

RICERCHE SUL MAGNETISMO TERRESTRE; MEMORIA TERZA
DI PAOLO FRISIANI.

ARTICOLO PRIMO

Perturbazioni straordinarie.

Non intendo comprendere sotto questo titolo quelle perturbazioni magnetiche dipendenti da accidentale cambiamento dello stato normale degli strati terrestri in alcune speciali località, prodotto talvolta da vulcani o da terremoti, e delle quali perturbazioni Humboldt cita un caso avvenuto in conseguenza del terremoto di Cumana in America il 4 Novembre 1799.

Non intendo nemmeno di comprendere in questo articolo quelle perturbazioni che un qualunque cambiamento dello stato normale dell'atmosfera produce in modo speciale sull'intensità magnetica, segnalate recentemente dall'astronomo Secchi, ed il cui pronostico sulle variazioni del tempo ha una analogia con quello del Beccaria, citato dal sig. W. Thomson, in una lezione data all'istituzione reale di Londra il 18 Maggio 1860, come dipendente dallo stato elettrico dell'atmosfera. Di queste, siccome di altre simili alterazioni magnetiche, ristrette in particolari regioni del globo, si tratterà nella Memoria *Sulle influenze locali*.

Mi occupo qui soltanto di quelle perturbazioni straordinarie, che ponno dirsi generali al globo, che si riproducono con enormi deviazioni dallo stato normale, con più o meno grande frequenza, e che vennero da Humboldt qualificate col nome di *orages magnétiques* (burrasche magnetiche).

Queste per verità non potrebbero annoverarsi fra le variazioni periodiche, non conoscendosi per anco il periodo del loro ritorno. Però, ritenendosi da alcuni fisici moderni come assai

probabile l'esistenza di un periodo loro proprio, e facendo io dipendere tali anomalie dalla stessa azione meteorica, portata ad uno straordinario e passeggero stato di attività, devono esse far parte di questa teoria.

Gli attenti esploratori di moti giornalieri dell'ago magnetico si avvidero ben presto, che ad un lungo periodo di perfetta calma magnetica, attestata da regolari variazioni nei tre elementi, succedeva d'improvviso, e senza causa apparente, uno stato procelloso, manifestato agli apparati da straordinarie aberrazioni. Si vide la declinazione deviare ad un tratto dallo stato normale di 10', 20', 30' minuti, ed anche più. Di solito l'escursione dell'ago si fa da principio verso ovest; in seguito devia verso est, e si porta in una posizione che nello stato normale non gli competerebbe. L'intensità orizzontale viene pur essa alterata, come lo attestano le osservazioni di Hansteen e Kreil. Secondo le osservazioni di quest'ultimo, l'intensità è notabilmente diminuita, ed aumentata leggermente l'inclinazione. Siffatte perturbazioni si manifestarono contemporaneamente in molte regioni del globo, quantunque fra loro lontane, non però con eguale intensità.

Siccome tali aberrazioni dallo stato normale le faccio dipendere da analoghe esaltazioni dell'azione meteorica, o, se si vuole, dalle concomitanti correnti telluriche, così qualunque causa che sia atta ad accrescerne la portata, avrà per effetto analoghe perturbazioni negli elementi magnetici. Fra questi si può annoverare l'aumento d'intensità della corrente tropicale, determinato da un subitaneo condensamento dei vapori, che dalle regioni equatoriali giungono alle zone glaciali, le quali, scaricando l'elettrico, determinano analoghe correnti terrestri. Tale condensazione ha pure per effetto di diminuire la distanza della corrente stessa dalla terra, e di accrescere quindi la sua azione sopra gli aghi d'osservazione.

Si deve riguardare l'azione meteorica, e quindi le correnti telluriche che ne seguono, come composta di due parti; l'una producente variazioni comprese in limiti ristretti, e che costituisce nei tre elementi il procedimento ordinario; di queste variazioni si possono assegnare i periodi: l'altra producente straordinarie anomalie, dipendenti da quelle ignote alterazioni atmo-

sferiche, che ponno dar luogo, specialmente ai poli, a straordinarie condensazioni di vapori, e quindi di afflusso elettrico verso la terra; delle quali alterazioni, nemmeno in altri fenomeni meteorologici, non si può assegnare la causa, nè intravedere un periodo determinato.

