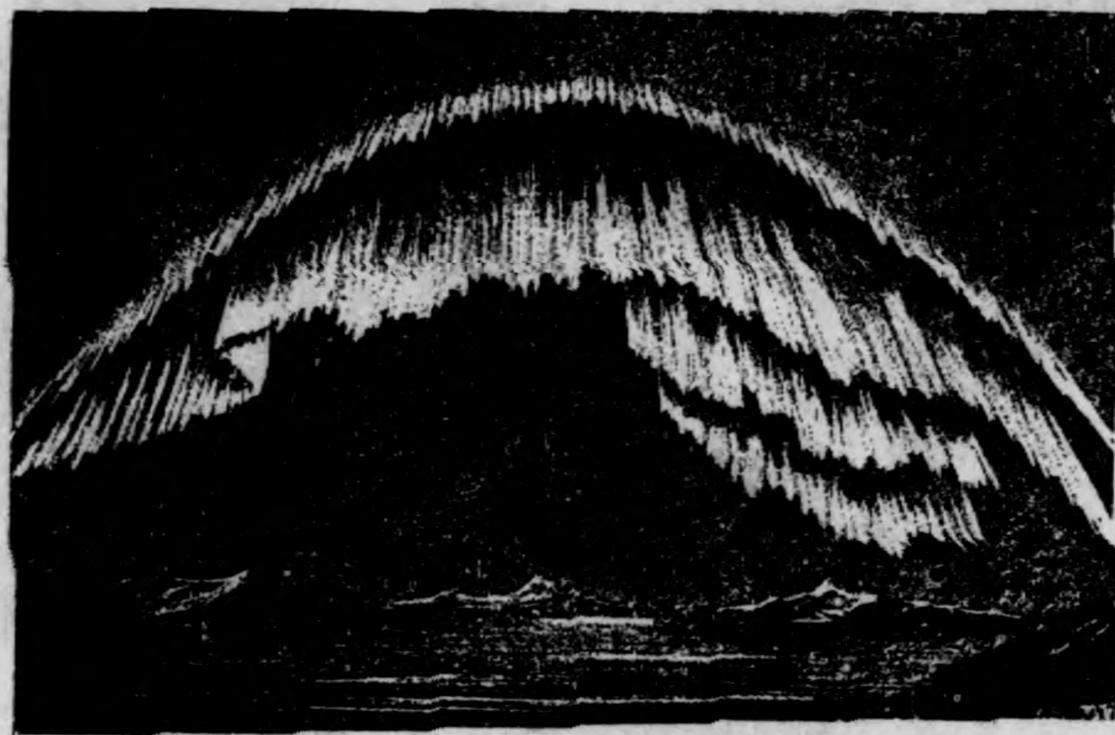


自然科學小叢書
大氣中之光電現象

國富信一著
沈懋德譯

王雲五 周昌壽 主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

大氣中之光電現象

國富信一 著
沈懋德 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

目次

第一章	光的現象	一
第一節	天空之色	一
第二節	虹及蜃氣樓	三
第三節	暈 光環 神光	九
第二章	電的現象	一九
第一節	空中電	一九
第二節	空中電場之電勢梯度強度及其變化	二一

目次

687769

第三節	雨雪之帶電.....	一三三
第四節	電光.....	二二七
第五節	極光.....	三三七
第二章	氣候.....	五三三
第四章	氣象調查機關及其設備.....	五九九
第五章	太陽活動與氣象之關係.....	六二二

大氣中之光電現象

第一章 光的現象

第一節 天空之色

吾人於高山頂上，或於雨後雲霧消散時，仰見天空，青碧可愛；然在久晴之後，天空恆無雲而白，日光帶赤，甚至日月之光亦爲之減小者，此種現象之成因如何，在物理學及氣象學上，皆爲極有趣味之問題，故特述其梗概如次。

大氣中無論何時何地，恆有無數大小不等之微塵存在，此種微小之塵埃，及大氣自身之分子，對於光波皆有反射作用；其情況恰與水上浮體對於水波上作用相同；顆粒之小者，只能反射微小



波長之波，顆粒漸大，則其所能反射之波亦漸增長。在今日之物理學已確知普通陽光或日光，係紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫，等波長不同之各種有色光波合成；其中紅光之波最長，紫光之波最短。今大氣中所有之固形微塵及大氣分子，大小既不相等，反射之光波，自有長短之殊。據各測定結果，空中微塵之直徑，平均約 0.00185 毫米，而光波之平均波約長 0.0005 毫米；假定微塵為球形顆粒，其重量與面積之比，為半徑之立方與平方之比。故微塵在大氣中所受之抵抗作用，顆粒愈小當愈大，其小者僅受空氣中小渦動之支持，便可長久浮游空中；而大者則非在旺盛之上昇氣流中，或最下層之空中，不能存在；縱以某種原因，一時飛入空中，然一旦受雨水洗滌，受重氣牽引，便落到地上。久晴之後，空氣之上昇作用較強，空中之微塵顆粒因以較大；反之，在高山頂上及雨後，空中之微塵顆粒較小；此空中多塵埃時，直射陽光，所以缺乏藍紫部分，而帶紅色，由空中微粒亂反射以入吾人眼中之光線，所以缺紅橙部分而帶青碧色。

此種現象之類似者，如在黑幕前，噴出香烟，以日光照之，見其微帶藍色；又於白光前方，振起重塵，則見透射之光帶紅色，或銅色；又微塵所反射之光，在投射光之直角方向上最強，故望見遠山，其

山色與經微塵反射後之光混合，恆帶微紫色等，皆是也。

由微塵及大氣分子反射後之光係偏極光 (polarized light)，其偏光度及偏光面 (plane of polarization)，隨空中所有之微塵量而異，故有從事此種研究，以求其與天氣間之關係者。

第二節 虹及蜃氣樓

虹 在太陽之高度不大時，吾人背日而立，噴霧空中，可見七色光環，與通常雨霽所見之虹 (rainbow) 相似。此種光現象之成因解說，頗非易事。據笛卡爾 (Descartes)，牛頓 (Newton)，楊格 (Young) 及亞立 (Airy) 諸家之證論，可分為二派：第一派以笛卡爾之說為代表；略謂日光投射水滴上，因各成分色光之折射率 (index of refraction) 不同，經水滴內折射及反射之結果，各色光出水滴後之方向，與投射方向間之偏向 (deviation) 各不相同；而同一色光之偏向，不以其投射方向而異，在最小偏向 (minimum deviation) 之方向上，其出射光最強，故各色光之最小偏向各異，從異方向射來之各色光，可在同一點處之眼內，同時認識，列為色帶，通稱作光譜 (spectrum)。

即虹也。第二派以亞立之說爲代表；即改良前說，而加以干涉 (interference) 理論。

如是所生之虹，通常在地上視之，只見半圓，自高出頂上視之，可見環之大半，或全光環；蓋經折射及反射而投入吾人眼中之光，係具有最小偏向之部分，其方向對於眼日間之連結線，各夾有一定角度；凡具有此角度之光，吾人皆能同時認識；換言之，凡夾成此定角之一切光線，無論其所自來之點如何，投入人眼，皆生同樣之感光，故吾人所見虹之中，各色之連續弧線，即具有此定角之一切同色光線之軌跡，而其圓弧中心，即在此眼日連結線之延長線上。既有此種角度上之限制，而吾人又立在平地上，故光環之中心離地不高，除光環在地平線以上之部分，可以目覩而外，其下部爲地平面所掩蔽，不能得見；如登山顛，則觀測者之立足點既高，弧環之中心當亦上昇，所見光環，即可超出半圓以上。

因光在水滴中反射之次數，可從一次至無窮次；反射次數不同，出射後之方向亦不同；縱係同一色光，其出水滴後射入人眼之方向，與眼日方向間之夾角，亦隨反射次數而異。例如經一次反射而出水滴之紅光，與眼日方向間之夾角爲四二度二秒，經二次反射者爲五〇度五九秒；又一次反

射之紫光爲四〇度一七秒，二次者爲五四度零九秒。其反射次數相同，最小偏向不等之一羣色，可以發生一虹；反射次數既可從一次以至無窮次，則所生之虹亦可從一條以至無窮條；惟折射反射之次數愈多，光之強度愈弱。故只經一次反射二次折射者，其光最強，以上漸弱；此最強者即吾人通常所見之虹，其光譜順序，紅色在弧之最外側，紫色在最內側，紅紫間之各色，依次排列於其間。經二次反射二次折射者，光之強度次之，在虹之外側出現，其色彩排列順序，適與虹相反，稱曰霓，第一圖爲一例，在左爲虹，在右爲霓，光度強弱，相差頗遠，可圖中比較之。此外尚有經二次折射及三次四次……反射

第一章 光的現象



五

第一圖 虹霓

者，應出現第三第四之虹；惟實際上光度極弱，第三第四已極少見，第五以上，絕無可認識之機會也。以上所述之虹，在早晚之雨後，及重霧之晨間見之，其成因係雨滴對日光起折射及反射作用所生，故又名雨虹；而由霧所生者，更特稱曰霧虹。

與雨虹相類似者有白虹，比之普通虹，缺少綠色及藍色部分，有時亦可見其寬。

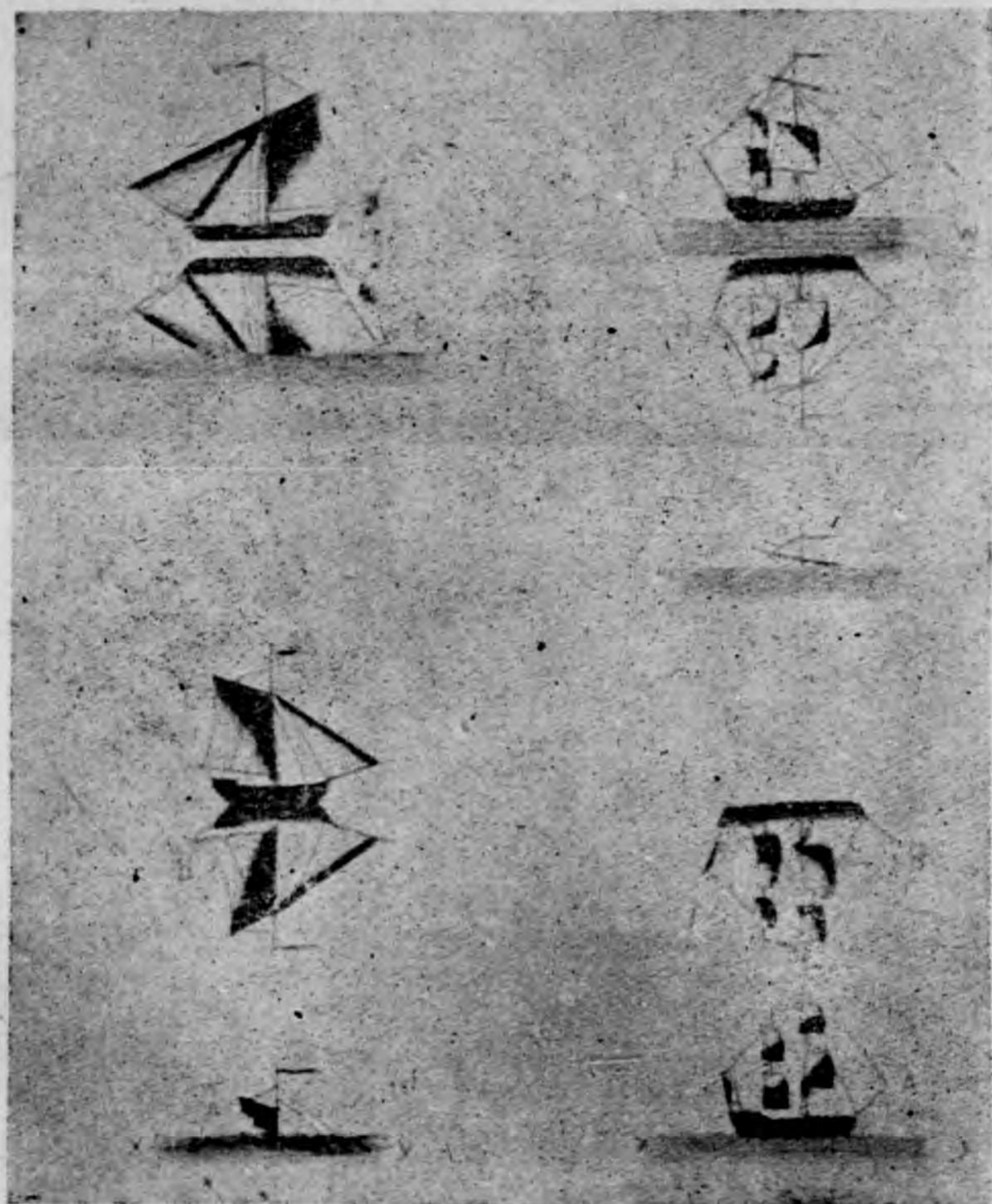
蜃氣樓 (mirage) 爲光線經過密度不同之氣層，起折射作用所生之現象；其情形有二種：其一爲物體在地平以上，映入空中，彷彿水面映物，如是者稱曰蜃樓；其二爲物體之位置在地平線下，映入較高之空中，如是者稱曰海市。

據光線屈折之理，知光線由密質入疏質時，其投射角較小，折射角較大；由疎質入密質時反是。若投射角成臨界角 (critical angle) (即九十度角) 以上，則起全反射 (total reflection)，光線之全部在境界處又反射入第一介質中，不入第二介質。本此知識，可以說明海市。

當地面灼熱，空氣穩靜時，地面附近之氣溫增高，其密度由上至下，次第減小；如是，則光線在此種空氣中進行時，其進路起彎曲，恰似欲使入射角增加之狀。故若光線斜向地面進行，與地面所成

之角度達九十度時，即入射角與地面成水平時，此光線即不能更進入下方，此後入射角再增，光線皆向上層密度大之空氣中進行，恰如反射之狀。即光線對於物體與觀測者之間，成爲凹形向上之彎曲，故觀測者若在空氣密度較大之處，可見有物體之倒像映於空中，而其像之距離則比實物之位

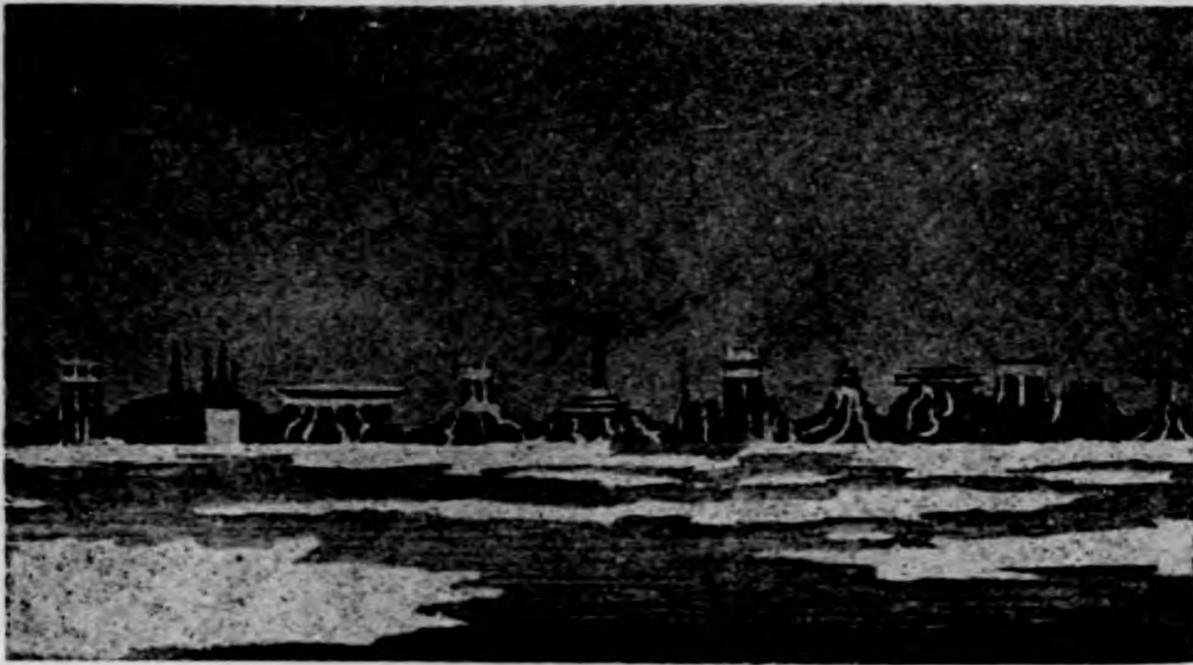
第一章 光的現象



（一）樓氣蜃圖二第

置近。此種現象，在沙漠平原上，日照強烈時有之；在接近陸地之海上亦有之；此蜃樓之成因也。

當下層空氣溫度較上層低時，若穩靜無風，則空氣之密度自下至上，次第減小，成密度不同之無數氣



第三圖 蜃氣樓 (二)



第四圖 蜃氣樓 (三)

層，此時若有物體之光線自下向上傾斜射出，則依上述之理由，其投射角漸次加大，直至折射光線與地面平行後，生全反射，而後轉爲向下進行，成凸形徑路。故在冷氣層中之觀測者視之，無異光線來自較高空中；即遠方之實物，在同距離之空中生倒像；此海市之成因也。

又此時上下氣層間之密度相差若不大，形成若干密度不同之氣層，且空氣穩靜，下層空氣中之實物，在其稍高之處生成倒像；或如第二圖發生二重像，一直立，一倒立。

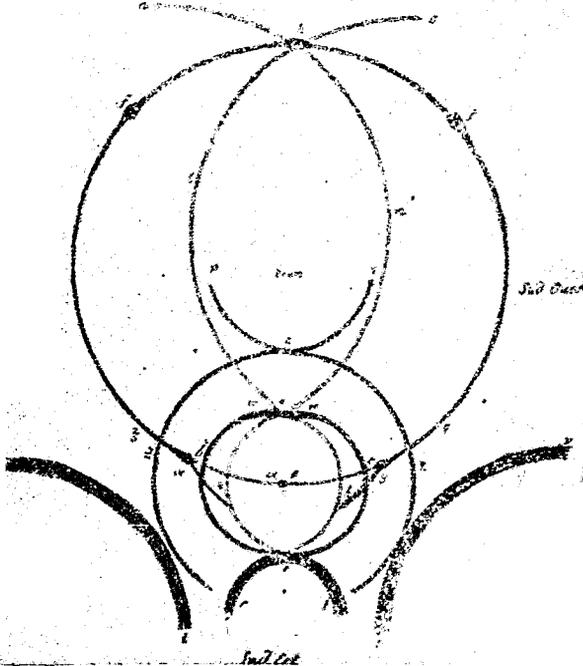
第三節 暈 光環 神光

暈 此日月周圍所見光環之一也。其光環內部爲紅，外邊爲紫，與日光譜中之順序相同，成爲虹狀之美麗色環。普通所見之暈，由同心之大小兩環而成，其視半徑即半徑之視角爲二二度與四六度兩種，有一定之大小。吾人爲方便起見，稱前者曰二十二光環，後者曰四十六度光環。

