

## 北 極 光\*

A. S. Eve著 薛鐵虎譯

### 高 空 現 象

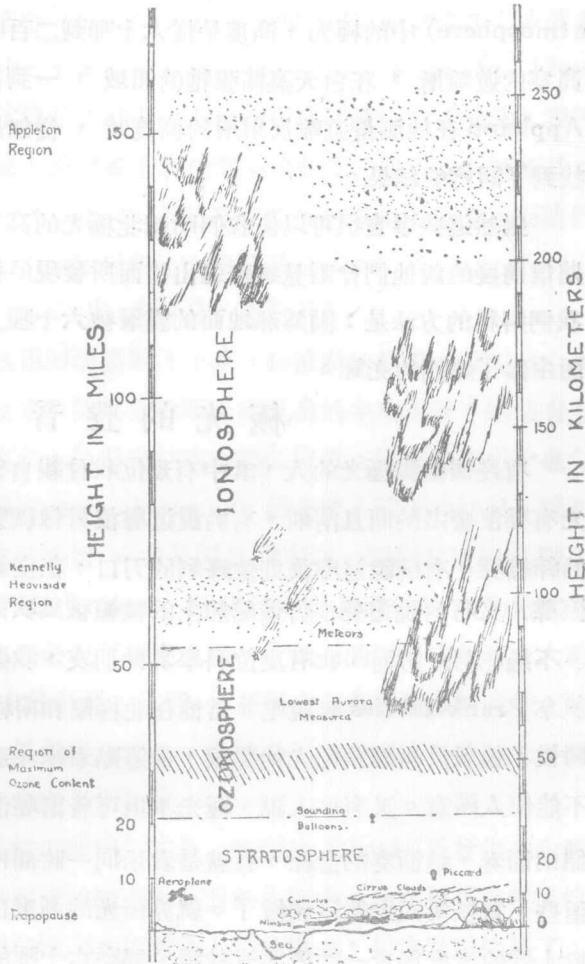
居住在都市裏的人羣很少是注意到大自然的夜景；因為他們已被街燈和商標的五光十色所炫耀。那居住在鄉村的，却可欣賞這無上美的夜景。London 雖說較 Montreal 或 Quebec 近於北極，然而住在 Canada 的人，倒可以常常看見那光輝的北極光，這就是因為 London 距離地球磁軸遠，而 Montreal 或 Quebec 距離地球磁軸近的緣故。地球磁軸是與地球面相交於北磁極的，而這北磁極，是在 Canada 的 Boothia 島上。據 Stormer 說；北半球能常見北極光的地方成寬廣的圓帶形，牠的中心在 Greenland 的西北部，近於 Smith's 海峽。極光的形狀，主要的有三種，即拱狀，幃幔狀，和長的流線狀，牠的色澤通常多呈嫩綠和嫩黃，但有時也滲雜點紅色及紫色。

在極光初現的時候，牠是一個恬淡而皎潔的圓拱，頂端稍稍偏在正北的西面幾度，不轉瞬間，牠的光芒四射，好似探海燈一樣的明亮，這光芒在繼續的演變，並且不停流的顫動閃灼，這種虛幻的變化 Eskimo 人，却以為是他們祖先的靈魂。有時北極光矗立如幃幔，幃幔的褶却常在改變形狀，這確是一種富有迷惑性而輝煌耀目的奇觀，文字的描繪實難代表其真像之萬一，這幃幔多發現在我們所居住的北方，自東向西展了開來，但有時也在我們的頭頂上發現，就連那遠在我們南方的 New York 洲吧，有時也可看見這光彩的幃幔。

極光的高度，Stormer 曾在 Norway 精密的測量過，他測量的方法，是利用一組觀測的人員，使他們分居在各固定的地點，彼此間籍電話來聯略，在同一時間內攝取極光的照像，這照像是以大

\* 原文名 Northern Lights, 載 Nature Vol. 137 No 3472 May 16, 1936

熊星作背景的，因為視差的緣故，結果北極光在每張照片上距離大熊星的遠近，看上去是各各不同了。極光的高度，據一般的推測離地面是六十哩，有時那流線極光的頂部可高出地表二百五十哩，並且我相信那極光的底部最低也得高出地面四十哩。極頂的高度，最高的紀錄是一千公里（六百哩以上）。Canada的John McInnan 爵士也會測得同樣的高度，並且他的結論與Stormer 早年在Norway所測定的極吻合。



