

太陽風發展近況報導

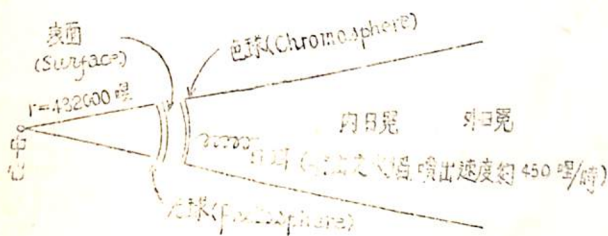
劉廣英

The Aspects of Solar Wind Development

中央研究院院士，美國天主教大學太空暨應用物理系主任，太空科學家張捷選博士，去歲返國，就發展我國科學向政府提供意見，並先以後「氣體核子火箭之可能性」及「太陽風」為題發表學術演講。張博士以幻燈及電影短片講解甚詳，筆者得親歷其盛，深覺受教不淺。以下謹就張博士所講，並加入部分資料書成專文。個人學識淺薄，且不及就教於博士，尚望高名之士不吝指正。

太陽風，顧名思義，是由太陽來的風。約在公元一九一三年前後，瑞典科學家柏茲廉（音釋），對北極光作系統觀測研究，發現此近似五彩的光芒，有強弱變化，而強弱變化又與太陽黑子（Sun spots）的數目直接相關；黑子多時，北極光強，反之則弱。其後於一九一八年，英國牛津大學教授齊普曼（Chapman）亦研究北極光，因而發現北極光的變化，導致地磁場的改變。此種連鎖現象說明一事實，即太陽定有某種能量（Energy）作用於太空，進而影響到地球的能場。所以，當時一般科學家均相信太陽有帶能量的氣體噴出，該氣體影響及地球磁場。派克（Parker）認為此噴出的氣體，就像是風，故名之曰「太陽風」。

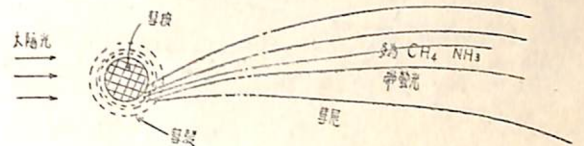
太陽何以會噴出氣體？能量由何而來？欲回答此問題，需先瞭解太陽本身的構造。大體來說，太陽是一團溫度極高的物質所構成的軟球（非固體，其密度僅及地球的四分之一），其構成如圖一所示。在構成物中，以氫氣含量最多。太陽表面溫度，由 Planck-Boltzmann 定理推測，可達絕對溫度六千度（6000°K）所以物質均以原子狀態存在，帶磁性，而且非常活躍；不停地進行融合（Fusion）及分裂（Fission），在此變化中，質能的關係，如愛因斯坦所示，是 $E = mc^2$ 式中 E 為能量（Energy



圖一 太陽構造

), m 為質量 (Mass), C 是光速 (3×10^8 每秒公尺)。即變化中質量不再是 $1+1=2$, 而是 $1+1 < 2$, 消失的部分質量變成了能量。此一巨大能量，以太陽為中心向四週擴散而鼓動成風。離太陽中心一天文單位處，太陽風風速約為 $3+10$ Cm/Sec, 風內每立方公分有四至五個質子 (Proton), 其所需能量約一千電子伏特。(太陽黑子, 天文學家認為是一種太陽上的風暴渦旋, Whirl Wind on teh Sun"區內的粒子 "Particle" 較他處更為活躍, 所以黑子多時顯示能量大, 即噴出氣體多, 形成較大的影響力。)

到了一九五〇年, 德國天文學家柏理爾 (音釋) 觀測彗星 (Comet) 時發現它們都帶有一條長尾巴 (參閱圖二), 其長度可達頭部的數百至數千倍。有人認為此乃因輻射光而起, 但柏氏認為是太陽風的作用, 即間接證明太陽風的存在。



圖二 彗星圖

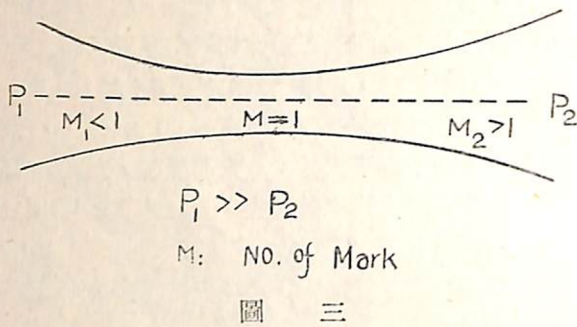
綜上所述, 共有三種現象, 使科學家們想到有太陽風的存在:

- 一、北極 (或南極) 光的強弱變化。
- 二、地磁場的變化。
- 三、彗星的長尾。

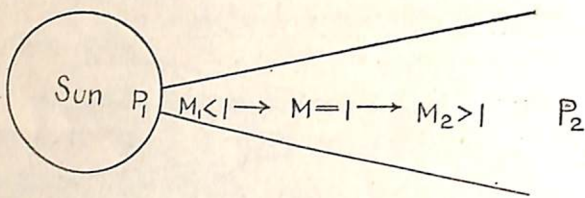
但此均為未經證實的推測。直至人造衛星發射成功後, 科學儀器可直接進入太空蒐集資料, 使人類對遙遠的太空有了進一步的認識。許多進到外太空去的儀器, 不但測知地球以外, 許多星球的資料 (如對金星、水星等大氣層的探測分析), 且測到了太陽風的存在, 證明先進科學家見解的正確性。由所得資料顯示, 太陽風的風速亦有快慢變化。