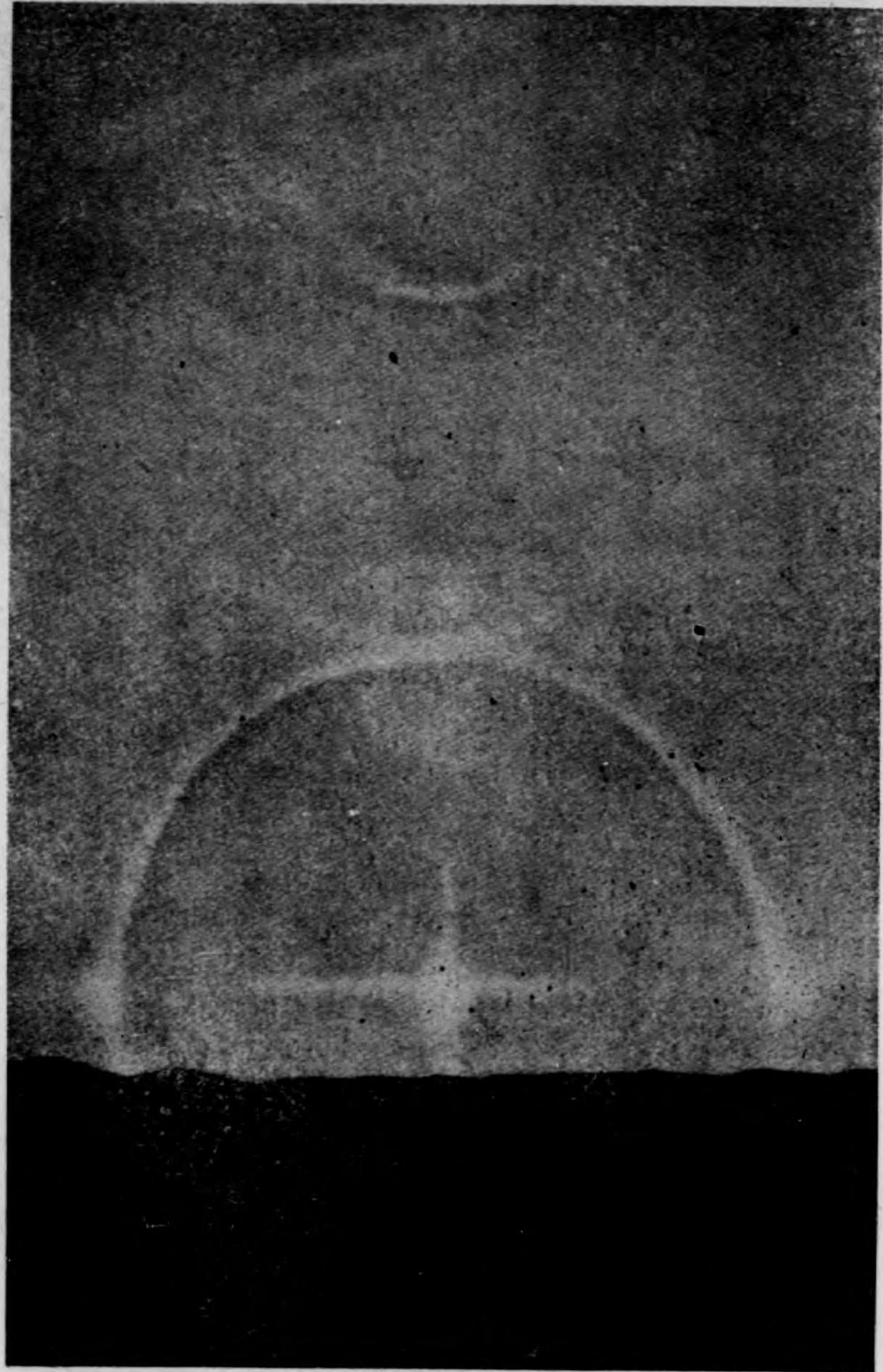
暈之完全形狀，極爲複雜，除上述兩種同心光環而外，尚有橫貫太陽而過成爲光環之直徑，外接於兩光環上端及下端之凹形向外色弧，及其他種種有色圓弧，可於特別狀況時見之。其中最

有名者，爲羅尉次圓弧，內接於二十二度光環，在太陽之左右兩方，對太陽爲凹形之圓弧也。第五圖，爲一七九七年七月十八日在列寧拉德所見之日暈，形狀極完全之一例也。

暈之最奇特者爲幻日及幻月；外接於二十二度光環，在太陽之兩側，當日暈極鮮明時，幻日亦極明瞭，殆與薄明時之真太陽無異；惟月



第五圖 一七九七年七月十八日列寧拉德所見之日暈之模型



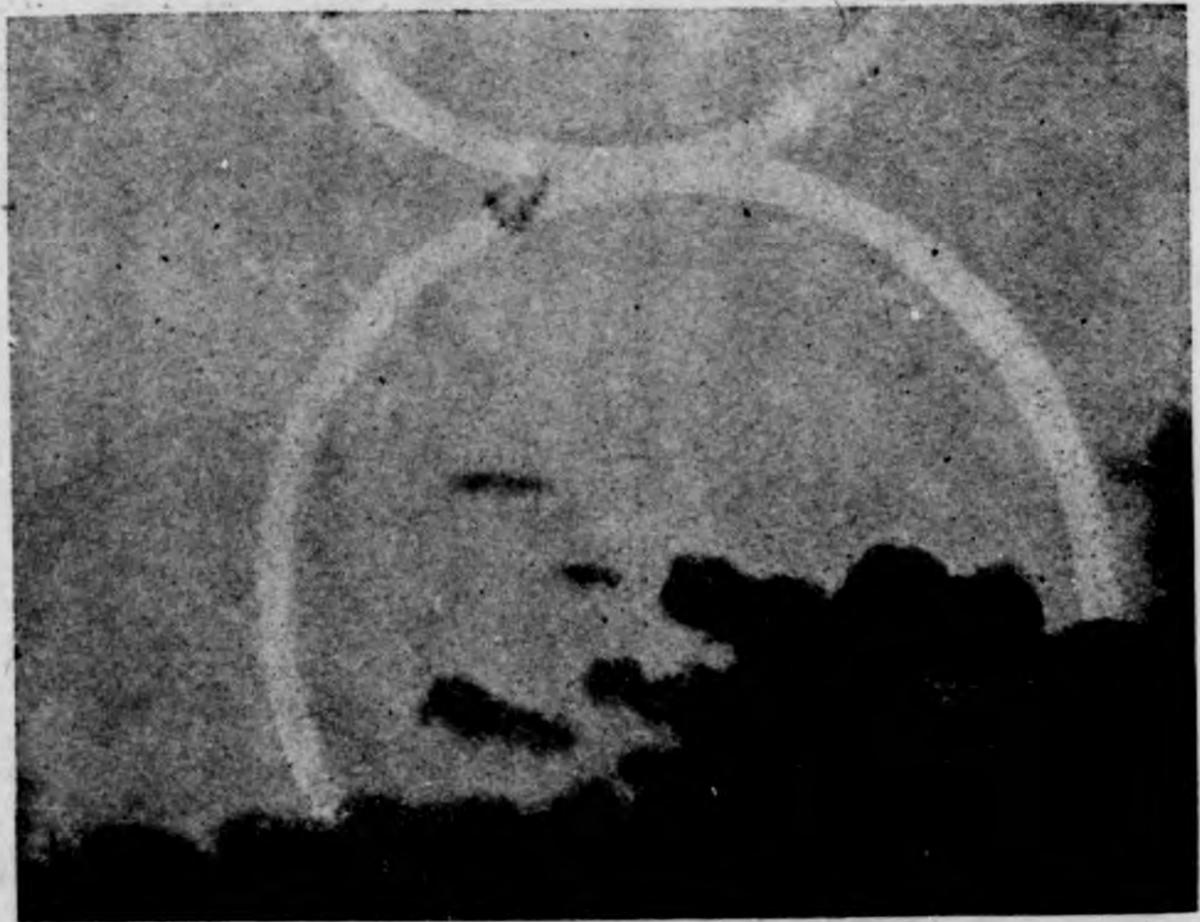
光比日光弱，故月暈不甚顯。

暈之生成理論，以馬略特 (Mariotte) 之說爲標準；謂高空構成卷層雲之冰粒，係雪片及冰針，而冰針之量尤多；此等冰針爲六角錐之集羣，其頂角有一二〇度、九〇度及六〇度三種。其位置與日光方向間之關係，恰與具有此三種頂角之稜鏡相同；而三者之中，頂角一二〇度者，無論光線由何方射來，皆起全反射，不能通過；只九〇度及六〇度二種，可使光通過而分散成爲七色光譜。此等分散光之中，如前述成虹之理，在最小偏向角上，進行之光線最有效，故在此方向生出鮮明之色彩。而呈最小偏向角之光之方向，又依稜鏡之角而異，即九〇度之稜鏡，其最小偏向角爲四六度；六〇度之稜鏡則爲二二度；日暈有二種視半徑，即由於此。又在卷層雲中之冰針，本多至無數，但起分散作用後之光，以在最小偏向角之方向上爲強，即應受光線方向及冰針位置上之限制；故對日光呈最小偏向角之冰針，爲數有限，即被分散之光不多，此日月暈之光所以皆不甚強，而月暈尤難明視之所以然也。

光環 (Corona) —— 亦日月周圍所見光環之一種，其半徑比暈小，且大小不定。其光譜與暈適相反，由外至內，與日光譜之順次相反。恆較日暈月暈顯明。



第七圖 日暈 (其一)



第八圖 日暈 (其二)

生光環之雲，以積卷雲及層積雲為主，而生於層積雲者尤為顯著。普通只見一環，但有時可多至二三環，以太陽為中心之同心圓，各環之大小雖異，色彩之排列則同。

在光學實驗室之壁上穿一小孔，日光從此射入室內，投於白色屏風上，可見屏風上所生之小孔像周圍，有同心圓之色環存在。在光學上，以光之繞射作用（Diffraction）為此種現象之完全說明。如此現象，更可以錫箔作成○·八三毫米之多數小球，夾於兩玻璃板間，或於玻璃板上薰上微露，置於光點之前視之，即可見有光環發生。

夫宰因和斐（Fraunhofer）根據上述實驗之結果，完成光環之理論，謂日光透過雲中水滴之隙間，起繞射作用，故生光環。繞射作用與水滴之大小有關，故每次所見之光環大小不等；而同時更可見若干同心光環；更歸納其實驗所得之結果如次：

1. 光環之強度由水滴數之增多而加強。
2. 光線之直徑與水滴之直徑成比例。
3. 因雲中水滴之大小不等，故光環之大小不定；同時可見若干個同心光環。

此種現象，在以冰晶構成之雲中亦有之；水粒，雖爲固體顆粒，但亦有繞射現象，故能如此。惟冰粒水滴，皆能發生光環，故暈與光環，可同時出現，或係同一雲層所生，或係下層生光環，上層生暈，其例亦復不少。

神光 (Stories) —— 此亦光之繞射作用所生之現象也。吾人於早晚日出沒時，背日而立，使頭影投於面前下方之霧雲露等之上，見頭影周圍，出現有色光環，彷彿阿彌佛頭後之神光。此種光中之色彩排列順序，與上項所述之光環同。以其形狀奇特，故古來對於此種現象，嘗有種種迷信及驚異；如德國布洛墾山 (Brocken) 之妖怪，及峨嵋山 之佛



第九圖 光環

光，均其實例。

第十圖為布

洛墾山之霧

神光。

據倫麥

爾 (Rum-

or) 之說，謂

霧雲露等水

滴，點滴微小，

重力不大，受

表面張力作

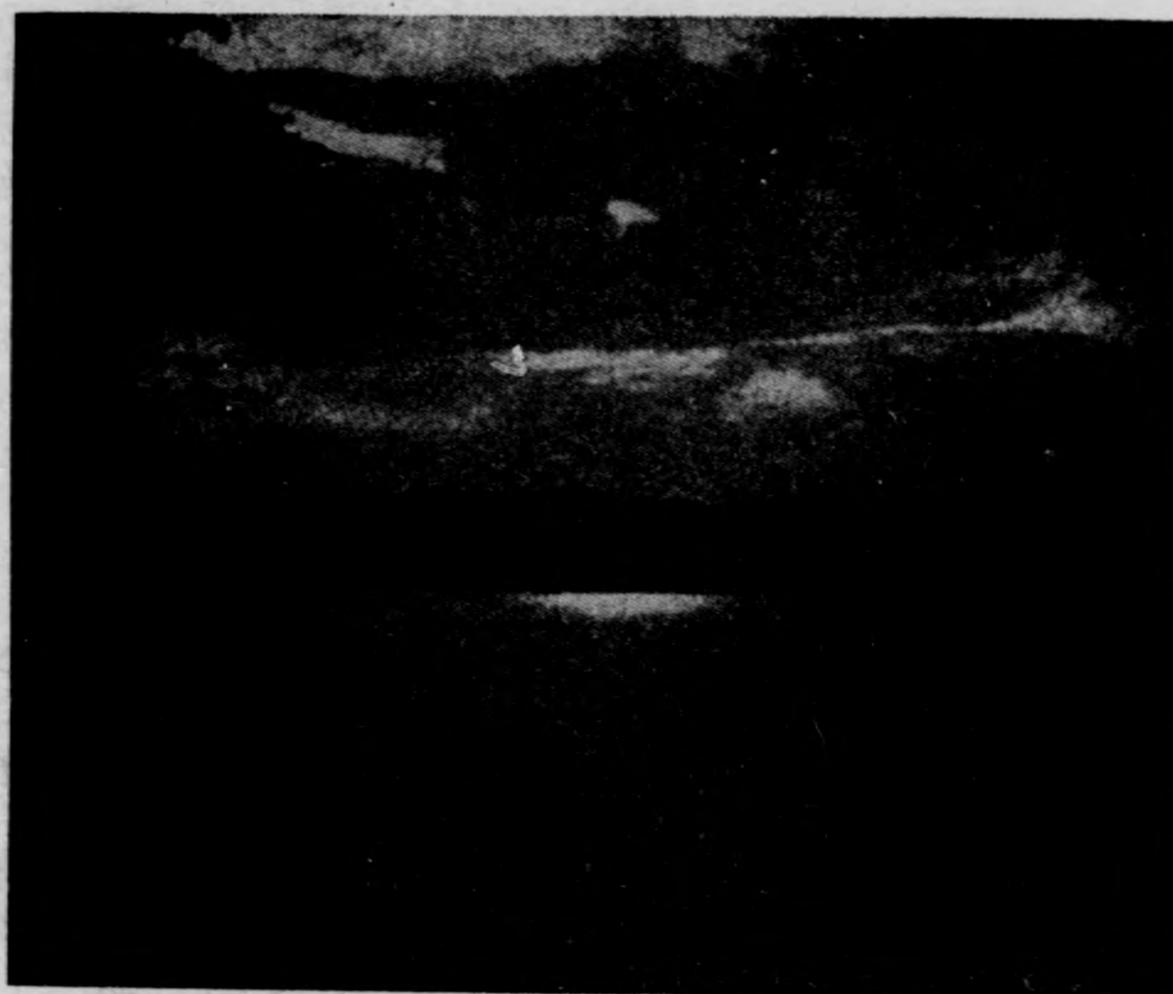
用，成爲球形。



第十圖 布洛墾山之妖怪



第十圖 片雲影 (其一)



第二十圖 片雲影 (其二)

日光投射其上，呈球面透鏡之作用，故水滴後方生成太陽之像。此像係實像，成爲第二光源，放出光線，再於太陽所在之方向上生第二日像。故觀測者若於此方向上視之，儼然光從露上射出。此種光線經過水滴後，起繞射作用所發生之光環，卽所謂神光也。以其係由霧雲露等所生，故有霧神光，雲神光，露神光等之特稱；而露神光更有稱之爲露光環者，其成環之理與虹同。

與神光同名而實異者，爲片雲影，如第十一圖及第十二圖所示。夏季在雨前後，大氣中有放射狀之光，從雲間現出，極其雄偉美觀。雨前後有片雲散佈空中，日光照之，遂成此現象。其生成之作用，與日光由壁上小孔投入，照耀室內空氣中之塵埃，顯出光之經路之現象相同。

第二章 電的現象

第一節 空中電

凡空中所存在之電，總稱曰空中電。關於空中電之研究，自一七〇五年，和克斯比提出由摩擦所生之靜電放電與空中落雷時之放電現象相似之說以來，一七四九年，佛蘭克林用紙鳶上飛空中，證實空中發生電光之雲帶電；更有一七五二年達立巴德之實驗，爲之證明。同年又有路摩尼另開新面，用金屬導體，使與地面絕緣，放置高處，在快晴之日，導體亦可自行帶電，此爲空中電學上之重要發見。真正作統系之觀測，則自柏卡里亞（Beccaria）始；精確之觀測及記錄，又在一八五五年威廉湯姆孫（Thomson，William）發明象限電位計及水滴計之後。

又在實驗方面，一八八七年，領斯（Line）發見曝露於空氣中之帶電體，雖與地球及其他物體

完全絕緣，其所帶之電亦漸漸飛散，知空氣亦電之導體。其後，威爾遜 (Wilson) 及蓋特爾 (Gettel) 曾研究大氣之電離作用；至一九〇二年，刺得福 (Rutherford) 開始研究地中放出之透過輻射線，而雨雪之荷電，亦於是時開始研究。

在另一方面，自十八世紀庫隆 (Coulomb) 發見電力與距離之平方成反比以來，而大氣中之電場研究，次第進展。

當雷雨之際，存在於雲與雲間或雲與地面間之電勢差 (potential difference) 可用一端尖銳之絕緣金屬棒，伸入雲中，引動電光以測定之。此種電勢差，不獨雲中有之，快晴之日，亦復存在，其量甚微耳。昔日以其在快晴之日存在，故嘗呼之曰晴日電 (fine weather electricity)，意謂天氣良好時空中之電也。

欲說明空中電之生成及分布，必須先假定地球自身爲具陰荷電方可著手。假若地球具有陰荷電，則空中電之電勢，其差與高度俱增之理，即可說明。並可由陰球電場中電勢變化之增加，轉而推求地球自身之陰電量，結果，地球之陰荷電，以靜電單位表示，約爲——三，〇〇〇，〇〇〇，或以實