Da qualunque origine derivi il fenomeno, le stesse formole dell'azione meteorica ordinaria, calcolata nella seconda Memoria all'articolo terzo, devono pure applicarsi all'azione meteorica straordinaria, che forma l'oggetto di questo articolo. La direzione della forza indicata con c non sarà cambiata, sibbene la sua intensità, e quindi la θ' , che affetta le variazioni dei tre elementi, assumerà un valore diverso. Le stesse formole valgono anche pel caso in cui le variazioni magnetiche siano prodotte invece dalle correnti telluriche determinate dalle continue scariche elettriche ai poli, delle quali si hanno gli indizii nei fili telegrafici, come si vedrà in seguito.

Tali anomalie, di cui sarebbe importante conoscere le leggi, presentandosi senza indizii precursori, nè potendo essere senza interruzione seguite dagli osservatori, passarono spesso inavvertite, od incompletamente misurate. Ma la recente introduzione presso gli osservatorii magnetici dei registratori fotografici, rendendo possibile la rappresentazione grafica dei valori continuamente variabili degli elementi, metterà in grado i fisici di esaminare con accuratezza tali fenomeni ad ogni loro apparizione, e di rendere sempre più manifesta la dipendenza che esiste fra essi ed il singolare fenomeno delle aurore polari.

ARTICOLO SECONDO

Sulle aurore polari.

Già da alcuni anni fu dai fisici avvertita una singolare coincidenza fra le irregolarità della declinazione magnetica e la comparsa di qualche aurora boreale, resa visibile alle nostre latitudini. Persuaso pel primo il sig. Arago, che tale coincidenza non era fortuita, la studiò assiduamente, e la trovò sempre verificarsi in aurore visibili in regioni di elevate latitudini,

e con tale frequenza, che potè sostenere, non dover esistere l'una senza l'altra; anzi più volte fu in grado di presagire dai moti irregolari del suo declinatorio l'esistenza di aurore, che apparvero visibili in paesi più boreali di Parigi appunto nel giorno da lui indicato. Non è però da tacersi, che il sig. Baral sino dal 1818 attribui all'influenza di un'aurora boreale la generale alterazione che le bussole marine subirono nei paraggi di Terranova.

Attualmente è ricevuto dai fisici, esistere una dipendenza necessaria tra i due fenomeni, sia che l'aurora si renda manifesta in qualche località, sia che la sua visibilità sia tolta dalla presenza sull'orizzonte del sole o della luna, o da un contemporaneo oscuramento dell'atmosfera. Può accadere che un'aurora si manifesti al polo accompagnata da perturbazioni magnetiche in regioni di elevate latitudini, e che analoghe perturbazioni non siansi rese abbastanza sensibili in latitudini minori, da poterle caratterizzare per straordinarie. Così alla latitudine di 64° i signori Lottin e Bravais osservarono perturbazioni dell'ago quasi continue, che non esitarono ad attribuire ad aurore rese invisibili dalla lunga presenza del sole sul loro orizzonte. Ma dal confronto di contemporanee osservazioni in luoghi più meridionali, non si trovò perturbazione tale da potersi annoverare fra le straordinarie, tanto era diminuita la loro grandezza. È quindi da ritenersi, che il fenomeno da cui dipende l'aurora sia ben più frequente di quello che ordinariamente si crede.

Nel 1819, in sole nove settimane ne apparvero sei alle nostre latitudini, senza contare quelle che saran sfuggite inosservate, per circostanze sfavorevoli alla loro visibilità. Due magnifiche apparvero nel 29 Agosto e nel 2 Settembre, di cui la prima si rese visibile sino alla latitudine di Roma. Una terza fu vista dal signor Rigal a Parigi il 1°. Ottobre, ma fu di brevissima durata. Una quarta fu veduta il 12 ad Amiens dal signor Decharmes; e la quinta, il 15, dall'altura di un colle presso Monaco di Piemonte. La sesta finalmente fu vista a Parigi dal signor Coulvier Gravier la notte del 17 Ottobre.