如前所述, 太陽表面溫度約為 6000°K, 其外圍的日冕 (Corona) 及日珥 (Prominence) 溫度更高, 可達 $1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^6$ °K, 派克解釋此係由於氣體向外膨脹所致 (如同火爐上的火焰, 其頂端溫度較高。) 至於外脹氣體形成的風, 據克勞德 (

Clausius) 由熱力學原則推知，是內部風速低，向外漸漸增高，即由太陽表面向外吹，風速由低於音速 ($M_1 < 1$)，漸漸增加至大於音速 ($M_2 > 1$)，則其間必有一截面積最小處，其風速與音速相等 ($M=1$)，(參閱圖三)。但太陽為一球體則氣體由其表面噴出，不可能經過截面積比出發點更小的地方，所以派克認為 $M=1$ ，對太陽風來說，必



在截面積繼續增大處，而不可能在最小處(參閱圖四)當時對此不符合動力原則情形，難以提出確切解釋。



圖四

張博士所領導的一個研究小組(均為我國留學生)為解決此疑難，從事深入而細心的研究，於一九六三年發現一般公認黏滯性(Viscosity), V ，與導熱性(Conductivity), K ；與絕對溫度(Absolute Temperature), T ；的關係，

$$V \propto T^{-2/7}$$

$$K \propto T^{-2/7}$$

是不正確的應修正為：

$$V \propto T^{-2/5}$$

$$K \propto T^{-2/5}$$

此為假定太陽風內無摩擦之結果，發表在一九六五年 Geophysical Rev. 4175 頁。

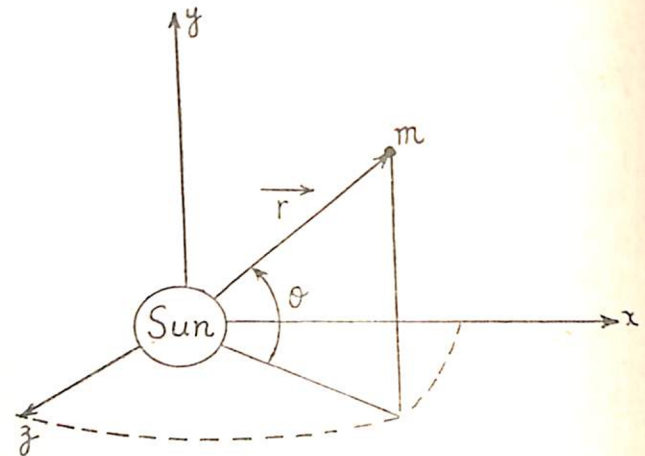
當然，太陽風內應有摩擦力存在，所以研究小組除將 V, K, T 的新關係引入外，將摩擦力影響亦考慮進去，依據以下三項物理基本原理：

- 一、物質不滅定理。
- 二、牛頓第二運動定律 ($F=ma$) 及動量不

滅定律。

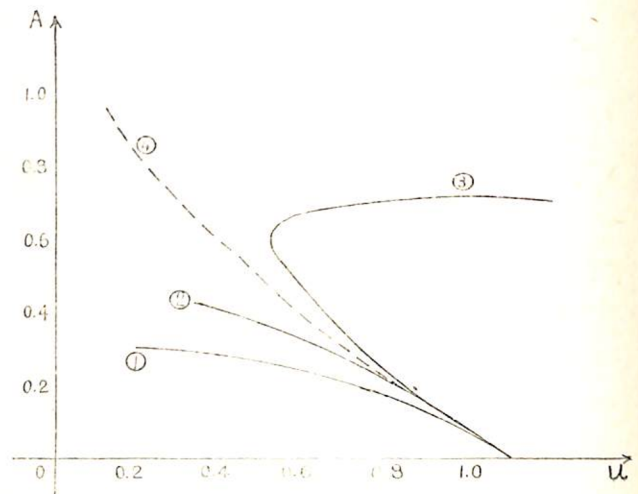
三、熱流動效應及能量不滅定律。

並設太陽向方向，噴出一小塊氣體，其與赤道面(Equatorial Plane)之夾角為 θ ，為使所討論之方程式簡化，設太陽風係向四面八方均勻灑散，即將 θ 角的因素省去。(參閱圖五)。結果可導出太陽風風速與離太陽中心距離之微分方程式(略)。該方程式導出後利用高速計算機，代入各相關值求解，其結果與人造衛星所得直接資料極為符合。



圖五

充份證明新理論的正確性。(參閱圖六)，圖中點線為人造衛星實際測得者，實線為由上述方程式計算出者。(任何理論均需與實驗結果相符，所以，空解方程式時以不同之相關值代入，如所用方程式正確，則必可得出一組正確答案。圖中曲線①、②及③表所代入之值不對，曲線④是正確答案。)



圖六

(下接第7頁)