用單位表示之，則爲 1,000,000,000 伏特 (volt)。

地球自身之荷電如此，則其在大氣中自應成立連續電場 (continuous electric field)，其力線 (lines of force) 之方向與地面垂直，一切等勢面 (equipotential surface) 皆爲與地面平行之平面。凡距地面作等距離之各點，電勢必皆相等，即從地面上搬一種帶電體至等高之一切點上，所費之功 (work) 皆必相等。實際上地球面上因有山陵川澤及建築物等，或凸或凹，極不規則，而一切直接連接之地物，又必在同一等勢面上；即實際上作爲零勢面 (zero potential surface) 之地球表面，極不規則，而電力線之密度及一般等勢面之形狀，極爲紊亂複雜；在測量空中電之補正中，以關於此項之補正爲最要而最難。

以上所述，係空中電學進展之過程；次更分節敘述所得之結論。

第二節 空中電場之電勢梯度強度及其變化

地球自身既帶有一,000,000,000 伏特之電，則其在大氣中所生之電勢傾度 (poten-

tal gradient) 自不小；據實測結果，每垂直距離一米，電勢差爲百伏特。此項電勢梯度，有日變化及年變化。其精確之變化狀況，尙難斷定；然大概言之：空中電勢梯度，當隨氣象要素而變化，可無疑義。其中影響最大者，厥爲溫度；溫度增大，則電勢梯度減小。又氣溫愈高，電勢梯度愈低。比氣溫關係尤密切者爲輻射量 (radiation)；輻射量與氣溫成正比例，故輻射量大處，電勢之梯度必小。又空氣之透明度亦與電勢梯度有關；在澄清空氣中，電勢梯度小。氣壓對於電勢梯度之直接關係甚小；惟氣壓之高低，可以影響其他氣象要素，故對於電勢梯度之第二位關係亦不小。又風向風力，可以影響空中帶電體之塵埃，故對於電勢梯度，亦應有相當之影響。

地球電場之強度，亦有日變化及年變化。其年變化在北半球溫帶地方，冬季最大，夏季最小，春季較秋季大，在南半球之薩摩阿島 (Samoa Island)，其情形與此半球同；在南極地方，則以二月爲最大，與北半球之晚夏相當。至於日變化，在夏季與氣壓相似，爲二重波狀變化，其第一極小在晨三時之間，第一極大在午前八時；第二極小在正午至午后四時之間，第二極大在午后九時。此種情形，隨時隨地而異，未可一概論也。

空中電場之所以有日變化及年變化，其原因係日光中紫外線 (ultra-violet ray) 之電離作用 (ionization)，及大氣中塵埃與空氣自身之摩擦作用；但尚未完全解決。

第三節 雨雪之帶電

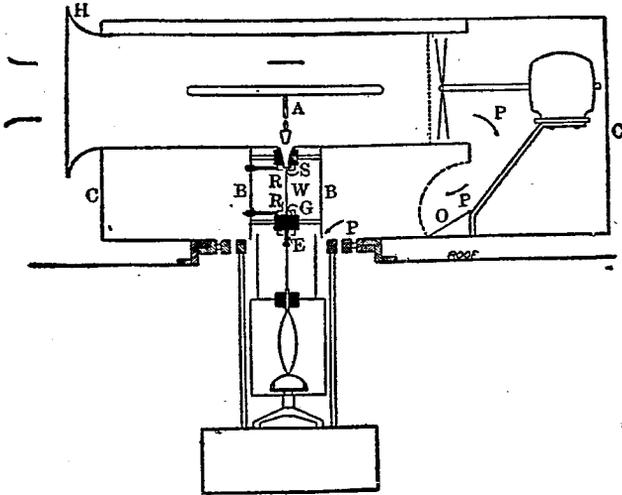
空氣有相當之傳電度 (conductivity)，已如上述，今更以實驗求之如次：假如給一定電量於金箔驗電器 (goldleaf electroscope)，使其金箔開相當角度，放置空氣中，則金箔上之電隨時間之經過，漸漸消失，金箔之開角漸小，終至完全閉合。無論給與金箔之電為陰為陽，其情況一皆如是。厄爾斯忒 (Orsted) 及蓋特爾為說明空氣中此種作用起見，假定空氣中先有帶陰電及陽電之兩種微粒，此兩種微粒通稱曰游子 (ion)；以其運動不息，故能與帶電體上之異種電相中和，使帶電體上之電漸次喪失；游子多則空氣之傳電度大，而帶電體之失電迅速；少時反是。

測定空氣傳電度之器，如第十三圖，A 為金屬製之圓筒，由金屬線以與下方之金箔驗電器相連結；當 A 帶電時，金箔隨之張開，A 所帶之電消失，金箔亦隨之漸次閉合。測定其角度減小之速度，

可以算出大氣之傳電度；同時在金屬製之大圓筒內，從一端用風扇，繼續送入新鮮空氣，以助A上電之消失。

由此測定所得之大氣傳電度，有日變化及年變化；其隨時隨地而有相當差異之情形，與上述之電場強度相同；在歐洲之年變化，六月最大，一月最小；在南極方面則異於是。

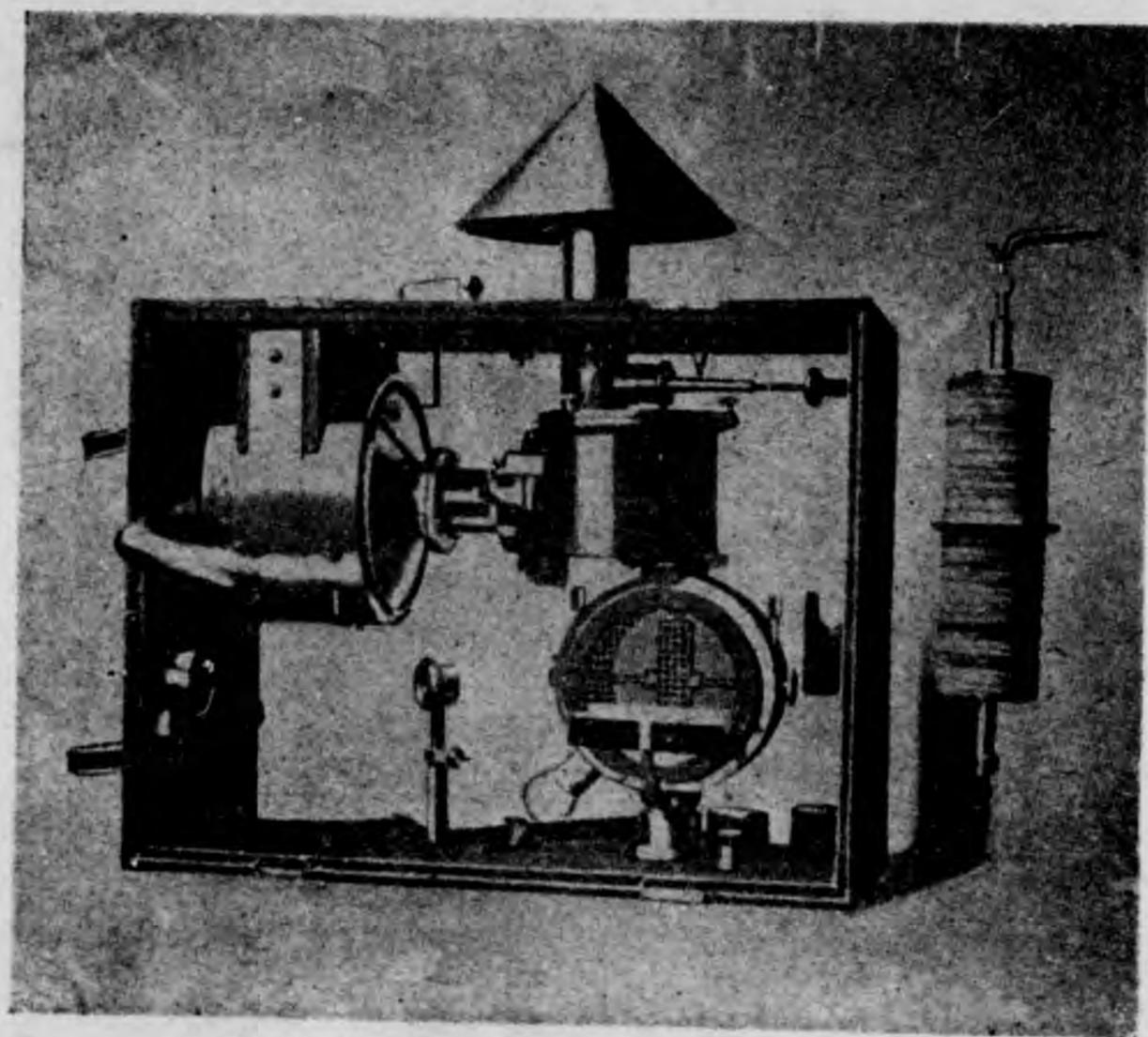
大氣傳電度之變化，由於游子，游子之大小如何，與此頗有關係。假如游子相當大，則其運動相當遲緩，而大氣傳電度所受之影響，必隨之相當減小。此種大游子之存在，經蘭汲焚之研究，已確實證明；在今日通稱之曰蘭汲焚游子。



度電傳氣大測 圖三十第

測定游子數之器曰數游子器；如第十四圖，其方法仍用風扇從上方有蓋之圓筒，送入新鮮空氣於中央之粗圓筒內，使其處所置金屬棒上之游子，與下方金箔驗電器金箔上之電中和；如是，則最初有相當開角之金箔，次第閉合；測定其閉合之速度，可以算出游子之數及游子所帶之電量。

據測定之結果，一個游子所帶之電量為 0.49×10^{-9} 靜電單位，為量甚小；而每一立方厘米中之游子數，約在二千個以上，為數頗大，游子之小可知。



第 十 四 圖 游 子 數 器

游子之速度，亦由此等實驗測出，其平均速度，陽游子約爲一·三——一·四每秒厘米，陰游子約一·五——一·八每秒厘米；但此係大氣之電勢梯度每米百伏特時之值。

假如此等游子受地球電場作用，發生垂直運動，則在垂直方向上，有電流存在，可由實驗證明之，其值約 0.17×10^{-10} 每平方厘米安培 (ampere)。

厄爾斯忒及蓋特爾，曾利用雨滴之帶電，測上述電流之強度，但結果不良。其後革爾典由同樣測定，發見雨滴之帶電爲陰電；然統計世界各地之測定記錄，雨滴之帶電，以陽電爲最多，約佔測定總次數之七成半。

帶電雨滴，從空中落到地面，與電流向地上流動無異；據換算之結果，普通降雨之電，約當每平方厘米 10^{-14} 安培之電流。在暴雨雷雨之際，可增強至 10^{-12} —— 10^{-13} 安培，此時雨滴所帶之電，係陰陽混同落下。

雨滴帶電之原因何在？至今尙未完全確定。據革爾典之說，謂係水蒸氣在空中達最高級過飽和度時，以游子爲核心之結果。準此則陰游子爲核心之可能性，較陽游子大雨滴之帶電，亦當以帶

陰電之例爲最多，結論與上述之事實不符，可見此說未當。

此外尚有各家提出之學說，其中以辛普孫之說爲最有力。其根據爲勒納爾 (Tenard) 發見之勒納爾效應，謂在上層成就之大水滴，於降落途中，大半分裂爲小滴，其分裂後之小水滴，皆各帶陽電，而其附近之空中，則帶同量之陰電。

在今日雖未便遽爾認定辛普孫氏之說，已臻完善，然無出其右者。徵諸事實，在積亂雲之上昇氣流中，水滴成就以後，漸次長大，其直徑大都在五毫米以上，卽分裂成無數小滴，此等小滴皆帶陽電；同時在空中留下陰電。又普通降雨之際，水滴爲風分裂，亦帶陽電；皆可以同理說明之。

電之帶電亦以陽電爲最多，其量較雨大，其帶電之原因，辛普孫謂係雪片落下途中，相互間之摩擦作用所致；因摩擦生電，比分裂生電強，故雪片之帶電較雨滴大。

第四節 電光

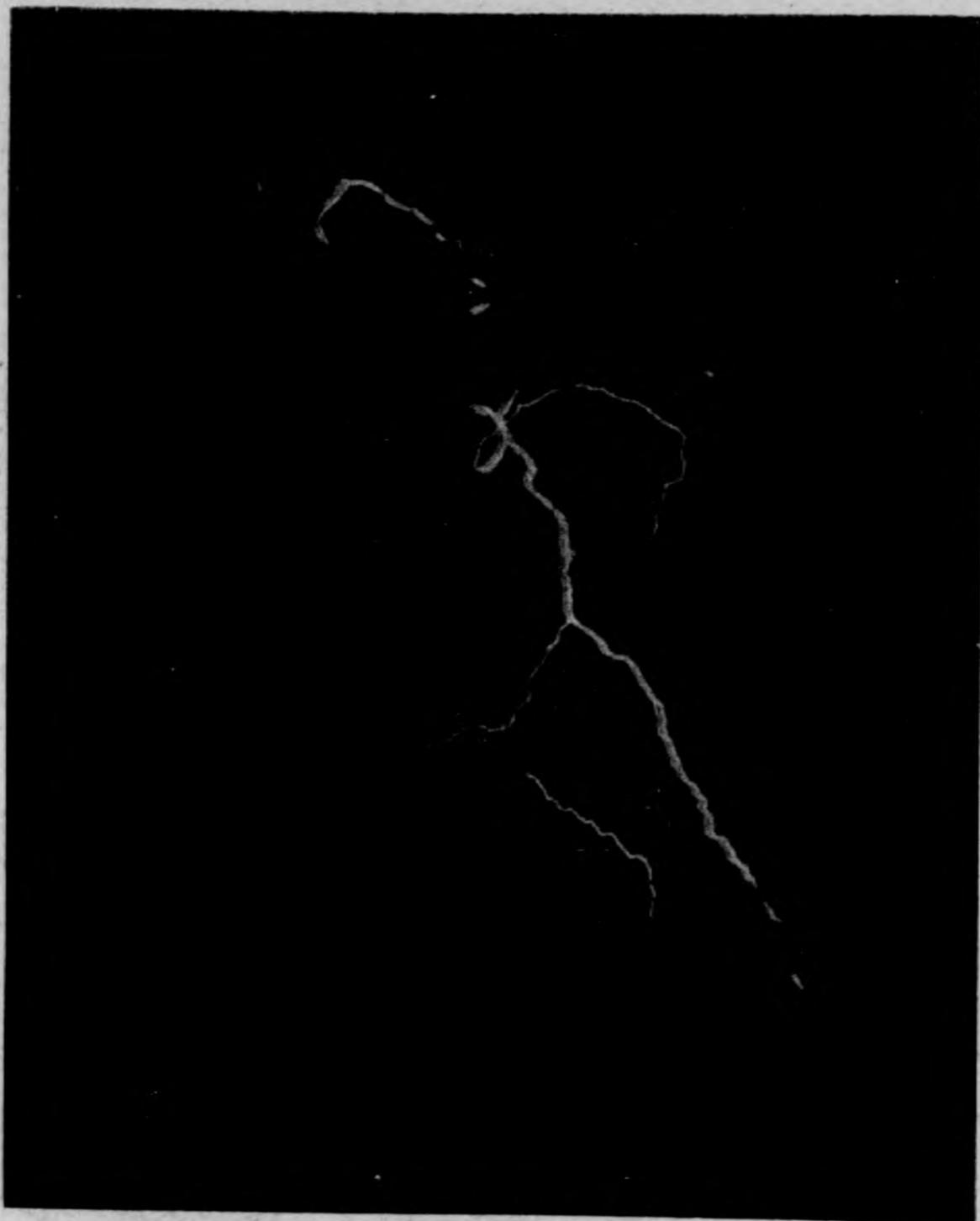
電光 (lightning) 爲雷雨時習見之現象；其相似現象，可於普通實驗室內加強感應圈 (in-

duction coil)兩極間之電勢差時見之。據研究知空中電光與電學上之放電現象 (discharge) 係同一物，乃空中雲與雲間或雲與地物間之電勢差，達相當程度時之放電現象也。不過由吾人經驗，知實驗室內感應圈或起電機 (electric machine) 之兩極間放電時，電光之形狀，比較規則，且幾在同一位置附近現出，而空中電光之形狀，彎曲，極不規則，且頗少同一形狀同一位置之電光。其不同原因有二：(1) 空中之大量電，於雲塊之表面各部分之分布，極不均勻，而室內所有導體之電機全體平衡；(2) 空中放電時，其鄰近廣範圍之空氣，恆全體游離，成爲相當導體，加以上空氣壓極小，空氣之抵抗作用不大，而在實驗室內未曾初次放電以前，兩極間之空氣未能游離，其抵抗作用極大，雖距離小有變更，而所需之電勢差相去甚遠，必經一次放電而後，其電光經路附近之空氣，乃可游離，以減小其抵抗。有此二因，故室內兩電極間放電之經路，恆取較短距離，且受第一次放電之限制，以後之放電，雖較初次容易，然不能超越初次之範圍。而上層空中，在將放電以前，既已先行游離，氣壓極小，故其初次放電，不如室內之困難；又以雲外空氣之游離各部不均，雲表之電量，各部不等，故其經路，極不一致，極不規則；然經一次放電後，其周圍空氣亦與室內同樣，空氣之

導電度加大，使放電容易，故在電光所經之路徑附近，容易連續放電數次。若以回轉照像機連續攝影可得同一形狀之數次，電光。

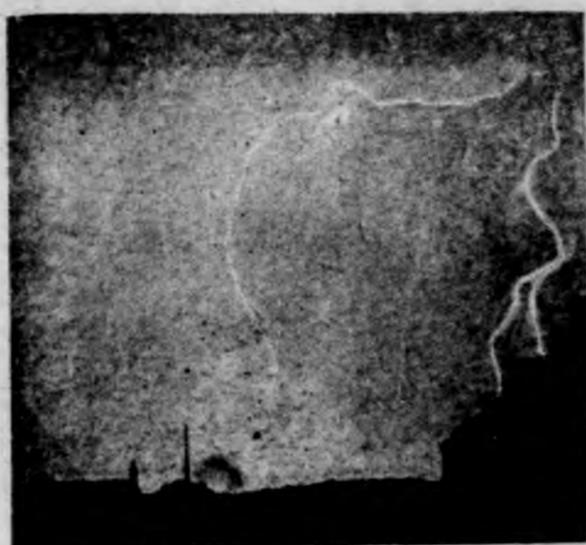
電光之形狀雖極複雜，然可大別為線狀，幕狀，及球形三種，更分項述之如次：

線狀電光——此最普通之電光也；恆曲折作極不規則形狀，其成因與普通實驗室內起電機兩極之放電相同，發生於雲



第二十圖 線狀電光 (其一)