Se stiamo all'opinione del signor Henry, segretario della Società Smithsonian, dovrebbero esistere aurore tutte le notti,

come lo si pote desumere dalle osservazioni magnetiche di Toronto nel Canada. Anche il signor Loomis, nella sua *Geografia dei turbini con tuono*, ammette tale frequenza, anzi è d'avviso che nella zona compresa fra il 50° e 62° parallelo, l'aurora è presso che permanente, e brilla quasi tutte le notti. Al di là del 62° scema la frequenza. Trova poi che la regione del numero *maximum* è una zona di forma ovale, che cinge il polo nord, ed il cui asse, o linea centrale, taglia, il meridiano di Washington verso il 56° di latitudine, e quello di Pietroburgo verso il 70°. È perciò, dice egli, che agli Stati Uniti le aurore sono più frequenti che in Europa alle stesse latitudini. Ma il signor Fournet di New-York, in una lettera comunicata all'Istituto di Francia nella tornata del 31 Ottobre 1859, si limita ad annoverarle fra gli ordinarij fenomeni meteorologici.

Dalle cose discusse indietro dobbiamo ritenere, che, tanto il fenomeno delle perturbazioni, quanto quello delle aurore, hanno un'origine comune, cioè l'azione meteorica, o le correnti telluriche che ne derivano. Questa azione sarebbe sempre accompagnata da aurore o visibili od invisibili: le prime dovute ad uno stato di attività straordinaria, accompagnato da analoghe perturbazioni, ed in circostanze in cui od una soverchia illuminazione dell'atmosfera, od una forte oscurazione di essa, non tolgano la loro visibilità; le seconde, dovute allo stato ordinario di questa azione, rese forse sensibili solo in elevatissime latitudini. Ne consegue naturalmente, che questa azione meteorica, esercitandosi simultaneamente dall'una e dall'altra parte dell'equatore, sebbene con diversa intensità, darà origine a fenomeni luminosi, che debbono avverarsi sì all'uno come all'altro polo, quando le circostanze sieno favorevoli alla loro visibilità. Il sig. Poey infatti, in una recente comunicazione dall'Avana fatta all'Istituto di Francia, si accorse che l'aurora boreale del 2 Settembre fu contemporanea ad una australe, vista alla Concezione nel Chili, a 37° di latitudine sud, la quale fu pure visibile a Santiago al 33° ed a Valparaiso; troviamo inoltre che ibcitato Professore Loomis, in una comunicazione fatta nell'Agosto 1861 al redattore del *Cosmos* sostiene che dal confronto di molte osservazioni eseguite nei due emisferi si può dedurre, che ogni qualvolta un'aurora australe si rese visibile sull'orizzonte di

Hobart-town in Australia, una boreale sia apparsa lo stesso giorno nell'emisfero nord, e che se taluna non si vide, si ebbero però in diversi punti di questo emisfero straordinarie perturbazioni, indizio quasi certo della esistenza di un' aurora boreale in località più o meno remote. Se il numero di queste osservate coincidenze non fosse ancora troppo piccolo, si sarebbe condotti, dice egli, ad ammettere generalmente, che un' aurora nell'emisfero sud, è sempre accompagnata da altra nell'emisfero nord.

Per incamminarci alla spiegazione delle diverse circostanze che accompagnano un' aurora boreale, è necessario premettere, che tale fenomeno è, secondo Humboldt, sempre preceduto dall'apparizione all'orizzonte ed intorno al meridiano magnetico di un velo nuvoloso, che lentamente ascende sino a data altezza. Un arco più largo di viva luce, bianca da principio e poscia gialla, cinge il segmento oscuro. Quest'arco è talvolta per ore intere come agitato da una effervescenza, e cangiato di forma, prima che da esso escano i raggi e le colonne luminose. La luce emessa passa per tutti i colori dell'iride. Pare che i raggi prolungati convergano ad un punto posto sul prolungamento dell'asse magnetico, ove spesso si forma la corona, all'apparir della quale scompare la meteora luminosa, restando ancora visibile per alcun tempo il segmento oscuro. Secondo il sig. Hansteen, le aurore boreali spesso escono da una determinata zona della terra, formando un anello collocato intorno al polo magnetico, e culminante senza dubbio sull'America del nord. Questo è figurato in cielo a guisa di una zona o cerchio di luce, che può considerarsi come tracciato sopra una sfera concentrica alla terra. Se pel punto di non troppo alta latitudine in cui è posto un osservatore, si fa passare un piano orizzontale, non si vede da questo luogo che un arco di cerchio. Se ne vede più della metà da Cristiania, a motivo della sua maggiore elevazione, e vi compare di forma ellittica per l'obliquità della sua posizione. Due volte, dice egli, ho veduto l'elisse quasi tutta intera. Il più sovente noi vediamo da qui (Cristiania) al nord del nostro zenit il vertice dell'arco, ossia il punto di esso a noi più vicino; ma in Islanda e nella Groenlandia si è quasi sempre entro al detto cerchio. In Islanda si vede il vertice dell'arco al sud nel meridiano magnetico. Nella Groenlan-