山嶽，雲層，飛機，畢卡特乘人氣球，測風氣球，探測氣球，臭氣層，隕石，北極光，及游離層的比較高度。

這是一件很驚奇的事，Stormer 證明那高度很高的極光（自踵至頂高出地面三百五十哩到六百三十哩）是在受陽光部分的高空裏 (Sunlit portion of the atmosphere) 出現的，他的距離是遠高出吾

人所居常的黑暗的領空 (Dark region)，那出現於黑暗大氣 (Dark atmosphere) 中的極光，高度是從六十哩到二百哩，因此我們知道這高空的遊離層，在白天裏擴張牠的領域，一到夜晚就縮小了下來，Appleton 在他測量遊離反射層的高度時，從無線電波的反應上，也找到了同樣的結果。

雖然這些事實很可以使我們明瞭北極光的高度，但是還有許多人將信將疑的說他們曾看見過那遠山後面所發現的極光是接近地面的，我們解釋的方法是：因為那地面的霾層被六十哩上空的極光所照耀，而生出了燦爛的光輝。

### 極光的聲音

有幾個觀測極光的人，其中有幾位我曾親自會面過說，曾聽到極光有聲浪發出的而且清淅，有的說這聲浪好像綢製的酒帘迎風飄蕩時的綵繚聲，有的說這聲浪好像鋒利的刀口，在空氣中急流旋進時的擦擦聲，又有的說這聲浪好像船舶上的轆轤被風吹動時所發出的叫嘯聲。不過在另一方面，我有幾位科學界的朋友，我們並不以這話為然，就拿 Frank Davies 來說吧，當他在北極圈和南極圈內作長途旅行的時候，他就沒有聽到極光的聲浪，由這點看來，那反面的證明，實在不能使人滿意。又有些人說，極光不但可發出聲浪，並且還有抑揚鈍錯的節奏，這節奏的急徐，也就是表示同一時間內極光亮度的強弱，這些，實在使人太難以相信了。就算極光的高度在六十哩開外的上空吧！音的速度每走一哩需要五秒鐘，那麼六十哩的距離就得要走五分鐘才能到達地面，這比之離開我們只有數哩開外所發生的雷電那樣的音光不符更不可能了。此外像極光所能存在的那樣高空，那樣空氣稀薄的高空，是絕不會有什麼聲浪的長短伸縮能隨意傳入我們的耳鼓。

那麼這般人聽見的究竟是些什麼呢？有人猜想，他們所聽到的可以是頭部血液的起伏聲，可以是呼出的氣體凝結成冰滴的叮噠聲吧！這些猜想都是不足輕重的俚俗之談，我們可以不必去想他。就打算他

們是真的聽見了什麼？讓我們說是聽到禮拜堂的鐘聲好了，我膽敢這樣的擬想，在那嚴寒而又乾燥的天氣裏，我們可以看到雪花上或灌木叢中有放電現象發生，好像站立在高山的絕頂上，遠眺那 St. Elmo 的火原一樣；有時當地面與空中的電位，發生了絕大的差異時，我們也可看到船舶的轆轤上或檣桅上有放電現象發生。所以我的結論是：雖不一定說對，人究竟不能「聽」到幾乎不能發音響的北極光，而他們所聽得的是一種離開不遠的局部地物放電就是了。

### 分 光 鏡 的 證 明

極光的光譜，已用照像攝取了下來，經檢驗的結果，證明其中所含的成分大部份是氮氣，氮氣是地面上空氣裏的主要成分（約佔有五分之四），同時在高空，他還是佔有重要的位置，極光的光譜中也含有那著名的綠色光帶經 John McLennan 爵士潛心研究的結果，證明了這現象是因為氧氣的激增，或是因為氧氣在一種極為活躍的階段裏。爵士和他的助理在 Toronto 的試驗室裏用適當的氧和氮配合（氮或氫也存在），他們發現了綠色光帶。近地面的這層空氣裏，大約有百分之一的氫。其餘的稀少氣體，在這高空也有極微的成分，如氣，氣，氣，氣等。氫氣是極輕的，他的分子速度又來得特別大，所以能勝過地心引力，衝出了空氣層。