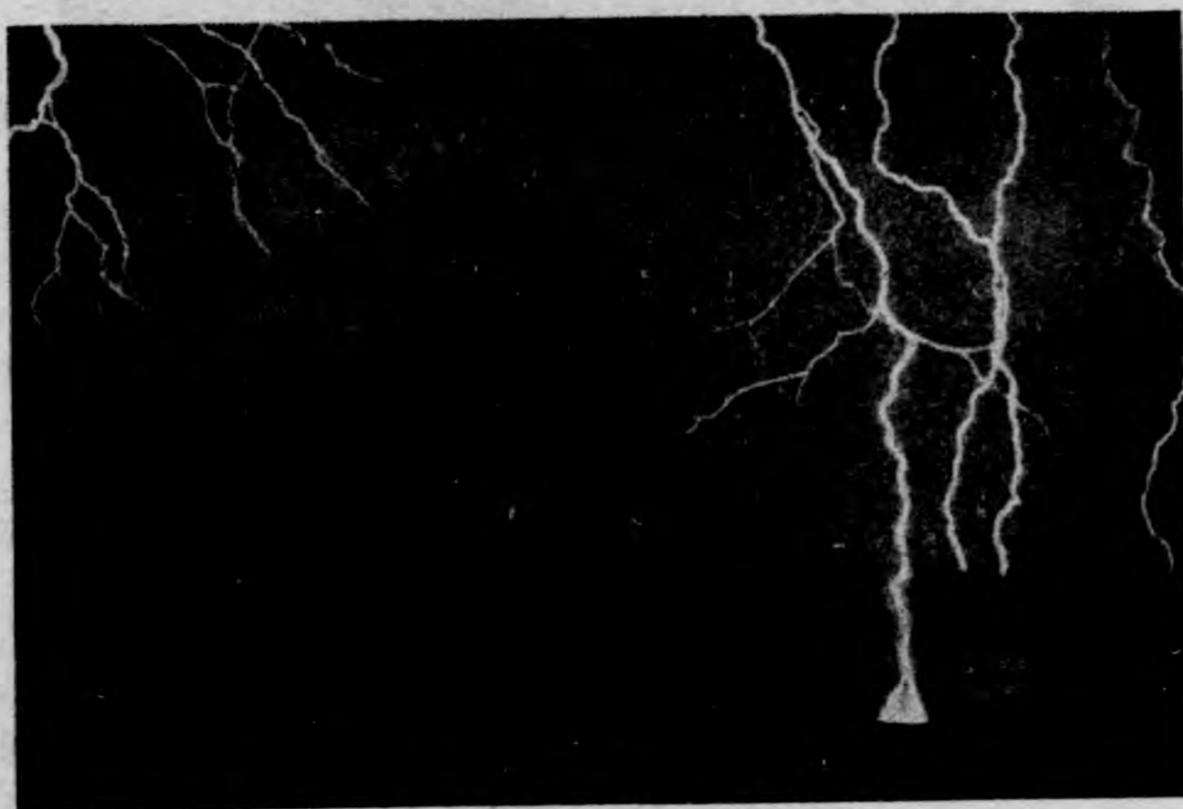
與雲間或雲與地物之間。因其時之電勢既高，電量亦大，故其經過路上，若有物當之，必受重大破壞。夏季落雷，或擊斃人畜，或摧碎樹木岩石及建築物，其事雖極平常，而其威力，卻令人戰慄震駭。第十五圖至第十九圖，皆普通線狀電光之例；第二十圖為連續發生之電光；第二十一圖為熱帶地方所見之電



(三其)光電狀線 圖七十第



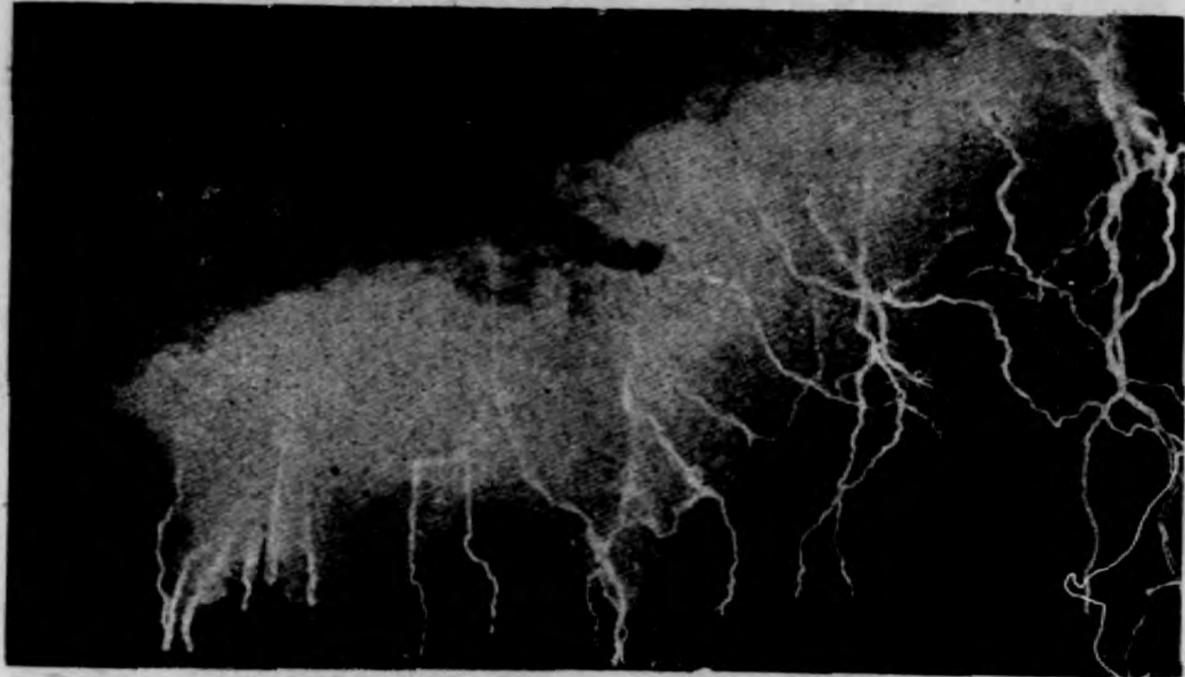
(二其)光電狀線 圖六十第



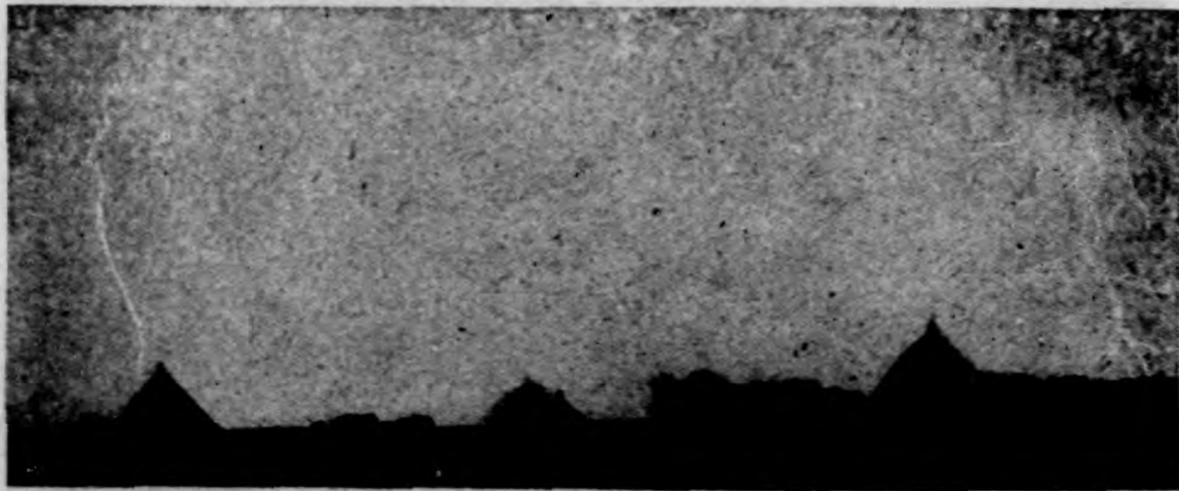
(四其)光電狀線 圖八十第



第十圖 線狀電光 (其五)

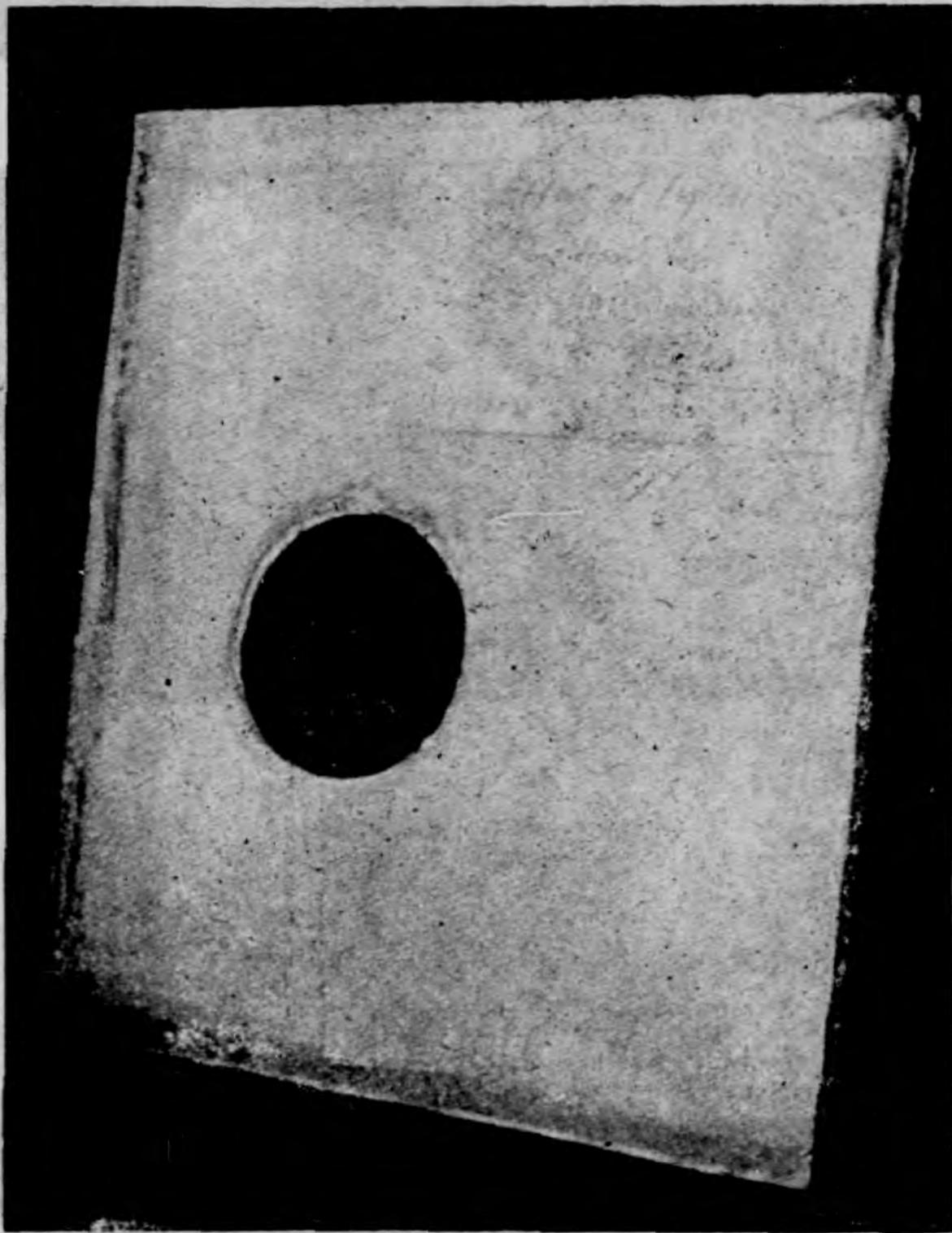


第十二圖 連續發生之電光



第十二圖 熱帶電性光

光，有數枝岔出，乃其特徵；第二十二圖至第二十四圖，爲電光所致之害；詳觀玻璃上所穿之孔，頗有可奇之點，其孔幾圓形，直徑約六—六·四厘米，除孔自身外，周圍之玻璃上不見裂痕，與普通之破碎情形迥異；其所以然者，蓋電光敏速，其力不

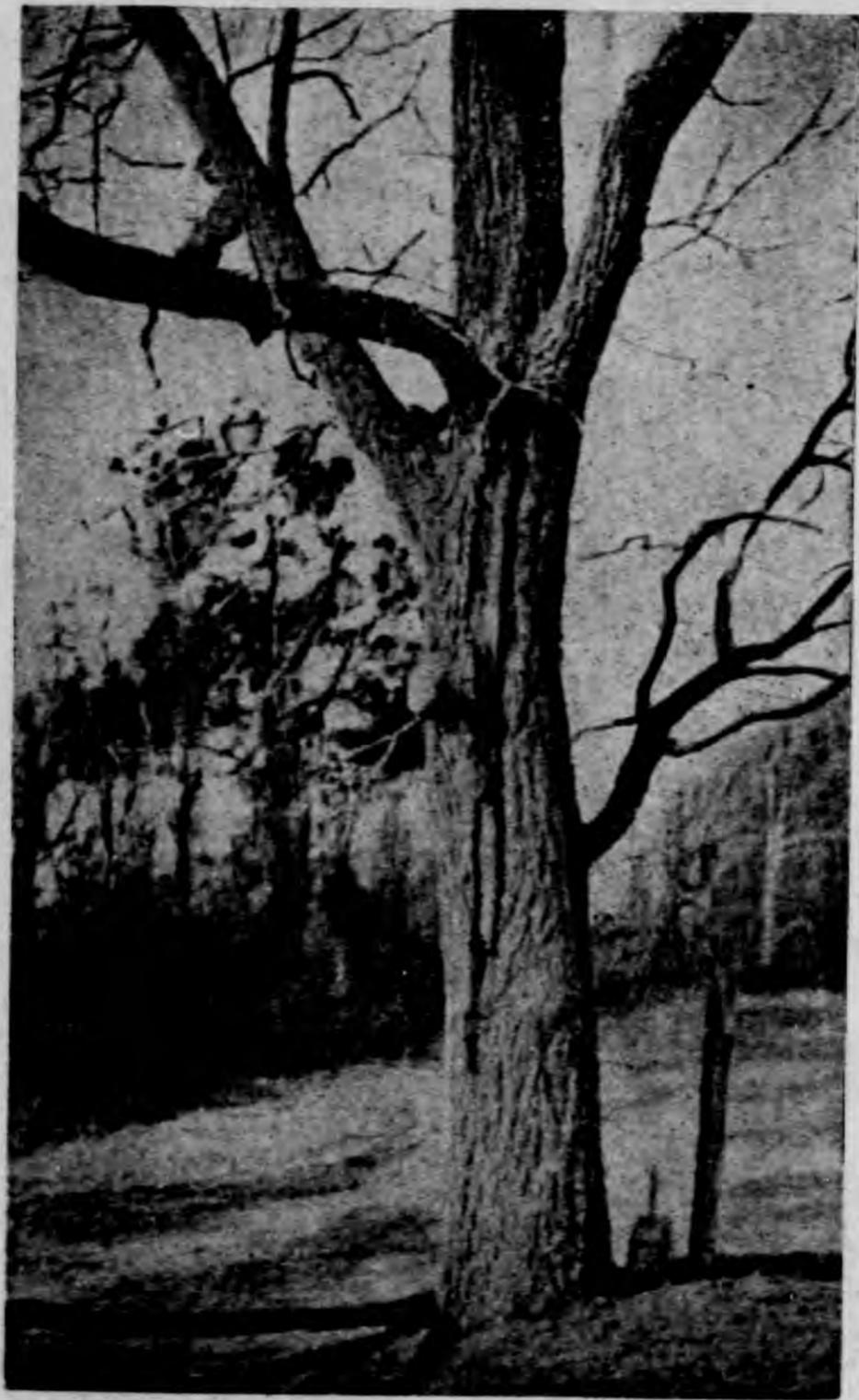


第二十二圖 電光打穿之玻璃

及傳達於經路以外故也。又第二十五圖所示者，爲黑暗電光之一例，係用乾片短時間曝光，連續受數次電光之作用所生。

通常之電光皆係白光，然亦有現青黃紅等光者；其成因與真空管內放電時，

電光之色，隨管內氣體種類而異者相同；蓋其經過之大氣中，有某種氣體混在故也。是以用分光法 (spectrum analysis) 分析電光，可以認知空中之氣體元素。電光之光譜中，最明顯者爲氮，氫，氧，