dia, in cui la declinazione si avvicina a 90° , ed ove per conseguenza l'arco è diretto dal sud al nord, il suo vertice appare all'est. Che la luce boreale esca d'ordinario in effluvio da un grande o piccolo cerchio tracciato intorno al polo magnetico, pare evidente per la seguente osservazione. Durante l'aurora boreale, e parecchi giorni dopo, l'intensità orizzontale è notabilmente diminuita, ed essa riprende solo a poco a poco il suo valore abituale: all'incontro, la declinazione media diurna resta pressochè invariabile. L'effluvio facendosi in una zona tagliata simmetricamente dal meridiano magnetico, l'intensità n'è isolatamente affetta, senzachè la direzione media dell'ago sia cambiata. Allorchè alcuni filamenti elettrici escono da terra in raggi luminosi, sembrano sprizzare dall'arco. Acciò il fischio sia inteso nel luogo d'osservazione, bisogna che i filetti sprizzino dalla terra tutt'intorno all'osservatore con veemenza ed in condizione di calma assoluta dell'atmosfera. Tale descrizione è pure conforme a quanto osservarono i signori Lottin e Bravais. Essi pure ritengono, che i diversi punti che limitano l'arco aurorale trovansi sensibilmente alla stessa distanza dalla terra, ed intorno al prolungamento dell'asse magnetico, e che questo anello taglia ad angolo retto i meridiani magnetici. Donde nasce che il vertice apparente trovasi sempre nel meridiano magnetico del luogo d'osservazione.

I fenomeni magnetici concomitanti l'aurora si riducono, secondo i signori Arago e Forster, e secondo quasi tutti i viaggiatori, ai seguenti: 1°. nel giorno che precede la notte apportatrice di un'aurora, la declinazione occidentale è sempre sensibilmente aumentata di 10', 20', 30', minuti, ed anche più; — 2°. nel mezzo ed alla fine dell'apparizione, l'ago all'incontro devia più all'est di quello che competerebbe al suo stato normale; — 3°. durante il periodo dell'aurora, l'ago prova sovente delle irregolari oscillazioni o commozioni convulsive, la cui amplitudine può giungere ad alcuni minuti di arco; — 4°. al principio dell'aurora, l'intensità orizzontale, secondo Hansteen, aumenta, ed al finire prova una diminuzione. Il fenomeno inverso ha luogo rispetto all'inclinazione, la quale segue sempre un andamento contrario all'intensità. Ciò fu verificato a Parigi ed a Greenwich, durante l'aurora del 29 Agosto, col mezzo dei registratori fotografici.

Nel dare la spiegazione dell'aurora, si vedrà come questa abbia un'origine comune colle perturbazioni straordinarie, e quindi apparirà chiaro il motivo della coincidenza dei due fenomeni.

Sin dal principio della seconda Memoria sul magnetismo si è avvertito, che l'elettricità positiva, di cui son cariche le correnti nuvolose affluenti dall'equatore ai poli, doveva restituirsi alla terra da cui fu tolta per l'evaporazione. Questo passaggio può operarsi, o in modo brusco e temporalesco, o in modo tranquillo, col mezzo di un conduttore umido, che si frapponga fra il suolo e le nubi. Qualora l'equilibrio elettrico non si effettui nel passaggio della vaporosa corrente pei diversi paralleli, come accade nei nostri temporali estivi, dovrà operarsi nelle regioni polari, che presentano condizioni più favorevoli al ristabilimento dell'equilibrio. In fatti tali masse vi accorrono in tutte le direzioni, ossia da tutti i diversi meridiani. Ivi si costipano e si addensano, a motivo della fredda temperatura; diminuendo di volume e crescendo in tensione elettrica. Tutta intorno l'atmosfera viene a poco a poco caricandosi di densa bruma, mista di piccolissime molecole agghiacciate e di umidità, in modo da formare una densa ed oscura calotta sferica abbracciante un'estensione di molti gradi, sino ad oltrepassare il circolo polare ed il parallelo del polo magnetico. Sinchè questa rimane disgiunta dal suolo, e nessuna causa determini la scarica dell'elettricità alla sottoposta terra, costituirà un esteso conduttore elettrizzato, il quale dovrà esercitare la sua azione induttiva sopra gli strati d'aria di alcune miglia elevati al di sopra di esso, divenuti per la loro estrema rarefazione buoni conduttori. L'elettrico naturale di quest'altra calotta sferica di tanto spessore verrà spinto per influenza alla sua più elevata estremità, sino a quello strato coibente dove comincia il vuoto assoluto, e dove verrà pure diffuso tutt'intorno nelle zone adiacenti. Tutto fin qui resterà in equilibrio, come in un quadro frankliniano, nè alcuna apparenza luminosa verrà manifestata, solo che da luogui più remoti dal polo, ossia in latitudini medie, si vedrà un'area curvilinea oscura appoggiata all'orizzonte, che sarà una porzione della descritta brumosa calotta. Ecco come al di sopra di questa si manifesti il fenomeno luminoso.