這些稀少氣體最值得注意的是氦，聰明的 Claude 氏曾告訴我們氦是如何收斂，如何可把他低壓的裝置在玻管中，如何用高電壓使他離化，因此在每一個都市裏，已有了人造的極光，用來做點綴品了，他們用五光十色的信號和生動的廣告來裝飾着門面，這是值得我們讚美和引起興趣的，他本質的美和技藝的巧，是迷惑了顧客們。稀少氣體的存在，是極有助於極光的色彩的，據 McLennan 說，在高空中的極光，其中所含有的氮較氧為多，在另一方面，Kaplan 曾在他的試驗裏證明了多量的氮，可以激蕩着氧而發射出綠色光帶，不過此外據 Vegard 研究的結果說，極光的光譜中只含有氮和氧，氫和氦的痕

跡一點也沒有。

## 極 光 和 磁 性

在日今，大家對於磁場的觀念都認識得很清楚了，許多人連電子的行爲和特性也有了相當的認識，假如你把電子垂直的投射到均一的磁場上去，你可看到那些電子就會畫上許多準圓的圓圈，磁場的強度愈強，電子的行動愈緩，圈亦畫得愈小，反轉來說，那現象自然也是真實的，他們的數學的，電學的，力學的理论，都十分簡單而可靠。假如電子射入磁場，不與磁場正交而是斜交的話，的那麼電子的進路就是螺旋形的了。

假設電子是從太陽上面射到地球上來，他們將穿過空間被地球的磁場所吸引，直等到他們過到南磁極或北磁極左近的高層空氣時，他們是職呈螺旋狀的圍繞着磁力線。這些電子衝擊空氣中的分子，使分子離化，那就是說在空氣分子中敲出了電子，因此這些分子就帶正電了(即正離子)。這些帶正電的離子是可以與電子重行組合的，輻射現象隨此重合而生成，這事實，已在試驗室中得到了充分的證明。螺旋前進的電子向一個方向漸攏聚在北磁極的左近，因離化而增強，產生了北極光，同樣的情形，那趨向於南磁極而圍繞着磁力線旋進的電子，致成了南極光，南極光和北極光是否會同時出現，這却不易下斷語；不過有幾個理論的根據，可證明他是會同時發生的；並且一八七二年二月四日的極光，確是在南極圈內和北極圈內都可以見到的。

有幾位此學之權威者，他們這樣說，那電子既然是從太陽裏射了出來，經過這老長的距離，彼此是應該相斥而遠離的，極光現象實不應有，但 S. Chapman 教授說，那從太陽射來的質點，有帶正電的，有帶負電的，有中和而不帶電的，他放射的方式很多，有電子，正子，質子，中子，雙子， $\alpha$ 質點，宇宙線及光子等，這些射入物質的特性，我們確是不大明瞭，如果用武斷的方法來解釋他，那就未免太愚蠢了，不過有一種顯然的事實我們是知道的，就是只有那帶電的

質點，有向地球南北兩磁極前進的趨勢。

那麼這些射入物質爲什麼是從太陽裏來的呢？答案是這樣的，就是因爲那極光，太陽黑子，和磁狂，經過了長期的觀測和紀載，知道他們的強度的增減和數目的多寡，大家是有着同一的週期，這！就是那著名的十一年的週期了，近幾年來，我們又知道，經過大西洋的無線電信號，他的有效頻率 (Effective frequency) 也是隨着這週期轉變。目今，我們對於太陽的認識，可分兩方面來說，一方面的人是說太陽的本身好像一粒有十一年週期的變星，另一方面說，太陽是永恆不變的：在地球上，自地質時期以迄今日，他的主要的溫度並沒有超出沸點的水溫，也沒有低於冰點的水溫，並且他以後的變動，也不會超出這沸點與冰點之間的範圍。太陽可以變他一部分的物質，（每秒三百或四百萬噸）成輻射能，但是這樣的演變，對他自身並不覺有什麼了不得的損失。地球上這種溫度的平衡，確是不常經見的偉績，這種事情，要不是事實已放在面前，人總不會信是真的；好像天下要真沒有長頸鹿，有人道說這種怪物時，人家不能相信一般。在我幼年的時候，George Stokes 爵士曾說過『這現象是天生地設的』，現在有許多說『這完全是機會』，我們得盡量的去看清我們所要看的東西。偉大的 Stokes 的話，仍然是有一部份的理由，可是我們別把他看得太重，如果人們不是騎牆派的話，總該想想方法解決這難題才對。