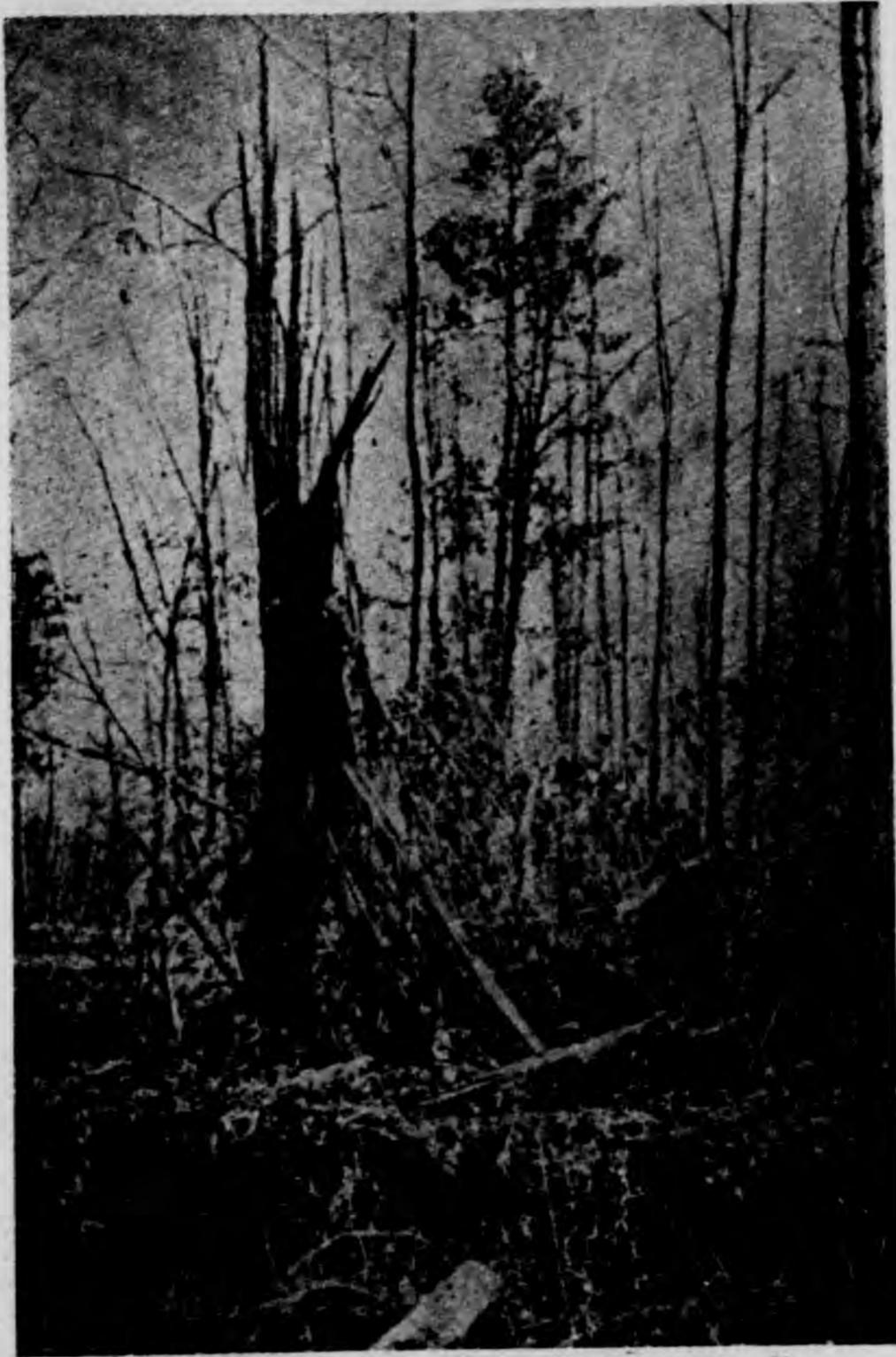


木樹之壞破光電 圖三十二第

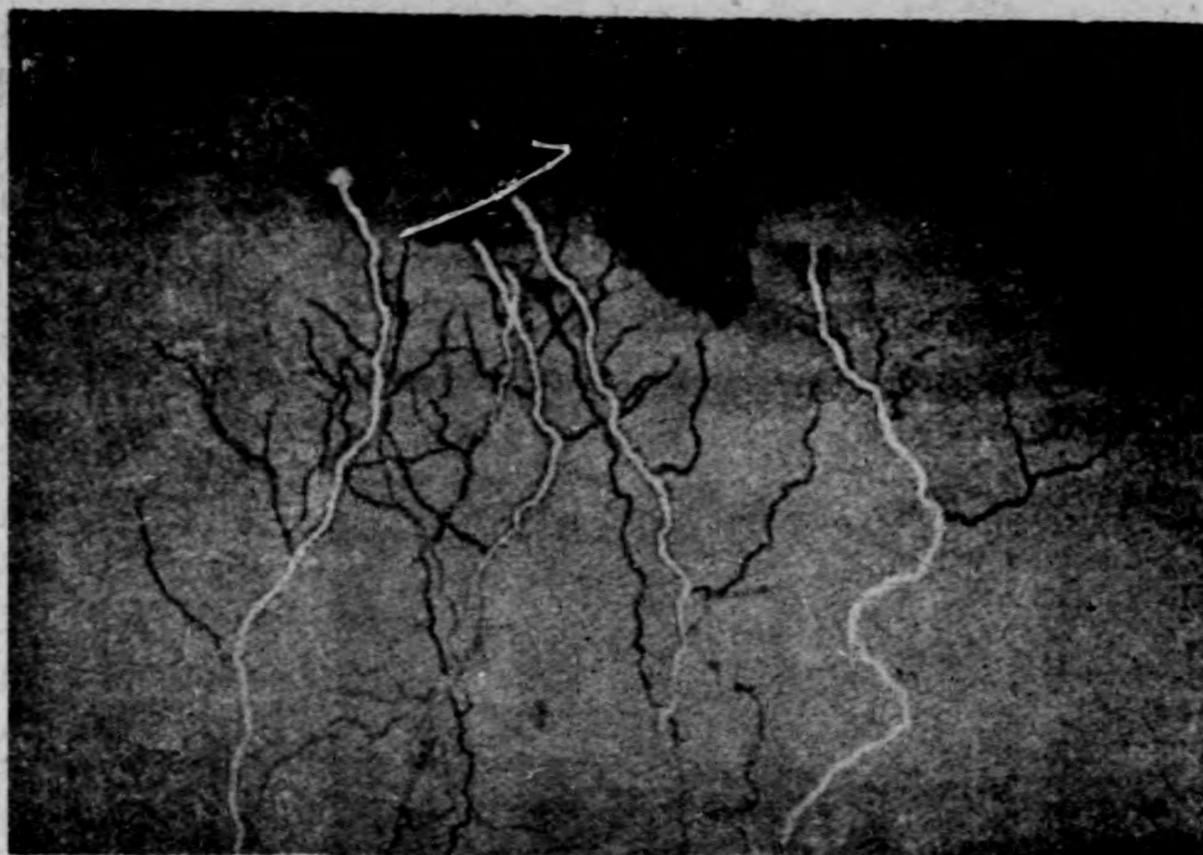
之線，而氫及氮之線亦間有之，第二十六圖，爲電光光譜之一例，其中有鮮明之氮素譜線。

幕狀電光——夏季夜間每見之；其成因有二說：其一，謂係遠方之電光被雲掩蔽，不能直接望

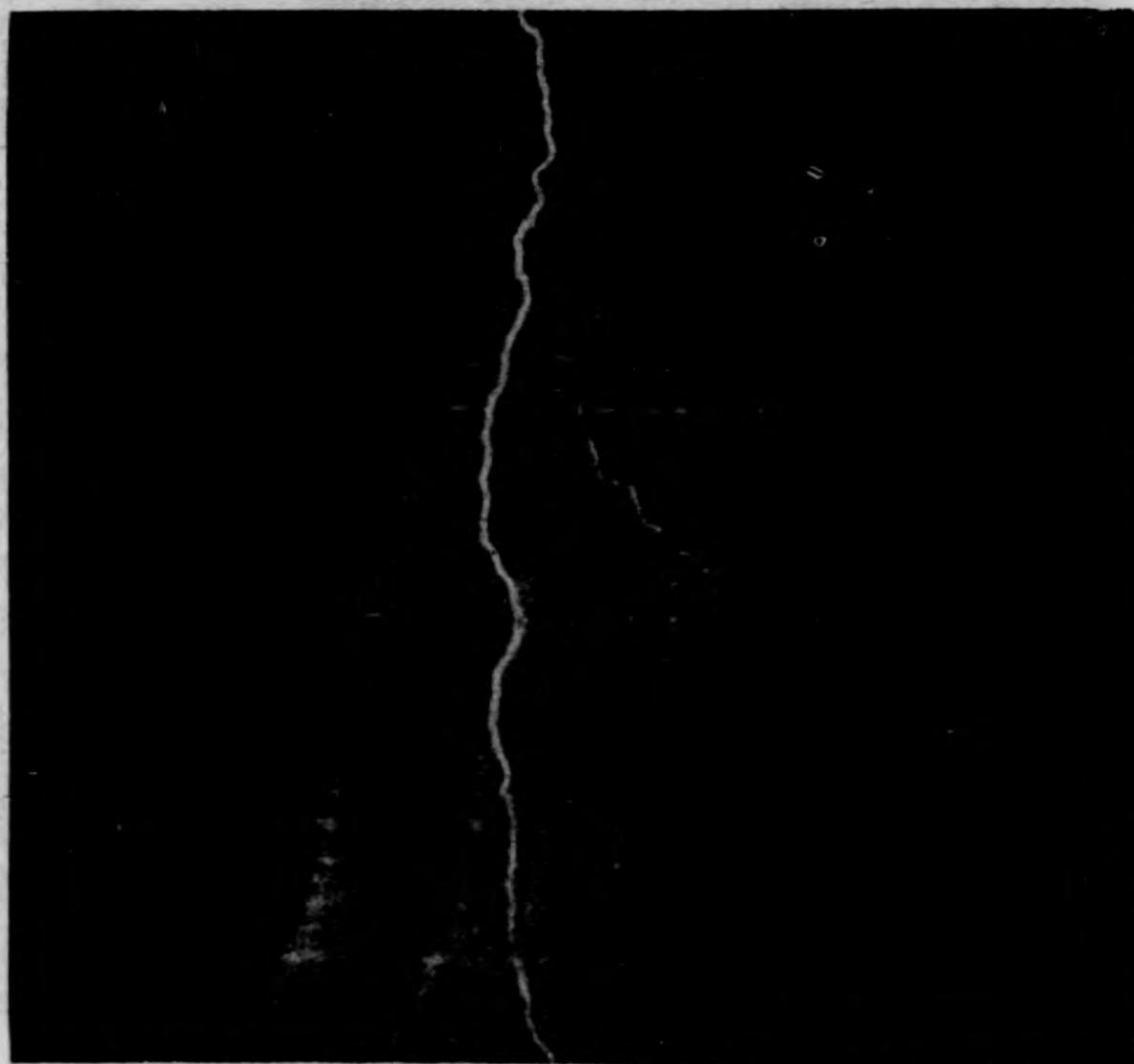
見時，投射於他雲上之光反射而來所呈之現象；其二，謂其係雲內或雲與雲間之放電現象，而其位置極高。因幕狀電光之譜線與線狀電光有特異之處，故信後一說爲有力之成因。由後一說所起之電光，爲時極短，僅百分之二三



樹栗之碎擊光電 圖四十二第



光電黑圖五十二第



線譜之光電圖六十二第

秒；因其可以連續發生，故實際吾人所見之幕狀電光，仍有相當之繼續時間。

球狀電光——此罕見之特種電光也；恆伴隨火球以相當之速度進行，直至爆發而滅。人屋遇之，必遭焚如。其成因如何？今日尚無可信憑之學說。

此外更有

一種電光，稱曰

聖葉爾麼火

(Saint Ermo)，

每於雷電之際，

在帆柱尖端，烟

筒頂上，或高屋

頂之避電針上

見之；如第二十



聖葉爾麼火 圖七十二第

七圖；尤以高山頂上爲常見之地。其成因與靜電放電時之陽極光刷相同。

第五節 極光

極光 (aurora) 爲大氣中一種電的特殊現象，出現於百仟米以上之高空；其偉大，其美麗，皆非其他氣象現象所可比擬。在南半球之高緯度地方見之，出現於低緯度之例極少。關於極光之古記錄，在西洋方面，有亞理斯多德 (Aristotle) 所著氣象學中之記載，謂其形如芋殼燃造之煙一段，即其一例。在東洋方面，通鑑大全內載：元順宗至正二十一年八月癸未，彰德西北，夜有紅氣互天，至卯方息；又至正二十三年六月庚申，晉寧路北，日暮天赤，中有白氣如虹；又至正二十八年七月癸酉，京城紅氣滿天，如火照人，自寅至辰，氣焰方息；以其在夜間或黎明出現，其光或係極光，亦未可知；又惠帝二年，天開，東北十丈，長二十餘丈，其後有呂氏之亂。所謂天開，頗似極光。

世界中出現極光最多之地，在北美洲爲北緯五〇度至六二度之間，在北歐洲爲北緯六六度至七五度之間；兩者相交，在北歐出現極光之緯度，比北美高十餘度。以此與地磁北極在坎拿大

(北緯七〇度西經九六度四三分)之事實相對照,則極光與地磁有密切關係,當不難迎刃而解。今日之極光理論,實樹基於此。

極光之成因,既與地磁有密切關係,而地磁有南北兩極,其南極在南緯九六度,東經一六八度,故南北兩半球之高緯度地方,皆有極光;出現南半球者曰南極光(*aurora australis*),出現於北半球者曰北極光(*aurora borealis*)。

極光之形狀極爲複雜,大別之可分爲次述數種;而第二十八圖所示者,乃弧形與幕狀之混成者也。

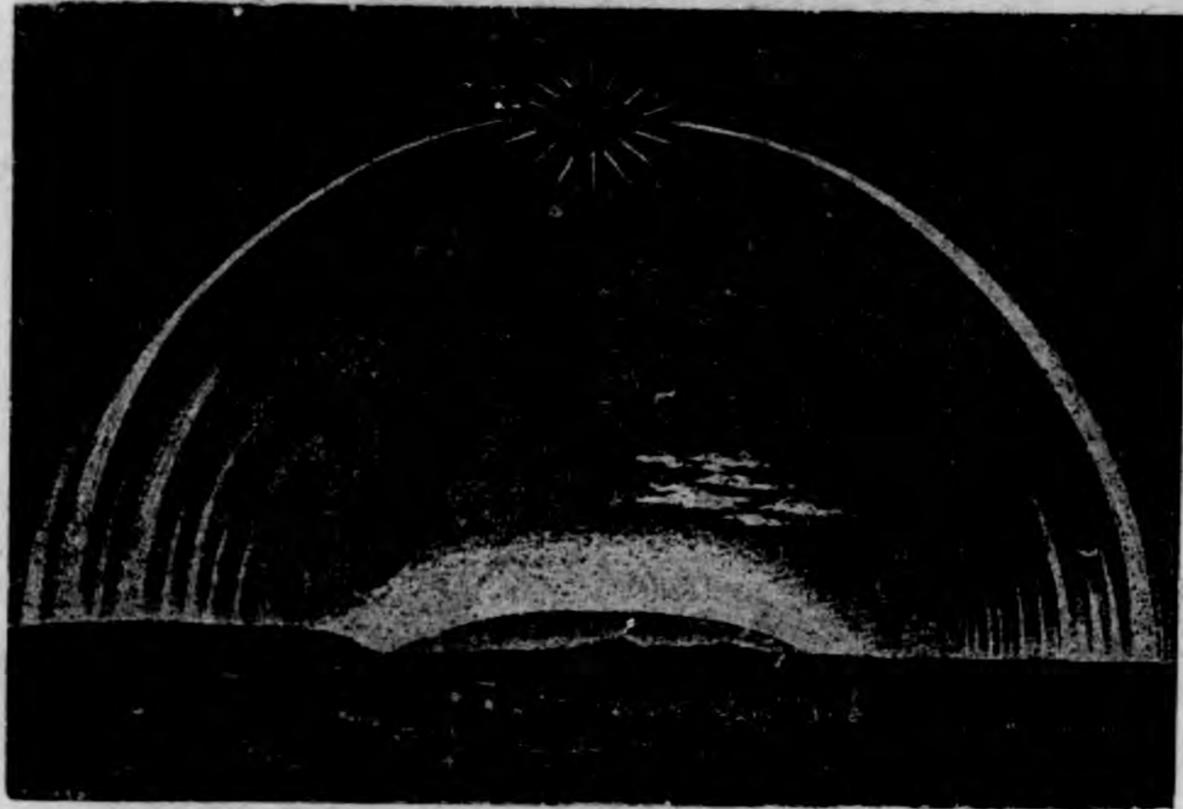
弧狀極光——爲極光中之出現最多者,其弧面與地磁軸(南北兩磁極之連結線)相垂直。極光普通有動與不動兩種;其動者如焰尖之內焰,稱曰極光焰;其不動者每經日不變。弧狀極光爲不動極光之一種,經歷數小時亦不變,極爲尋常。

弧狀極光,通常爲橢圓形,有時亦呈圓形,其弧數不定,有時僅有一弧,有時數弧併列出現。第二十八圖,爲南半球麥爾本(Melbourne)所見之弧狀極光,其頂上有光冠。

弧狀極光與他種極光成混合形狀出現之例極多。
線狀極光——地爲球形，地磁有南北兩極。地磁之力線從北極伸出終於南極，夫人而知之矣，若極光從地磁極上空之一點平行於地磁力線出現，則自地上視之，儼如前述之神光，向四周呈放射狀；此種形狀，稱曰線狀極光。

線狀極光，亦有種種形狀；其中最普通者爲放射狀，其各線間之间隔，極爲明瞭，可見天空。第二十九圖爲一八七〇年十月二十四日法京巴黎所見之線狀極光。

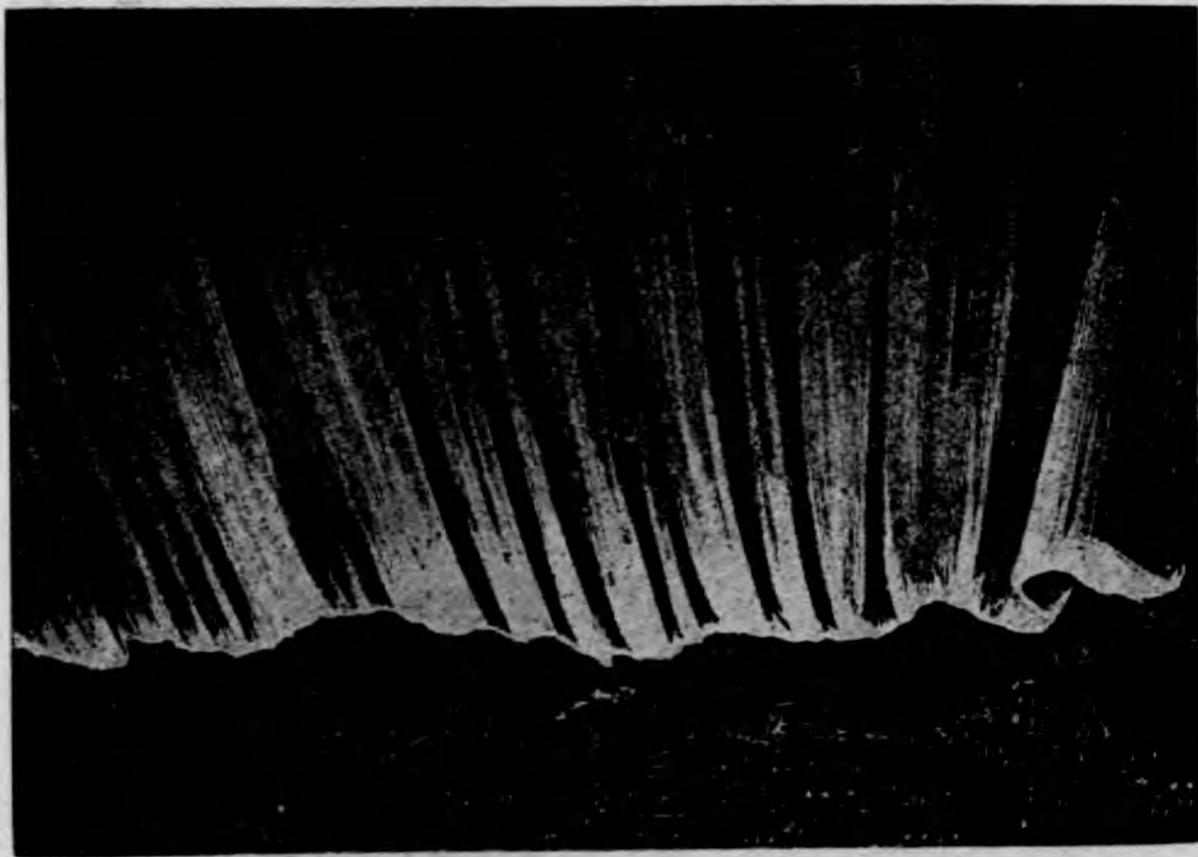
幕狀極光——爲各種形狀中最偉壯最美觀者，有時似垂懸之彩幕，有時似翻動之彩旗，種種形狀不一而足；其與弧狀線狀混合出現時，尤爲壯麗奪目。第三十圖