Si supponga sopraggiungere al polo nuove masse vaporose in tal copia, da riempire l'intervallo fra la calotta elettrizzata ed il suolo. Comincerà allora l'elettricità a passare da questa alla terra, e si vedranno quegli sprizzi luminosi favoriti dalle molecole agghiacciate, di cui parla Hansteen, dirigersi in basso, al di sotto di questa calotta. Non è però la luce di queste scariche che costituisce il principale fenomeno dell'aurora. I turbini con tuoni e lampi scemano, come è noto, sul globo al crescere della latitudine; così queste scariche, a somiglianza di quanto accade nelle nostre latitudini, costituiscono, per così dire, i temporali delle regioni glaciali, e possono avverarsi anche in luoghi lontani dal polo magnetico. Ma intanto che si effettuano le scariche inferiori, l'elettricità indotta negli strati conduttori sovrastanti discenderà in basso, in analoga misura, sotto forma di corrente, la quale nell'attraversare l'enorme spessore d'aria rarefatta, e sotto l'influenza della corrente elettrica tellurica, comincerà ad assumere un moto di rotazione, pur esso da est ad ovest, a guisa di vortice (1). A misura che essa discende, l'asse di rotazione andrà sempre più avvicinandosi all'asse magnetico **indefinitamente prolungato**, ove giunto, si costituirà in anello luminoso, **rotante** intorno ad un punto dell'indicato prolungamento, posto a grande distanza dalla terra. Accadrà in natura un fenomeno simile a quello che viene prodotto artificialmente, quando l'elettricità dell'apparato di Ruhmkorff si fa passare a traverso un gas estremamente rarefatto, chiuso in un globo od in un tubo di Geissler, mentre l'estremità opposta del tubo è occupata dal polo di un magnete. La luce aurorale non cesserà se non quando sarà ristabilito l'equilibrio elettrico fra la calotta brumosa e la terra. In questa spiegazione che è una modificazione di quella del sig. De la Rive, generandosi l'anello ad una grandissima elevazione dal polo magnetico terrestre, si rende possibile la visibilità di un'aurora in basse latitudini. È perciò che l'aurora del 29 Agosto ha potuto rendersi visibile alle latitudini di Roma e dell'Avana, e sebbene non vegga indicata a Roma l'altezza del suo arco lu-

(1) Vedi la Nota *Sulle induzioni elettro-dinamiche*, in seguito a questa Memoria.

minoso, questo però fu veduto all'Avana elevato di 23° sull'orizzonte. Se quella pur grandiosa del 2 Settembre non fu visibile a Roma, comunque presunta dalla straordinariamente grande perturbazione della forza magnetica orizzontale, osservata direttamente dal Secchi, e trovata decupla di quella segnata a Parigi al registratore fotografico, si fu che ivi accadde di giorno. Essa non isfuggì però alle sagaci indagini dell'osservatore romano, che ne verificò la presenza da un particolare chiarore, caratteristico di tale meteora, che mostrarono in quel giorno le nubi.