## 極光與天氣

當北極光出現後，很多人相信天氣是漸漸變壞的，這就好像有許多相信月亮與天氣有關，是一樣的道理，因爲月亮既與大潮有關怎能說和天氣無關呢？其實在縮尺大的地圖上，同一時間內各個不同的地方，是可以看到各種不同的天氣的（不論是好的，壞的，不好不壞的應有盡有）可是月亮的盈虧在同一時間內，照耀於各個不同的地方並沒有什麼兩樣啊！這段敘述用來解釋極光是很適合的，因爲能看見

極光的區域倒也很廣，各地的天氣儘可各不相同，再者，那極光是高懸在五十至六十哩的上空，而影響天氣的領空最高不及十哩，最高的卷云很少能超出六哩的。有一點我們應該注意：北極光在曇天是瞧不見的，只有在天晴時才可看到，因此在北極光發現後，跟着就是兩天或曇天，確是很可能的，不過我們說北極光發現後天氣一定轉壞，那可以說是靠不住的。

## 高空探測

目下，可以用十種不同的方法來探測高層空氣的性質

探測氣球裝了輕氣，可以攜帶小而靈的輕便儀器上昇，氣球昇空後到達了相當高度，輕氣囊自行爆裂，儀器復行落到地面上來，假若這種氣球被拾獲時，我們可以看到他所紀載的有高度，溫度和濕度三種紀錄，如果我們在施放這種氣球的時候，用經緯儀來窺測他的行蹤又可測定各高層氣流的風向和風速，這種氣球上昇最高的高度是二十三又二分之一哩，是在 Padua 施放的，可惜沒有全部的紀錄，只有最高點，Regener 地方所施放的氣球，有一次會上達十七又二分之一哩，他的紀錄是完整的。

英勇的 Piccard 做了一隻乘人氣球，氣球的外部很堅固不會爆炸，他自己就乘坐在這氣球上面，這次的上昇，是很順利的，不過下落的地點和空間完全是要拚幸運了，他曾經到達十哩的上空，得到了不少關於宇宙線的有價值的結果，就在那樣的高度，宇宙線的強度要比地面上大一百五十倍呢！蘇俄的乘人氣球測量隊，當飛達十二哩的高度時，發生了不幸，乘人氣球最高的紀錄是在去年完成的，高度為十三又二分之一哩，是美國的 Anderson 和 Stevens 造成的。

Tuve, 華盛頓 Carnegie 研究所地磁學部的會員，他和他的助手，在最近又想出了一種新奇的方法來探測高空，他的探測法，是用一盞探海燈直接將光線射到十七至四十哩的上空去探測的，燈光的強度可以自行調節，那就是說光源可任意變動。在高處所分散的光線，是籍

了一個大號的凹鏡 (Coudé mirror) 把他從行收集攏來，並且這光線是被聚集在光電管的一個焦點上，而這光電管是連接到放大器上的，用這種方法所探測的結果，知道所聚集的光浪，他的振幅的大小與光源的強弱是若合符節的，並且從這種儀器上，我們可以知道，高空的分子性能，（在探測氣球所不能到達的領空。和極光地帶及臭氧層之間），這些，確是我們通常所不能領略到的知識。

臭氧， $O_3$ ，是由於氧， $O_2$ ，經過了適當的輻射或放電現象而產生的。從太陽裏射出的紫外線大部是被臭氧層吸收或停滯於臭氧層中，（臭氧層約高出地面二十至四十哩）臭氧的存在是從太陽光譜的吸收光帶中發現的，當太陽直射的時候，他是垂直穿過臭氧層的，當太陽落山時，那他所穿過的臭氧層是加厚了，從吸收光帶的強度而得知臭氧層的高度大約是在二十五哩的上空，這高度比那北極光要來得低。