光極狀弧之冠光有具 圖八十二第



光極狀線 九圖十二第



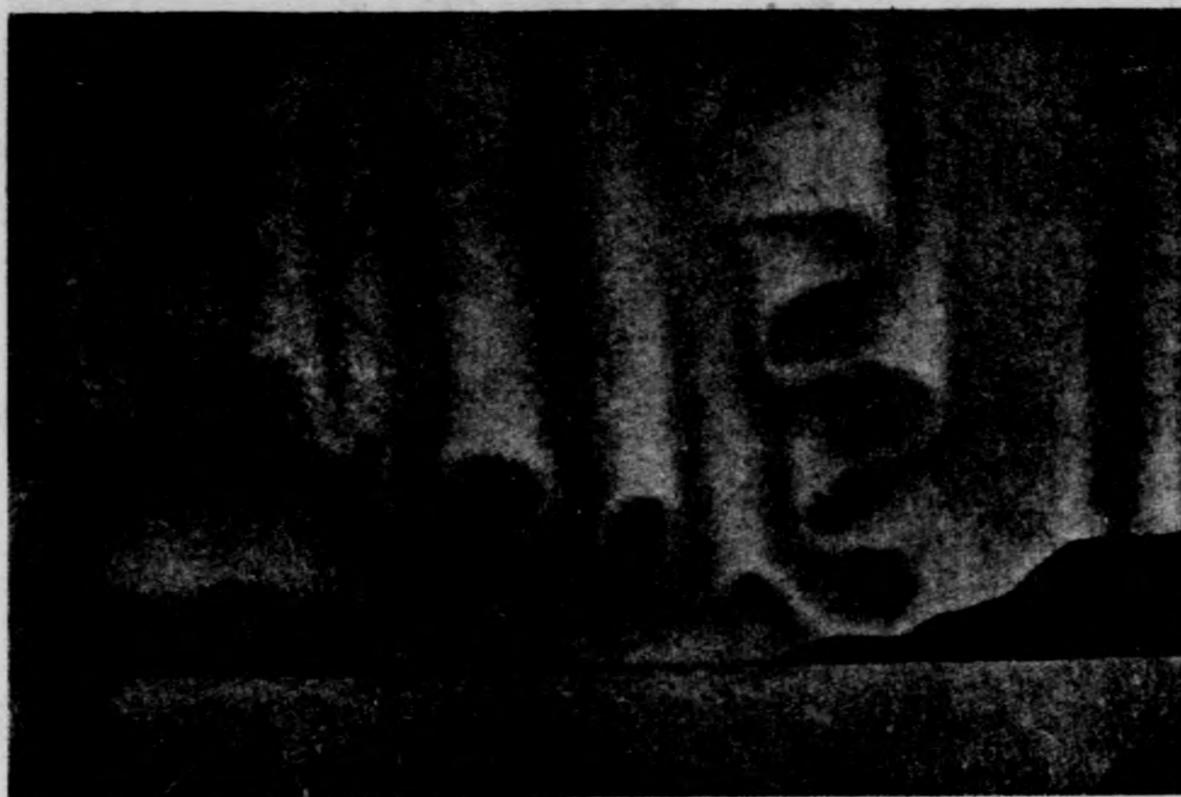
(一其)光極狀幕 圖十三第

爲法京巴黎所見之幕狀極光；第三十一圖及第三十二圖爲同各脫上校探險隊觀測之幕狀極光；第三十三圖爲博瑟可卜所現之弧形幕狀極光；其幕狀部分，由無數縱線而成。由是可見線狀極光之數，增至無數，更加發達，便成幕狀極光。

幕狀極光之特色，爲其底下部分有明瞭之輪廓。構成極光之帶電粒子，通過地上大氣，具有一
定能力之表徵。



第三十一圖 幕狀極光(其二)



第 三 十 二 圖 幕 狀 極 光 (其 三)



第 三 十 三 圖 弧 形 幕 狀 極 光

幕狀極光之底下部分，通常爲紅色，從此以上，漸呈淡綠色。第三十四圖爲特殊之幕狀極光，幕之一端延伸如帶，屈曲如卷鬚。此種特殊極光，法國探險隊在博瑟可卜常見之云。

帶狀極光——恆出現於幕狀及弧狀極光之前後，無一定輪廓；幕狀及弧狀，爲完全發達後之形狀，而帶狀則爲其不完全者。通常帶綠白色，有形如煙狀者，有如卷雲在日沒後受太陽回光所照耀者。而帶狀極光與卷雲同時出現之例極多，以其相酷肖，觀測者每苦於辨識之。

擴散狀極光——此各種極光未發達完全以前之原始形狀也，其出現之機會極多，或似天河，或似片雲，或似牛乳撒地，全無一定形狀。其光度極微，彷彿遠方有火災時，火



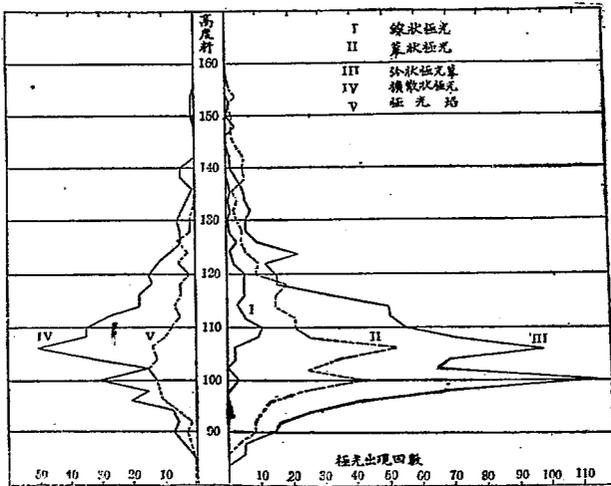
幕狀極光之特殊形狀 第三十四圖

光照耀薄雲一般；每為月光地上反光及日沒後之薄明所掩蔽。

以上所述，僅極光之重要形狀已耳，實際上極光之種類很多，僅此數者，實難包括無遺。此外尚有極光焰，極光斑等，不一而足；極光焰為閃動之極光，極光斑為散在天空之極光，此等皆未發達完全之形狀，漸次變化，即成爲上述各種中之

次述極光出現之高度：

測量極光之高度，多用三角測量法，先於地上測出一條適當之基準線，與其兩端同時觀測極光上之同一點，讀出其各自之仰角，則可算出



圖五十三 極光最低部之高度

表 一 第

極光種別	觀測回數
弧狀極光	八八八次
線狀極光	六一一次
幕狀極光	四〇九次
擴散狀極光	四〇九次
極光焰	一六〇次
次七二九一計合	

該點之高度。惟極光自身，每欠明瞭，欲從兩地同時觀測一點，頗非易事；即此一端，已不免有所誤差；加以極光出現之位置極高，每在百千米以上，差毫失萬，實難得完全無憾之結果。

據衛加德觀測種種極光之結果，極光最低部之高度，略如第三十五圖，以縱線方向之數字表示極光最低部之高度，以橫線之數字表示其出現之次數，I II III ……表示極光之種類。於此圖各種極光之最低部，在某高度出現之情形，自可一目了然，但各種之觀測次數不等，未可據為比較之用，僅能表示其傾向。茲將各種極光之觀測次數，列如次表：

由上述之結果，可見各種形狀之極光，各有一定之高度；同一形狀之極光，其高度亦有時相差甚遠；又可見各種極光最多之高度，恆有兩種，例如弧狀極光，在一〇〇及一〇五千米兩種高度出現最多是也。有謂其原因，係構成極光之光線，對大氣有兩種透過力所致；有謂其係透過力完全不同之兩種光線；二說孰是孰非，尙難判定；惟衛加德以

前說爲是，然亦有贊成後說者。

由上所述，極光最低部之高度，恆不免有觀測上之誤差存在；究竟其可信用之程度如何，有衛加德對於極光平均最低部之觀測記錄，可資證驗，如第二表：

第二表

在各高度所出現之次數	極光最低部之高度（仟米）
〇	九六
六	九八
一八	一〇〇
五	一〇二
八	一〇四
二七	一〇六
二	一〇八
〇	一一〇

由此表可見一〇〇仟米及一〇六仟米兩種高度處出現最多，其平均高均爲一〇三・二仟米，仍係在百仟米上下。

次述極光最高部之出現高度，以其太高，每不能精確測量，故測定之結果極少；且以種類不同，而有顯著之差別；據衛加德測得之結果如第三表：

極光既係大氣中所生之電力現象，則最低限度，其

第三表 極光最高部之高度

極光種類	出現高度（仟米）
弧狀極光幕	一七四・三八
線狀極光	二二九・二五
幕狀極光	一七六・二五
擴散狀極光	一四三・四〇

出現之高度，可作大氣之最上限，故觀測極光最高部之高度，在研究大氣之境界上，頗有重要之意義。

大氣之最上層，是否係由吾人所想像之氣狀物質所組成，可利用極光之光譜分析，以考究之。各家所得大抵相同，極光之界線中，有一種特殊綠線，其波長 0.5577 微米 (micron)，爲今日吾人在實驗室內無論用何種物質，皆不能作出者。究竟此種極光綠線，係由何種物質構成，尙成爲學界之懸案。衛加德曾假定在百仟米以上之高空，爲氮素之固形結晶微粒，以說明之，但尙未能令人滿意。

次述極光之色彩：

極光具有變化遽急之美麗色彩，決非其他自然現象所可企及。通常爲帶藍白色之綠黃色，漸至下部，其色漸紅；有在某一時期全體變爲血色或暗紅色者。於色彩變化之際，有伴隨形狀之變化者，與不然者。

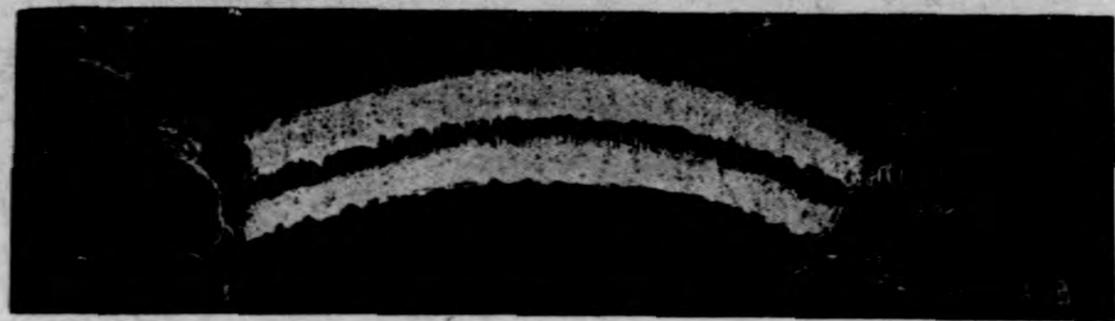
以其變化無窮，故極光究係何色？頗難爲言。在真空管中放電時，色彩隨管內所留氣體之種類

而異，故有人認爲係由大氣成分物而定。然對於色彩遽變一層，則難以解說。

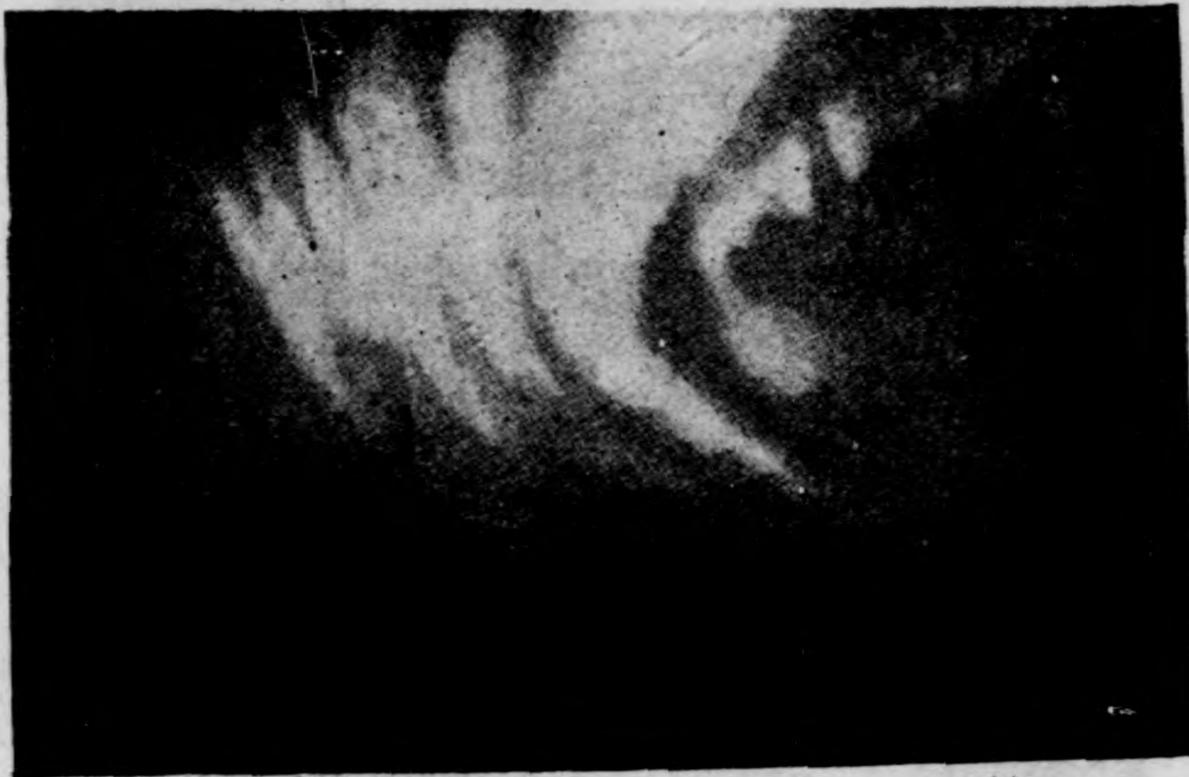
更有欲從極光之成因以爲之說者，謂極光係從太陽飛出之帶電粒子，來到地球大氣上層所呈之放電現象。此粒子之速度有變化，則放電現象因之變化，而呈種種色彩。據實驗已知微粒子之速度小時，放電之色彩呈紅色。空氣微粒有減速作用，微粒入大氣後，速度漸減，及其降至最低部，其速度減爲零，故呈紅色。此說雖較近是，然亦尙未能認爲完全無缺也。

更依衛加德之說，上層之大氣係氮之固形結晶，極光之變色，係結晶氮粒起溶解所致。在衛氏固亦能自圓其說，然學界對此說尙多反對，亦未能成爲定論。

伴隨色彩變化所起之形狀變化，多係漸進的變化。第三十六圖爲一八三九年一月十二日北歐洲拉柏蘭 (Lapland) 之博瑟可卜 (Boseckop) 觀測弧狀極光變形之經過；又第三十七圖爲幕狀極光發達之經過，一九一〇年二月八日時特馬 (Stemar) 攝影。挪威之時特馬 著述極多，其關於太陽微粒粒子從日到地之理論，與柏刻蘭 (Birtland) 之實驗一致，貢獻實大，惜其理論太高，逸出本書範圍以外，故從略。



過經之形變光極狀弧 圖六十三第



過經之達發光極狀幕 圖七十三第



顯無出之... 夫... 土... 蘇光...

第二章 電的現象

五一

景實光極 圖八十三第

次述極光之週期：

欲究明極光之成因，則極光出現之時刻及其出現，是否有一種週期，實有詳解考究之必要。

據調查結果，極光之出現時刻，隨緯度及種類而異。就一地言，弧狀極光出現之時刻最早，線狀極光次之，而最美麗形狀最複雜之極光，則為發達最完全者，故其出現時刻最遲。就緯度而論，有緯度愈高，出現愈遲之傾向。

又日上有大黑點 (sun spots) 時，地上必有極光出現於南半球或北半球，而極光出現回數之增減，約有十一年之週期，與太陽黑點之週期一致。

由此以思，極光為一種電的現象，或係從太陽現黑點時，飛出之帶電微粒子，來到地上大氣之上層，起放電現象之結果，可不言而喻也。

夫極地半年晝半年夜，當其為黑暗無天之冰原，無花香及鳥語，荒涼慘淡，匪可言喻；然有此壯麗無比之極光以飾之，得一而足，亦可謂天道平衡矣。

第三章 氣候

氣候一語，在中國原從舊曆所謂二十四節氣及七十二候而來，所以表示一年中地球與太陽之相對位置，及由是而發生之普通天氣經過者也。然在今日，學術上所使用之意義，則與歐語之 (climate) 相當，就廣大地域，如一國一省而異其各種氣象要素之長期變化狀況時用之，與天氣一語有迥然區別；蓋天氣者，單就某地點某時刻之氣象狀況而言，無廣大地區及時間經過之意義也。

因氣候學與氣象學之領域不同，後者為研究大氣之物理學，前者為考究各氣象要素之經過狀況之學術，故氣候問題非本書所應考究，而本章所及，亦僅其極重要之概念而已。

欲決定某一國或一地區之氣候，首在統計該範圍內氣壓，氣溫，濕度，風等氣象要素之記錄，以其經過之概況；而關於大氣之組成，太陽之輻射，地中溫度蒸發量，雷雨回數，霧及大氣透明度等

之附帶調查，亦頗關重要；若無此等附帶研究，其地區之氣候問題，決不能完全解決也。

對於氣候，有完全研究之地方，在既往尙不多見；據項氏氣候學內所載，全地球上僅有三六處：厥後亞伯所著氣候學中加添六處，共得四二處。在我國除法人在上海徐家匯所經營之氣象臺，積有五六十年之長期記錄，且較完善而外；其他之觀象臺，爲日既短，設備亦差，報告材料，直同鳳毛麟角，雖珍重之而不能得。此外沿海沿江之各海關，固亦有氣溫氣壓風向等之觀測，然設備太簡單，爲數又極少，所有記錄，亦只斷片材料而已。至如農學試驗場及農學校，雖偶有觀測，然斷續不常，誤差未正，直有若無耳。夫以人文關係綦重，吾人日常生活不能須臾或離之氣候氣象問題，在科學昌明之二十世紀，猶付缺如，實不能不認爲憾事也。