Altro convincente argomento in favore della teoria che colloca la sede dell'aurora boreale negli strati elevatissimi di aria sommamente rarefatta, per esempio da 300 a 400 chilometri, piuttosto che nella brumosa calotta, si è nell'essersi riprodotti, nella citata aurora del 29 Agosto, indizii non equivoci del fenomeno della luce stratificata, quale fu osservato nel tubo di Geissler dai fisici inglesi Grove e Gassiot, fenomeno che può accadere soltanto entro gas estremamente rari. Infatti il sig. Larive, capo dell'ufficio ambulante delle ferrovie di Lione, nella relazione di questa aurora fatta all'Istituto di Francia, dice in fine: che gli archi alternativamente chiari ed oscuri di distanza in distanza, davano (al ventaglio aurorale) l'aspetto di scanalature. Queste alternative di linee chiare ed oscure vedute dal sig. Larive, se pure gli apparvero nella direzione dell'arco luminoso, e che io attribuisco a luce stratificata, si presentarono anche in aurore di antica data. Il sig. De Mairan, nella sua pregevolissima opera *Sur l'aurore boréale*, dopo aver descritta a pag. 121 la formazione della nube oscura a foggia di calotta appoggiata all'orizzonte, mostra come si produca, secondo la sua teoria, l'arco o gli archi luminosi; di questi se ne poterono in alcune aurore distinguere sino a quattro, tutti fra loro concentrici. Dell'esistenza di essi si ha la testimonianza del sig. Burmann, che li vide ad Upsal nell'aurora del 20 Settembre 1717, la cui attestazione trovasi nella citata opera, a pag. 122. *J'en ai vu quatre*, dice egli, *ou tout au moins trois, les uns sur les autres, et séparés les uns des autres par des intervalles obscurs*. Trovo inoltre, a pag. 127, che fra le aurore boreali più insigni per regolarità e per limiti ben conterminati dell'arco o degli

archi luminosi, si deve annoverare quella del 19 Ottobre 1726, veduta in varii punti di Europa, e quelle del 17 Febbraio e del 1. Marzo 1721, osservate a Giessen in Germania dal sig. Prof. Liebknecht. La figura della prima di queste trovasi negli Atti di Lipsia del citato anno, che il sig. De Mairan riprodusse nell'opera summentovata, a pag. 166, omessi i getti luminosi ed i raggi. Anche il sig. Peter Force, nella sua *Collezione di osservazioni di aurore boreali* (1) vedute nelle più alte latitudini nordiche, fa cenno di archi doppii, tripli e multipli, che apparvero nell'aurora dell'8 Maggio 1836, veduta a Toronto dal signor Bonnycastle; in quelle osservate dal 23 Ottobre 1819 al 13 Giugno 1820 a Cumberland House dal sig. Hood, fra cui quella del 9 Marzo, indicata a pag. 108, fu notevole perchè mostrò parecchi archi aurorali. Così quattro archi apparvero in quella del 27 Maggio 1829, veduta ad Hoarak (Groenland) dal sig. Graam. L'aurora del 17 Ottobre 1818, veduta in mare da Jonh Ross (Robertson), mostrò più di un arco. Molti altri esempi trovansi nella sopracitata collezione.

Che una tal sede debba trovarsi per lo meno ad un'altezza superiore all'ordinaria **regione dei cirri**, è convalidato dalla opinione del sig. Coulvier-Gravier, appoggiata all'osservazione, che nell'aurora del 29 Agosto, di cui presentò all'Accademia di Francia la descrizione, i cirri che dominavano al nord comparivano oscuri, giacchè, trovandosi più bassi della meteora, non potevano essere rischiarati dalla luce, che sarebbe stata da essi riflessa verso terra se si fossero trovati al di sopra della regione aurorale. Dall'aver poi osservato, che le stelle cadenti entro lo spazio occupato dalla meteora in discorso comparvero in questa, come in altre simili occasioni, sempre al di sopra dei raggi o segmenti luminosi, ne inferisce che la sede di essa trovava fra la regione dei cirri e quella in cui le indicate stelle si infiammano.

È alquanto difficile determinare col metodo parallattico direttamente l'elevazione dell'anello al di sopra del polo magnetico, stante la circostanza, che ad osservatori posti in diversi

(1) Appendix published by the Smithsonian Institution, Washington. D. C. July 1856.

meridiani magnetici compete un diverso vertice dell' arco luminoso, e stante altresì la variabilità di aspetto che di continuo subisce l' aurora, per lo che è forse meglio desumerla indirettamente dall' elevazione in cui deve trovarsi la massa aerea per raggiungere quella rarefazione che alla stessa competerebbe nel tubo di Geissler per dar origine alla luce stratificata, rarefazione che può direttamente determinarsi.