因 Krakatoa 火山爆發而發生的氣壓擾動，曾圍繞地球四週，爆發的聲音可以在三千哩外聽到。大砲的響聲，和巨大的爆炸聲向上傳遞可進入冷而稀薄的空氣層，經反射後，又可從別的地方聽到，不過在這二者之中間的一段距離却不能聽到，好像那短波無線電一樣。Newton 站在 Cambridge，三清 Trinity 學院的門口，聽見德荷聯邦和英國戰鬥的海上砲聲交響，他預言了英國的勝利，因為他聽見戰勝者追逼着德荷軍時砲聲漸變遙遠底微的聲響。這種聲響的來源必定是由於反射作用，即在冷空氣的上層，有一較暖的空氣層存在，而從這較暖的空氣層反射而來的。照一般看來離地面愈遠的上空，溫度是愈應低降的（降至華氏零下數十度）但在三十哩的上空，他的溫度反激增到華氏八十度，這熱能，完全是由於太陽射出的紫外線遇到了高空的氧，使他變成了臭氧而來的。

## 無 線 電 波

直接利用無線電波，是探測高空現象的一種重要方法；因為用一



定週率的無線電波，發射到高層空氣裏去，他是會反射到地面上來的，在往日，人們想說明電磁波與光線同是直進的，所以他們覺得在愛爾蘭所發出的無線電，能被紐芬蘭收到，在解釋上的確有點棘手。今日的無線電無論是說話，音樂或模斯電報，都可以週遊世界了，因此一個人自己所說的話，在極短的時間內，自己就可重行聽到，這完全是因為電波能圍駛地球的緣故，在這無線電波週遊的旅程中，各地的地方時儘可各不相同，有的地方已經是算作昨天了，有的地方還是我們這兒的明天呢！但是實際上，他離開發動的時間僅僅只有七分之一秒。Kennelly 及 Heaviside 個別的得到了同一的結論，即那遠程的無線電信的成功，是因為距離地球很高的上空，有一層電化或游離層的緣故，這種游離層的存在，是被 Appleton 證實了，並且他還指明在另一層高度較高的上空，也可以把無線電波反射到地面上來呢！

在下層的游離層是E層，高度約遠離地面一百公里，這層也叫做 Kennelly-Heaviside 層。上層是F層，高度比E層要高兩三倍，這層就叫 Appleton 層，如果我們用一定週率的無線電波發出一簡短的信號，那是都可以從E層及F層反射回來的，並且這兩種反射回來的信號，都可以藉陰極射綫示波器把他收集在一種配合適當的照片上。同時還可以量出這發射信號和反射信號，兩者間所需要的時間，電波的速度每秒鐘可行十八萬六千哩，從這點我們來推斷反射層的高度確是很容易。例如他的間隔是千分之一秒吧，那麼反射層的高度大約是九十三哩了，Henderson及其他的學者，當 Canada 發現全日蝕時，曾做了這樣的實試，證明那 E 層是由於太陽的紫外綫使空氣游離而成的，但現在尚不能指定F層所以存在的原因。

現在可以明瞭：我們需要有正常的方法來測定因成下列四個現象的那些不同種類的輻射；(1) 臭氧層 (2) Kennelly層 (3) Appleton 層 (4) 偶然遇見的地方性的極光；這些現象都可看做太陽活動的影響

的。不過這兒還有一個難題，是論到宇宙線及離子的突增現象的，有時在一個單純的爆炸中可以有一萬萬個離子產生！這究竟是什麼道理？

在上層空氣裏氣壓很低，分子彼此間間隔很遠，如果一個負電子是藉了輻射的能力從分子裏分出來的，那麼在他沒有找到正離子配偶以前，他只好有一個很長的時間的漂泊，或者他是會棲止在一粒中性的分子上，從這點我們知道這二者就合成一陰離子了。電子是很小很輕的，（同他所載的電荷兩相比較）當電磁波穿過他們的時候，他們是很有節拍的波動着。最奇怪的是這一羣的波動，結果是走得很快因此當電磁波斜入這層離層以後，那上層的速度是會轉動得比下層快，直等到這波面（Wave front）的轉動下達地面為止，可是，你可以在通常所用的鏡子裏發現這類同樣的事，這就是因為在鏡子的背面有那活躍的水銀附着的電子在擅動着，可以給你的臉蛋兒，印出了一個很忠實的照像。