世界上之氣候，各國不同，各地方不同，已夫人而知之矣。其所以不同之原因，略有兩端：其一爲緯度之高低；其二爲太陽輻射之強弱。除此二者作用之外，尙有次述各種原因：

1. 海拔之高低。

2. 隣近山脈之位置方向及高度。

3. 地勢及構成土壤之地質。

4. 植物之榮枯。

5. 附近之水陸分布狀況。

6. 所有之主風及其係流。

7. 附近之海流狀態及其種類。

關於氣候之因子既多，故氣候之分類上，頗難有絕對之標準；方法雖多，大都顧此失彼，尙能概括一切。普通之分類法中，其大者如次：

1. 依緯度高低之分類法——以南北緯度二三度半之間爲熱帶，以緯度二三度半至六六度半之間爲溫帶，自六六度半至地極間爲寒帶，如是者曰氣候帶。熱帶佔全地球表面積之四〇%，溫帶佔五二%，寒帶僅八%。

2. 依溫度高低之分類法——因前項分類法不能嚴正區別各地之氣候，故有採用在動植物之生長及人類文化上有重大支配力之溫度爲標準而分類者，其界限以年平均氣溫之等溫線爲

定，如是者稱曰溫度帶。

以溫度爲標準之分類法中，尙有以主風爲本者，以氣溫濕度爲本者，又有以植物之分布狀況爲本者；其以植物之分布爲本之分類曰植物帶。

刻盆 (Köppen) 着眼於氣溫及降水量，分別世界上之氣溫，作有氣候圖；第三十九圖 A 表示熱帶式多雨氣候，B 表示乾燥氣候，C 表示多雨氣候，D 亞寒帶式氣候，E 及 F 表示多雨氣候；以細線表示降水量之大小，線愈密降水量愈大。欲知其詳，可參考美國氣象月刊雜誌第五卷第六八頁。

3. 依地勢之分類法——用地理的因子之氣候分類法；凡八種：一曰大陸氣候，其特徵爲氣溫之日變化及年變化，皆極遽烈，降水量小，空氣乾燥，風速不大，夏季每有暴風豪雨。二曰海洋氣候，其特徵與大陸氣候適相反。三曰沙漠氣候，爲大陸氣候之極端者，其特徵爲降水量絕少，晝夜溫度遽變，岩石爲之破裂，晝間有極強勢之上昇氣流，幾不生雲，地上無植物，空氣中少濕氣。四曰海岸氣候，爲大陸氣候與海洋氣候之調和氣候，其特徵爲每日發生海陸風，瀕海方面之氣候，近於海洋，背海方面，類似大陸，而皆不及。五曰季節風帶氣候，其特徵爲冬夏之風向正相反對；有夏季生海風，冬季

圖 陸 氣 之 盆 刻 圖 九 十 三 第



生陸風者，其地夏濕冬乾；有冬季生海風夏季生陸風者，其地夏乾冬濕；換言之，一年有乾期及雨期，爲季節風帶氣候之特徵。六曰山地氣候，山前山后之氣溫氣壓及濕度皆相差甚大，每有雷雨降雹等事；氣候溫和適於呼吸器病者；而山巔生 *Nöhn*，山麓生山谷風，爲其特徵。七曰高地氣候，爲海拔二公里以上之高地氣候，其特徵爲氣壓極低，氣溫無大變化，多霧，春較寒而秋較暑。八曰森林氣候，爲大陸內之氣候，其特徵爲風速極小，濕度極大，雨量多，冬季較溫，夏季較涼，寒暑不烈。

第四章 氣象調查機關及其設備

氣象與人生關係極爲密切，自生民以來，早爲人類所注意。然古昔僅徵之自然物，而無特殊機關之設備，近世科學昌明，人文發達，無論農工商旅，在在感覺急切之要求，乃有氣象臺之設置，以資專研，而利公便。是以氣象調查機關之有無，以及設置完備與否，在今日已成爲國家文化高低之標度矣。

氣象設備開始最早者爲英法，而晚近氣象調查機關之密度，則以挪威及日本爲最稠密；在挪威每隔數十里即有一所氣象臺；在日本其面積不過中國之四川一省，而氣象臺達百數十所；在中國設置之氣象臺，爲數極少，與全國面積相較，直謂之全無，亦無不可。

氣象調查機關每日之行事如次：

1. 按時觀測氣壓，氣溫，濕度，風力，風向，雲形，雲量，雲速，降水量，地溫，蒸發量等；或每小時一次，或

每日三次或四次或六次。

2. 前項觀測結果之整理統計。

3. 製作天氣圖發佈天氣預報。

4. 關於氣象學上之各種研究。

5. 其他附屬事業——如地磁地震及空中電等。

各地方氣象臺，每日依照標準時間，按時觀測，速報中央氣象臺；中央氣象臺蒐齊各地方之觀測報告，作為天氣圖，推定今後各氣象要素之變化，預報今後二十四小時內之天氣概況，至急通報全國地方機關及海上船舶；遇有暴風等變化時，特先警報，俾人民得以先為之備。

氣象調查機關之設置，愈密愈佳，若距數百里尚不得其一所，則不能完其天職，而餉人民之希望。至氣象臺之內容，最少限度，須有次之各器械：

1. 精密時鐘。

2. 標準水銀氣壓計，無液氣壓計，及自記氣壓計。

3. 精密更正之水銀溫度計，自記溫度計，最高最低溫度計。
4. 標準乾濕球，濕度計，及自記毛髮濕度計。
5. 略秉森風力計及其附屬之自記器。
6. 風向計及其自記器。
7. 雲速雲形之觀測器。
8. 雨量計及自記器。
9. 蒸發計。
10. 地下溫度計。
11. 地磁觀測器械。

此普通一般氣象臺之大概內容也；若在中央氣象臺，則須加添各種必要之研究設備。至於通報機關，各國每不自設電報器械，以節費用，關於氣象報告，電報局認為最急電報，儘先拍發，決不稍事留難。

第五章 太陽活動與氣象之關係

太陽之活動與地上氣象現象間之關係，在十九世紀後半始發見；雖爲時未久，然經考究之結果，其與地磁極光及空中電等間之關係，次第發見，關於太陽活動與地上氣象現象間之關係論文，迄今已不下數百種矣。本書篇幅有限，不能逐一介紹，且甲是乙非之論，在在皆是，更未便爲無益之敘述，以紊亂讀者之心思，故本章所述，只及其較有權威者而已。

本章立論，大抵係採用太陽上所現之黑點及斑光，以爲太陽活動之表徵，更採取太陽黑點消長之十一年週期爲太陽自轉之週期，以與地上氣象現象相比較，而推出其間之相對狀況；分項詳述之如次：

〔一〕太陽黑點與地上氣溫

關於此方面之比較研究，係一八七〇年刻益所倡導，據刻益比較研究之結果，太陽黑點少之



年，地上氣溫高。繼後密耳克將一八七〇——一九一〇年間之氣溫變化與太陽黑點消長之十一年週期間之關係，研究完成後，更補正刻益之結果，發表一論文，謂熱帶及準熱帶地方之氣溫變化，與太陽黑點之十一年週期相伴隨，極有規律。

刻益之研究結果，如第四表；由表可見太陽黑點最多及最少附近之年歲間，氣溫之變化極小，且其變化有規則。但於此所採用之氣溫，乃蒐集全球面上六分之一之材料，所取之年平均值與長期累年總平均間之較差，以其材料之蒐集廣遍，故表中之值，直謂為地球上之總平均值，亦無不可。

第四表 黑點週期間氣溫之變化表

年次	地區	最大黑點之年	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	第六年	第七年	第八年	第九年	第十年	
1878-1905	熱帶地方		+0.21	+0.12	+0.08	-0.01	-0.13	-0.19	-0.17	+0.03	+0.08	+0.001	+0.15
1870-1901	準熱帶地方		+0.10	+0.05	-0.07	-0.09	-0.11	+0.24	-0.25	-0.11	-0.04	+0.07	-0.08
1820-1850	熱帶地方		+0.33	+0.15	-0.04	-0.25	-0.28	-0.32	-0.27	-0.14	+0.08	+0.30	+0.41
	準熱帶地方		+0.17	+0.23	+0.25	+0.18	+0.00	-0.23	-0.28	-0.21	-0.17	-0.07	+0.12

此外關於本問題之論文尚多，類皆對於刻盆之說，加以贊同或反對者耳。

因氣溫變化受地勢之影響極著，故以地勢之關係，地上各處之氣溫變化與太陽消長間之相關係數，有正有負；換言之，即有黑點多之年氣溫高，黑點少之年氣溫低之地，亦有黑點多之年氣溫低，黑點少之年氣溫高之地；雖其變化狀況隨地勢而有差異，然其分布確隨地勢而有一定之規則。

對此問題欲作更進一步之研究，則考究太陽輻射之強度，頗屬重要。據考究結果：知大氣層之厚度，以等差級數增加，則大氣對太陽輻射能之吸收量，以等比級增加。假設剛達大氣最上界限時之太陽輻射量為 H ，到達地面時之值為 h ，而大氣對太陽輻射能之透過度為 p ，受輻射之空氣之質量為 I ，則其間有次之關係：

$$h = H p I$$

若 h 及 I 由實驗求得，則行二次以上之觀測，可以算出 H 及 p 。此 H 之值，稱曰太陽常數（sol. constant）；蓋正直投射大氣最上界限時，每平方厘米之面積上所受之太陽輻射能也，其單位用卡（calorie）。

太陽常數伴隨太陽黑點消長之十一年週期而變化，此事古人早已知之。大概言之：黑點極多之年，比極少之年，太陽常數之值約大二%云。

因大氣之性狀對於太陽常數之觀測上有極顯著之影響，故在可能範圍內，務須採取適當方法，加以補正乃可。

蘭格力 (Langley) 據 1901—1904 年三年間之觀測結果，發見太陽輻射伴隨太陽自身狀態之變化，頗不規則；阿波特 (Abbot) 改良蘭格列所用之儀器及方法，再行觀測，結果發見太陽輻射之不規則變化，各地頗相一致，故斷定其確由太陽自己之狀態而生。

因此問題在氣象學上有極重要極密切之關係，故從事於本問題之研究者，頗不乏人；茲綜合諸家之結果分項述之：

1. 太陽面上中央部分與緣邊部分之光度比，對於太陽輻射之變化有關；而一九一二年阿波特發見其間之相關係數達六〇%云。

2. 太陽輻射之增加，對於太陽光線中之長波輻射與短波輻射間之比之增加有關；而短波輻

射之增加，係本於輻射物體之溫度增加，乃物理學上熟知之事實；如金屬之色隨溫度之上昇變爲短波之黃色青色，卽其適例。

3. 太陽輻射之年平均數與黑點數間有密切關係。

4. 太陽輻射之強度對於太陽光譜中夫牢因和表線之強度，作反比例增加。

5. 太陽輻射之強度與太陽面上所現之斑光有關。

由上述可知太陽自身之狀態變化，與太陽輻射之強度，有不可離之密切關係。

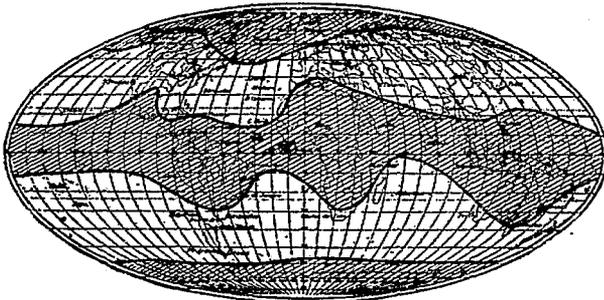
此外如火星之極上所現雪冠之面積，在太陽黑點極多之年較極少之年小；又木星反射光之極度亦伴隨太陽黑點之消長而有增減等現象，皆爲太陽黑點與太陽輻射間有關係之鐵證。

〔2〕太陽輻射之日變化與氣溫

太陽輻射對於太陽黑點有密切之關係，已如上述。以此關係密切之太陽輻射，與地上氣象現象相比較，而探求氣象變化所受黑點之影響，則爲一九一三——一九一四年克雷吞在斯密尼亞 (Smithsonian) 天體觀測所觀測太陽日日之輻射值時所創始之新研究。克雷吞取前后五日間

之輻射平均值，加以平滑整理，消去其不規則之影響；又將世界各地所觀測之氣溫，消去年年變化及日變化，仍取其前后五日間之平均值；以此兩平均值相比較，極相類似，其間之相關係數，有達三〇%以上者。不過其相關情形，各地不同，有氣溫伴隨太陽常數之增加而上昇者，亦有太陽常數增加而氣溫反下降者；概略言之，大抵熱帶地方為正相關，氣溫與太陽輻射俱增，溫帶地方為負相關，輻射增加氣溫反降下；在六七十度以上之高緯度地方，又為正相關。其分布如第四十一圖，陰影部分為正相關之地帶，其餘為負相關地方。採用之材料，為一九一三年之值，因是年正是太陽黑點最少之年，故更採用一九一六年黑點最多年之值，取前后之平均值，加以同樣之研究。由此研究而太陽輻射對氣溫氣壓之關係密切，益得鐵證。

克雷吞從一九二〇年起，更直接以太陽之輻射量與太陽斑



布分關相之射輻陽大與溫氣上地 圖一十四第

光之位置相比較；雖其材料不多，結果亦頗饒興趣，共調查三種黑點：第一種爲七羣黑點，在太陽東端出現之三日后至五日後共九日間太陽輻射量之平均值；第二種爲六羣黑點在太陽面西端隱沈後之五日前至三日後共九日間太陽輻射量之平均值；第三種爲七羣黑點通過太陽面中央子午線之前后十七日間太陽輻射量之平均值，其記錄如第五表：

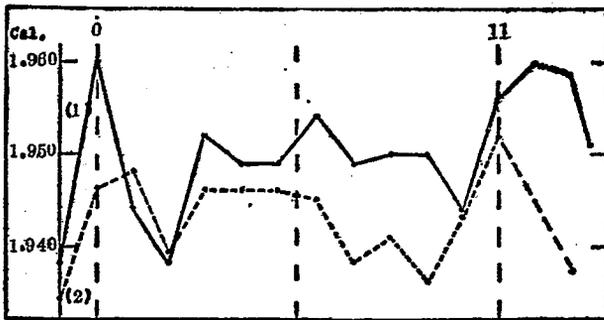
第五表 斑光在太陽上之位置與太陽輻射量之關係

第一種	H	在東端出現後																	
		前←								→後									
第二種	H	在東端出現後																	
		前←								→後									
第三種	H	在東端出現後																	
		前←								→後									
第一種	輻射量之平均	0.040	0.024	0.045	0.055	0.052	0.048	0.037	0.047	0.039									
		2	1	0	1	2	3	4	5	6									
第二種	輻射量之平均	0.046	0.045	0.035	0.030	0.048	0.050	0.054	0.040	0.038									
		6	5	4	3	2	1	0	1	2									
第三種	輻射量之平均 $\times 10^{-4}$	42	38	40	49	41	43	33	46	44	45	35	47	40	49	48	40	38	
		8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	

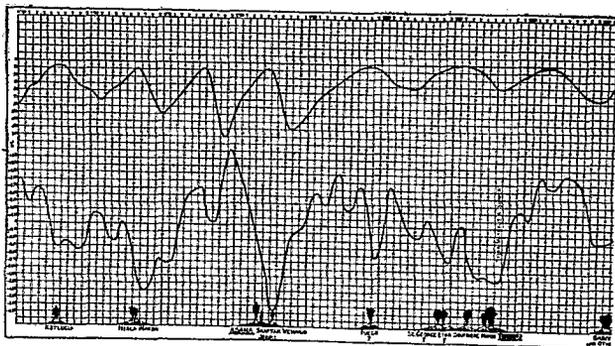
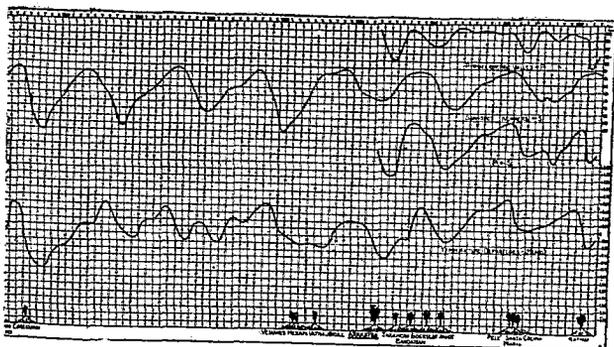
於表中之值加一·九〇〇，即得太陽輻射量之平均值；而全觀測之總平均值爲一·九四三。由此可知一般黑點在東端出現時，太陽輻射量較總平均多〇·〇一二卡；沒於西端時，較總平均值多〇·〇〇七卡；而通過子午線之五日前及五日後，輻射最強，在二日前後，輻射最弱。

克雷吞更舉出在黑點最多之處，發生斑光最多；又當斑光在太陽面之邊上時，輻射有增加之傾向；在中央部出現時，無大影響。

第四十二圖表示斑光在太陽面上之位置與太陽輻射量之關係；其實線表示斑光在東端之前一日至十日後之太陽輻射變化；點線表示斑光在西端沉沒之十二日前至一日後之太陽輻射變化。



係關之射輻陽太與置位之上陽太在光斑 圖二十四第

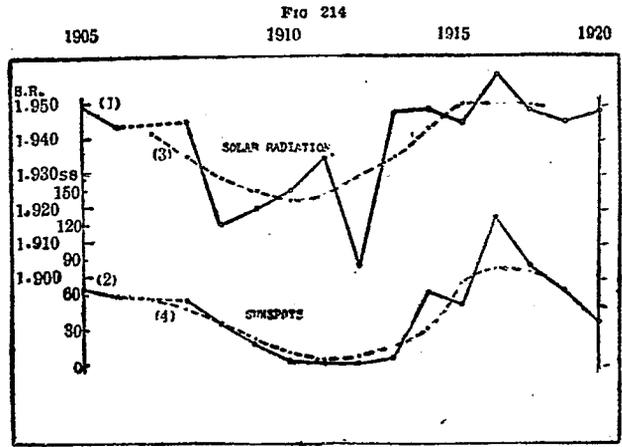


太陽黑點太陽輻射及氣溫之間之關係 圖三十四第

[3] 太陽輻射之年變化

太陽輻射之年變化與氣象現象間之相關狀況，如第四十三圖及第四十四圖；其第四十三圖為各地之觀測值，經琴波爾計算所得太陽輻射之變化曲線P，與黑點數之消長曲線S，及世界各地所測定之氣溫平均值與總平均間之交差曲線T；此三種曲線之材料，為一七七〇——一九一三年之值；觀夫此，則此三種量年變化間之相互關係可以知。

因大氣中之細塵，可以減少地上所得之太陽輻射量；故一八八三年克刺卡士亞火山爆發時，火山灰噴騰空中，其後二年間之太陽輻射量，為之減



均平年之數點黑陽太與均平年之射幅陽太 圖四十四第

小，地上氣溫降低。蓋細塵之顆粒甚小，在乾燥時浮游上空，可以反射太陽之輻射線；一二年後，此等細塵吸得濕氣，顆粒合併增大，反射作用亦加大，更防太陽之輻射，故呈此顯著之現象也。與此相同之現象，在一九一二年卡特買（Kattmai）山噴火後亦見之；第四十三圖之P與T兩曲線，在此時皆特別低下；由是知太陽輻射與地上氣溫間有密切之關係。

