部比此範圍之溫度更高。
4. 因爲太陽光譜屬於 G0 型，故太陽爲黃色星球，其絕對星等 4.8。可知太陽目前正位於主序帶 (main sequence)。
5. 由光譜型與該星絕對星等可知，主序帶左上端之恒星溫度高，

游離元素符號	可見光區代表波長 單位：10 ⁻⁸ cm	Si	3905	Cr	4351
Pr	4435 (甚不明顯)	Ca	3934	Zn	4810
H	4863, (4342)	Sc	4743	Sr	4607
Ga	4170 (甚不明顯)	Ti	5210	Ba	4131
C	4771	V	4460	Pb	4057
N	4151	Dy	4275 (甚不明顯)	G Band	4300
O	4368	Mn	4041	TiO	4808, (4918)
Na	5893	Fe	5270	Ne	4716
Mg	5183	Co	4867	He	4471, (5047)
Al	5557	Ni	5017		

(表 二)

質量大；右下端溫度較低且質量小。但太陽位於主序帶中央，故是一顆中等星球，處於壯年期。

(二)結語：

太陽與我們的生活習習相關，身為太陽系的一份子，對於太陽，實在有研究它的必要。

七、未來發展方向

(一)藉光譜分析，完成太陽黑子溫度與磁場強度的探討。

(二)借用國內大學實驗室之掃描儀，掃描光譜，計算各元素之相對含量。

(三)購置 H_{α} 濾鏡，研究太陽內部現象。

(四)由光譜分析，求太陽自轉速率與徑向速度。

八、參考資料

(一)天文學——厲保羅譯、復漢出版社，72年8月版。

(二)基本近代物理——王大庚、鄧力夫、曹培熙譯，徐氏基金會出版
71年2月24日八版。

(三)量子力學——張壽彭、林國經譯，徐氏基金會出版，59年6月
28日初版。

(四)Astronomy of the 20th Century —— Otto Strute、V.
Zebergs 著。

(五)The Atmospheres of the Sun and Stars —— Lawrence
H. Aller 著。

(六)Astrophysical Quantities —— C. W. Allen 著。

評語

本研究最大特點在於利用改良之分光儀且拍攝太陽光譜。在國內研究太陽光譜之單位甚少，以高中學生程度能實地拍攝太陽光譜尚屬可貴，經對比後，作者發現之元素至少有鈣、氮、氫、矽、鐵、氫、鎂、鈦、氧、碳等，如能對分光儀再加以改良則對更多之元素光譜能

加以分析，希望作者繼續努力。本研究作者共有四位富有團隊精神。