無線電信號在地球與反射層間來往不絕，證明了地球確實是個良好的無線電的反射物。自地面上達F層，來回反射八次，他的總行程，已超過二千哩了。

## 太 陽 黑 子

在從前，人們都以爲天體是永恆不變的，所以當 Galileo 時代發現了太陽黑子，就震驚了中世紀的思想界。太陽的表面騷動得很厲害，他的溫度有 $6000^{\circ}\text{C}$ 。在平時，我們只要戴上副黑色眼鏡就可看到大的黑子了。黑子的直徑有時比地球的直徑還長，他的粒數的多寡和極光發現的頻數，同有着十一年的週期。在這週期的初階裏，太陽面上可以一粒黑子也沒有，既而在太陽赤道的兩旁中緯度的地方，發現了少許，數目是逐漸增加，黑子漸移近於太陽赤道，直等到這一羣的黑子，移到了最低可以達到的緯度時，那就又完全消失了。

這一種既冷且暗的旋風，纔使 Hale 因應用了 Zeeman 的效應所發現的磁性顯着，這些黑旋渦或許可與地面上的『低氣壓』或『風暴』比擬，太陽黑子，極光，磁狂的週期，及無線電現象的演變，也就是火星的白色極冠的週期，就連那美洲西部的古樹，他的年輪的變動，也有着同一的情形。

## 隕 石

有許多人對於流星或隕石是很熟悉的，因為他們的一生就看到很多次了，但是誰又知道在每一天裏，却有二千萬的隕石用每秒一百三十哩的速度投入我們生活着的空氣層呢！有時，這些隕石小得只有釘頭那樣大，但有時也大得可觀，鑽進空氣層到達地面，那著名的 Arizona 火山口，寬有一千四百碼，深有五百呎，大致是一巨隕石所開，真是駭人聽聞，一九零八年，有一大隕石落在 Siberia，牠的大熱量焦毀了見方一百多哩以內的生靈和村舍，估計他的重量有一百三十噸。常見的隕石，他的光輝在遠離地面四十至六哩的上空，就可見了。這地方怕就是那高空中的高溫地帶，從前面所說的音波反射理論上，我們已經知道了。隕石有時是鐵質的，有時却是石塊，這兒可又來了一個難頭，就是當這隕石衝進了冷空氣時何以會發紅或白熱？並且這隕石與空中的分子衝擊時，怎樣會獲得較多的熱能？但是無論如何，我們知道隕石的光輝，是發現在 100—30 哩的高空的稀薄空氣中。我們要想在實驗室裏得到點關於這一類問題的研究，確是很難，因為人造的射出物的速度，只有每秒幾千呎，這與隕石每秒幾哩的速度相比，所差過遠了。

## 貝母雲和夜光雲

在甚高之空中，偶有珍珠色的高雲發現，他的美麗和他的高度同樣的都使人驚異，通常這些雲多發現在氣壓很低的場合裏，據說他們的形成是因為水氣過分的冷卻（見 S. Chapman, Nature 129.497, April 2, 1932）Stormer 和他的助手曾測量過許多次貝母雲的高度。他測定這些雲都在平流層中，高度約離地面十五哩。

最奇特的雲是在午夜或晨曦時所見的，經測量的結果高度有五十哩，這高度是在 Norway 測得的（Carl stormer Astrophysica Norvegica, I, 3, Feb 1935）所用的人員，就是測定那極光的人員地點也是那幾處。這種雲並不現珍珠光，他向西移動，每小時有一百哩的速度！

綜合起來說：北極光的研究，是同其他高空中別的物理現象有密切關係的，所以要使北極光的研究有進步，務須同這些有關的現象的研究連合在同一戰線上並進——同許多其他的科學一般。