又將S與T兩曲線對比觀之，可見其間雖有一二年之差異，而黑點增加之年，氣溫降下爲負的相關，乃不能否認之事實；於此更值得注意者，此時之黑點曲線爲倒立狀況是也。

又於第四十三圖，若將P與S兩曲線適當配合，以與T曲線相對比，可見其間有顯著之相關；換言之，即將表示輻射量之數與表示黑點之數相加，另作成圖中之P+S曲線，以與氣溫曲線T相比較，可見其間有不能否認之顯著關係也。

以上所述，係依據阿波特及佛爾之研究；次更述阿氏研究之結果，太陽之輻射量隨黑點數之消長而增減之情況。單將此二者之年平均值，作如第四十四圖之實曲線，似不能認出，然若將此兩實曲線平滑之，作如第四十四圖之點曲線，兩者間之顯然關係，即可一見而知。故阿波特謂太陽輻

量之變化對黑點數之消長爲正的相關，增與俱增，減與俱減。

要之，黑點及斑光，爲太陽活動之表徵，其與地上氣溫變化間之密切關係，由輻射量變化之媒介，已完全證實矣。惟氣溫與太陽輻射間之關係極其複雜，其大抵情形，如第四十一圖所示，相關係數，有正有負，與刻盆所論一致。

[4] 太陽黑點與氣壓

欲明太陽黑點與地上氣壓之關係，須自比較低氣壓之數與太陽黑點之數始。

毛里西亞 (Mauritius) 天文臺之墨爾多蘭 (Mertram) 曾於一八七二年發表一篇關於低氣壓與黑點之論文。據此文所論，在赤道與南緯二五度，東經四〇度及東經一一〇度間之範圍內，通過之低氣壓數隨太陽黑點之消長而增減；在黑點最多年之低氣壓比黑點最之年爲多。又於翌年精密考查一八四三——一八九三年間通過印度洋之低氣壓數，與同期間內各年之黑點數之比較，發見黑點最多年，平均有低氣壓六〇個，最少之年平均有三四個。復考查得降水量亦以黑點最多年爲最大。

又一八七三年坡厄易發表一七五〇——一八七三年間三五五次颶風之調查表，謂西印度之安的列斯羣島 (Antilles Islands) 及大西洋上之颶風，在黑點最多之年較最少之年頗繁；但讀者須知製作颶風數調查表，實非易事，加以坡厄易所舉出之颶風數，平均一年不過二次，其數極小，雖在黑點最多最少之年，有相當程度之變化，而增減之比率，實未免太小，是以此表之憑信程度如何？尙屬疑問。

此外尙有牙買加 (Jamaica) 之馬克斯威爾夥爾 (Maxwell Hall) 統計一六五五——一九一五年間通過牙買加地方之暴風及颶風共三一次；又法西格 (Faring) 統計一八七八——一九一一年間之暴風共一四三次。

厥後亨利 (Henry) 將坡厄易、夥爾及法西格三人調查所得之低氣壓及其後之低氣壓，作一總調查表，如第六表；其中坡氏所調查之部分，係以每三年爲一羣所求之和，各羣中央年皆爲黑點最多或最少之年。

第六表 太陽黑點最多與最少年之低氣壓數比較表

黑點最多之年		黑點最少之年		差
年	低氣壓數			
1750.0	6	1755.5	5	-1
1761.5	3	1766.5	11	+8
1769.9	5	1775.8	8	+3
1779.5	10	1784.8	15	+5
1789.0	7	1793.5	1	-6
1804.0	7	1810.5	11	-4
1816.8	11	1823.2	5	-6
1829.5	12	1833.8	8	-4
1837.2	22	1844.0	13	-9
1848.6	11	1856.2	6	-5
1860.0	3	1867.2	3	±0
1870.7	10			
以上係坡厄易所調查				
1883.9	8	1878.9	10	±0
1894.1	14	1889.6	15	+7
1906.7	12	1901.7	13	-1
1917.7	20	1913.4	1	-1

表中坡氏所調查之部分，共有黑點之循環週期一一次；此一一次中，有六次爲黑點最多年之低氣壓數，最多年較多；有四次最多年較少；有一次相等。至其百分率，則黑點最多之年佔五〇次，最少之年佔三〇次。

全表共有黑點之循環週期一五次，雖比坡氏部分加多亨氏之調查結果，然其比率則無大變化。一五次中，八次爲熱帶性颶風，在黑點最多之年較多；有五次較少，兩次相等。至在大黑點最多之一八八七及一八七〇各年後之黑點最少年，颶風數陡增，頗有注意之價值。

由是可知太陽活動給與地上氣象現象之影響，呈堆積性作用；雖黑點自身已入減少之途次，而最多黑點所給與地上之影響，尙可殘存於數年之後。

以上所述，爲黑點數之消長所及於低氣壓數之影響之概梗；更有比革羅 (Bigerow) 及克爾馬 (Kolmar) 謂黑點之消長對於低氣壓之徑路有顯著之影響，且以爲與其謂太陽活動對於低氣壓之數有直接影響，勿寧謂其能左右低氣壓之徑路之合事實云。又據比革羅之考查結果，高氣壓與低氣壓之徑路所受黑點消長之影響相反；又克爾馬調查一八八三——一九一二年間通過

美國及加拿大之低氣壓徑路，結果發見在美國地面上之低氣壓徑路，隨黑點增加，漸向南傾。

又阿庫斯基 (Arkuskey) 調查通過 100 度子午線之低氣壓數，證實其徑路隨黑點消長而有相當之偏向。

總上述各家之所論，低氣壓數一般是黑點最多之年較最少之年爲多，其徑路隨黑點消長而起偏向。

(5) 日日之黑點變化與氣壓變化

比較太陽黑點與地上氣壓之日日變化，以探求其間之相關狀況者，頗不乏人；其中注意於氣壓變化之度即氣壓梯度以論究其關係者，實自罕丁董 (Hantinton) 始。

因爲地上之氣象現象，類皆直接間接受氣壓梯度之影響，故探究地上之氣壓梯度與太陽黑點變化間之關係，極關重要，且爲最有趣味之問題。

罕丁董根據德國惹瓦爾德發行之每日天氣圖，數計每差五毫米之等壓線與每差五度之經緯線之交點數，假定其總和爲天氣圖上表示平均氣壓梯度之值累積十年間與某一日相當之值，

求其平均值，以爲此日之氣壓梯度值。欲求某一年該日之氣壓梯度，卽以前法在該日之天氣圖上數得之交點數，與十年間之平均值之百分率，稱曰該日之氣壓梯度指數。故欲知今日氣壓梯度比平均較大或較小，可計算此梯度指數之大小而定之。

罕丁董表示太陽活動之方法，頗有特色。先將太陽面依經度方向分爲三部分，每部分間隔六〇度；其中在兩側之新月形部分，更分爲南北兩等分。如是共得五區分，除中央部不計外，其在東西之四區，以A B C D順次代表西北，東北，西南，東南，各部。觀測各部分內所見之黑點面積，求出（A + D）與（B + C）之差，想像其對於太陽活動之表徵極關重要；稱曰對向象限差，或單曰象限差。以此與氣壓梯度指數比較之，所得結果，大概如次：

1. 太陽常數黑點及斑光對於北大西洋上之氣壓梯度有明確之關係。

2. 斑光及太陽常數表示同樣之加熱作用。據克雷吞所論，在熱帶地方所感受之最大加熱作用，於太陽活動最強之二三日後表現；據罕丁董所論，在溫帶地方，其對於氣壓梯度之影響，非在八九日後不表現。

3. 據德列 (Dailoy) 所論，黑點對地上氣壓梯度之影響，似非加熱作用之結果。蓋黑點之影響，係在二四小時內表現，故加熱之結果稍過早；又黑點給與低氣壓部位及高氣壓部位之影響則相反。更照加熱作用解釋之，若果係加熱作用之結果，則黑點在太陽面中央部分時，應呈最強之加熱作用；而實際上僅斑光之作用。如此，黑點之影響適相反，在太陽面之線邊時，對於氣壓梯度始發生影響，實帶有象限差之意義。

4. 太陽活動之變化，對於地上大氣中之現象，有相當影響，已無疑義。其變化可分兩種：其一為熱的影響；他一種則為電的影響。

發生上述各影響之原因何在？就理論上及事實上努力研究者，頗不乏人；或從極光及地磁狂 (magnetic storm) 立論，或視太陽面上之位置如何立論；諸說紛紜，鮮有確實之論證，故茲從略。

[6] 太陽黑點與降水量

印度之窩爾刻 (Walker) 計算世界上百餘處之降水與太陽黑點數之互相關係，其結果正負相間，分布狀況極為複雜。

又據墨爾多蘭之研究，熱帶地方之降水量，隨太陽黑點數增減，即其關係爲正的關係；又洛克亞在印度及錫蘭島，亦發見與此相同之事實；又賽孟斯 (Salmons) 及丟里涅克 (Dillneck) 謂黑點最多年之降水量，較最少年爲大，在熱帶地方尤爲顯著。然阿器保 (Arkihalt) 及喜爾 (Hill) 二人各自研究之結果，印度冬季之降水量，與墨爾多蘭所發見之事實相反，黑點最少年之降水量最大；喜爾又發見印度夏季因季節風而致之降水量，與黑點之增減一致。

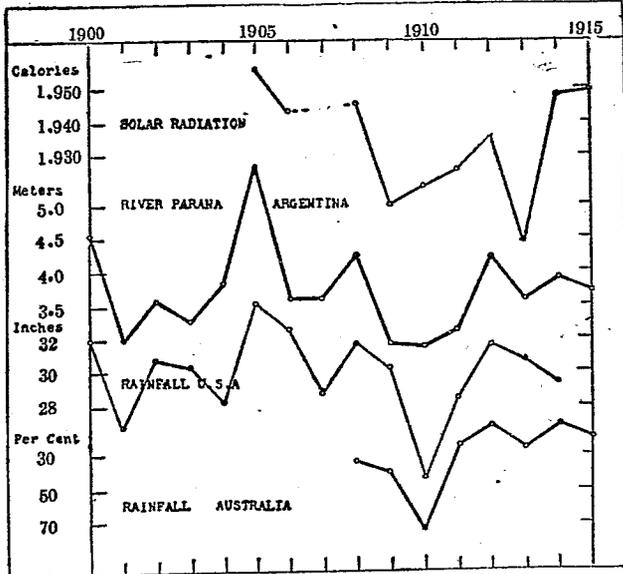
一九〇三年士來巴 (Schreiber) 就歐洲多處研究降水與太陽黑點之關係，發見降水亦與黑點同，有一一年之週期。其表示週期之曲線，各有二個最大與最小；一個最大在黑點最多年之二年後，他一最大則在黑點最少之年；而降水量之最小，一在黑點最多之年，一在黑點最少年之次年。一九〇三年巴項 (Barhan) 在英國研究降水量之週期，亦發見上述之兩最大最小，但彼所得之兩最小，各起於黑點最多年與最少年之次年云。

一九〇九年，赫爾曼 (Herman) 在歐洲調查降水量之年變化與太陽黑點之週期間之關係，雖無特定之標準，然知降水量在黑點週期中有兩次最大。

此外查普曼 (Chapman) 曾就世

界上一四七處之降水量，研究其與太陽黑點之關係；亦未得適當確切之解決。要之，降水量為氣壓氣溫及其他多數氣象要素交錯所生之結果，故直接以之與太陽活動相連結，實為極難解決之問題，固不待言；又用作比較之太陽黑點數，直接視為太陽活動之表徵，而以之與降水量比較以事調查，或欠妥當，亦未可知。此等問題，尚有待於今後之研究。

次就太陽輻射與降水量之關係略言之：第四十五圖所示者，係北美中部，南



太陽輻射與降水量之關係 第四十五圖

巴西及澳洲之降水量之百分率與太陽輻射之比較；觀此圖，北美及南巴西之降水量，雖直接隨太陽輻射而增減，然澳洲之降水量則反是。故縱令太陽輻射，欲直接以之與降水量相比較，事實上不能不謂其尙感困難也。

(7) 與黑點有關係之其他現象

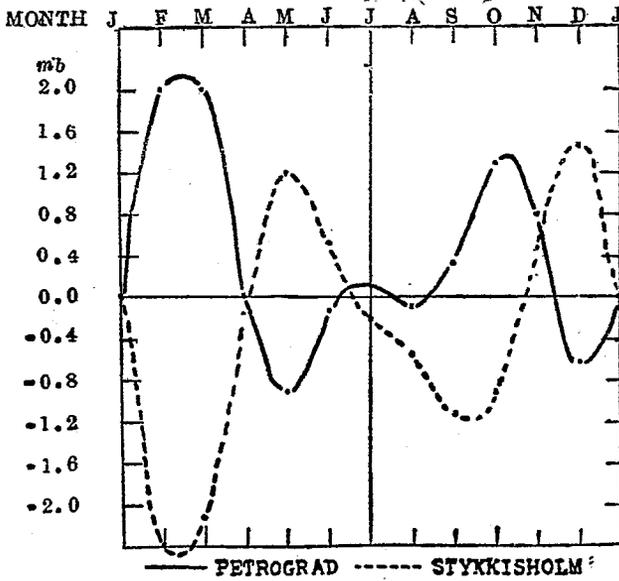
氣壓，氣溫，降水量等，隨黑點——太陽活動——而變化之現象尙多；例如降雹數之變化，電光數之變動等，亦與黑點有關係；而極光地磁，空中電，地中電流等，電或磁的現象，皆隨黑點而起之事實，已全無置疑之餘地矣。

又據克雷吞之研究，在黑點數增加之年，北大西洋與北歐之氣壓年變化，有互相反對之關係，一方高則他方低，如第四十六圖是也。圖上縱軸以毫巴 (millibar) 表氣壓，橫軸表月分，由一月至十二月；列寧拉得之氣壓以實線表之，愛爾蘭之斯替啓斯何爾謨 (St. Kishalm) 之氣壓以點線表之；當黑點增加之年，兩者竟成全相反對之現象。

尙有一種新研究，謂大氣中含有之放射性物質，以黑點爲源泉。蓋大氣中有錳，鈦，銅等元素之

放射氣(emanation)分解物存在；此等分解物之量，隨時與地而異；其量以地中之洞穴及大氣上層為特多。歷來之學者，均以為大氣中之放射性物質，係由地中放射而出；且大氣中含有量之變化，乃地中放出之程度，依日射降水，氣壓等而變化所致云。然依此種假定，在山頂測大氣中放射性物質量之變化時，並不能得滿足結果。

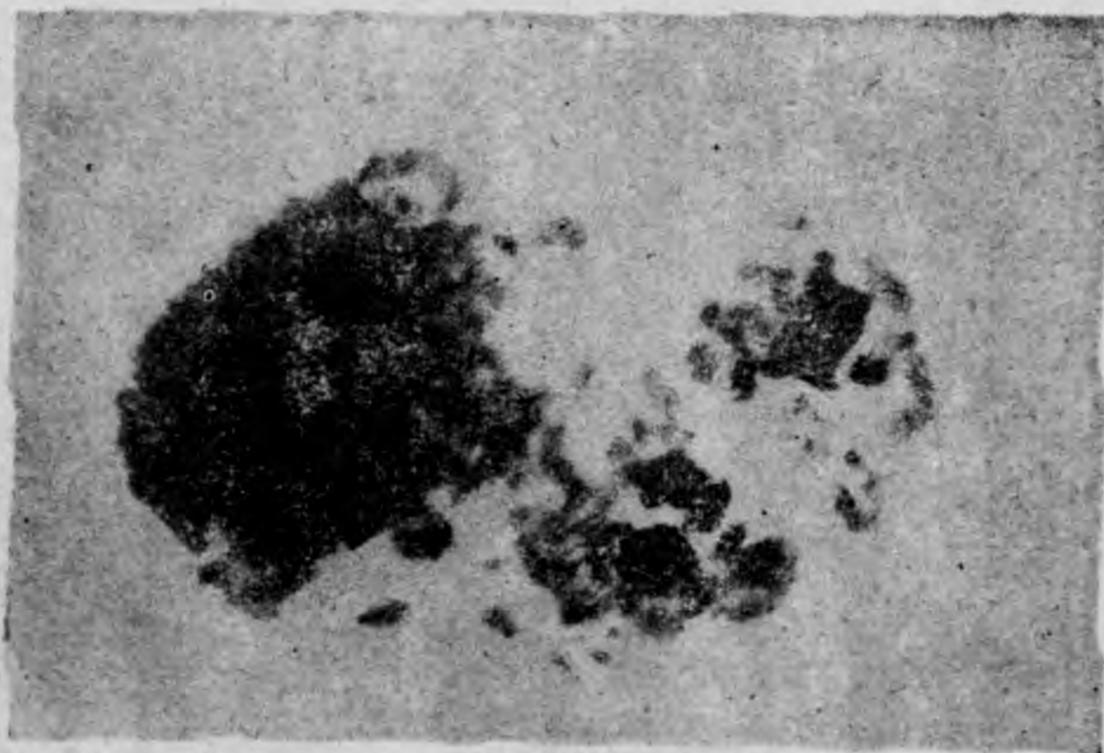
故大氣中存在之放射性物質，是否由地中放出，實成爲一大問題。有用紙鸞或氣球等，以測定大氣上層中放



化變年歷氣之歐北及洋西大北年之加增點黑 圖六十四第

射性物質之變化者。

一九一三年，蓬伽德 (Bongard) 在林敦堡 (Lidderberg) 地方，設特別儀器於紙鳶上，使其上昇於四仟米之高空，測其處含有放射性質之量；同時萊特 (Wright) 及斯密士 (Smith) 二人又在馬尼刺行同樣測定；結果不謀而合，皆發見此含有物與太陽自轉週期一致，約以二七——二八日之週期而變化。更以此結果與威爾遜山之太陽研究所等攝得太陽面之照片比較觀之，有鈣雲通過太陽面上時，大氣中放射性質亦起變化。於是蓬伽德主張大氣中含有之放射性質，決非由地中放出，其原因不能不求之於太陽云。



第四十七圖 太陽之黑點

要之，太陽之活動，地球上多數現象受其影響，然其影響之程度及原因，現今尙多不明，故待研究之問題正復不少。

中華民國二十四年六月初版

(54852)

自然科學
小叢書
大氣中之光電現象一冊

每冊定價大洋貳角

外埠酌加運費匯費

版 翻
權 印
所 必
有 究

原 著 者	國 富 信 一
譯 述 者	沈 懋 德
主 編 者	周 王 昌 雲 壽 五
發 行 人	王 雲 五
印 刷 所	上海河南路 商務印書館
發 行 所	上海及各埠 商務印書館

(本書校對者杜其達)

七八五上

映

#3
601532