Comunque l' esposta teoria possa andar soggetta a qualche obiezione, pure tenendo conto di fenomeni concomitanti recentemente apparsi, non si può ragionevolmente farla dipendere da materie cosmiche provenienti da regioni poste al di là del nostro pianeta, nè ancor meno ritenerla dovuta all' atmosfera solare, come già sostenne il sig. De Mairan nell' opera sopracitata, e dopo di lui il sig. Denison Olmsted in una recente Memoria (1).

Siamo d' avviso col sig. De la Rive (2), che a questa meteora non si può attribuire che un' origine aereo-elettrica. Se a provarlo non basta la costante contemporaneità delle perturbazioni magnetiche, legate pur esse a fenomeni elettrici di cui si è parlato nel capitolo primo, e la sorprendente somiglianza delle sue varie tinte con quelle dell' elettricità nell' aria rarefatta, altri recentissimi fenomeni la porrebbero fuori di dubbio. La particolare direzione e disposizione che i cirri assumono di giorno, è un annunzio, come osservò Cornulier nei paraggi di Terra Nuova, di un' aurora nella notte seguente. Di questa coesistenza di molecole agghiacciate influenti sulla luce emessa, se ne trovano altre prove nelle osservazioni di Toronto, dalle quali si desume, che un' aurora è preceduta da aloni lunari, dipendenti, come è noto, da un ammasso di molecole ghiacciate; ovvero vi precede la caduta di neve o di pioggia. Questi fenomeni talvolta ne sono una dipendenza, giacchè si mostrano dopo la sua apparizione. Nel citato articolo di Figuier, trovo che il sig. Fournet di Lione sostiene: essere le aurore sempre di qualche giorno precedute e seguite da gravi perturbazioni atmosferiche; anzi

(1) *On the recent secular period of the aurora borealis*, published by the Smithsonian Institution. Washington, May 1856.

(2) *Traité d'électricité*. T. III, pag. 280, an. 1858

aver trovato nelle *Transazioni* di Londra una nota, in cui un navigatore inglese aveva verificato che, due o tre giorni dopo l'apparizione di questa meteora, si era esposti in mare a ricevere un colpo di vento dal sud-ovest. Un tale colpo si verificò infatti nell'aurora del 17 Novembre 1848. Nel medesimo articolo è detto inoltre, che il sig. Berigny, nell'aurora del 29 Agosto, trovò l'aria carica di ozono, ed in quantità superiore a quella che vi si trova in altre epoche. La massa di elettrico reso libero durante il fenomeno, pare essere stata la causa della conversione in ozono di parte dell'ossigeno dell'aria. Nella stessa occasione il sig. Giraud annunciò all'Accademia di Francia, che una gran barra d'acciaio divenne magnetica sotto quella influenza aurorale.

Un argomento ancor più convincente, e forse più diretto, ci viene offerto dalla corrente elettrica, di cui spesso, durante il fenomeno dell'aurora, sono investiti i fili telegrafici, al punto di neutralizzare la corrente artificiale, di rendere inattivi gli apparati, e di dover sospendere per più o meno tempo la trasmissione dei dispacci. Ciò trovo annunciato nella citata relazione del sig. Larive, **ove dice che** nell'aurora del 29 Agosto i fili telegrafici risentirono l'effetto di una corrente elettrica, sia effettiva, sia indotta, da dover interrompere le comunicazioni telegrafiche. Nello stesso giorno a Basilea si manifestò una corrente elettrica lungo la linea telegrafica, che rese impossibile la trasmissione dei dispacci. L'effetto avendo durato per tre ore senza interruzione, non si può, dice l'osservatore, confonderlo con quello dovuto ai temporali, d'ordinario di assai breve durata. In questo la scarica elettrica offende spesso gli apparati e l'osservatore, colla sua grande tensione, qualora non vi sia l'apparato preservatore. Nell'aurora, all'incontro, la corrente, che negli strati terrestri viene dal nord ed incontra le piastre sepolte nel suolo, è debole ed innocua.

Una analoga interruzione di dispacci sarebbe pure occorsa alla stazione telegrafica di Milano il 20 Novembre 1860, secondo una comunicazione fattami dall'ispettore sig. ingegnere Maroni. Ma il commendatore Matteucci aveva già verificato il fatto, che nell'aurora del 17 Novembre 1848 le armature di ferro dolci inservienti al telegrafo elettrico fra Pisa e Firenze rimasero at-

taccate alle rispettive elettro-magneti, senza che la corrente artificiale fosse in azione; indizio evidente che una corrente estranea aveva invaso il filo di comunicazione. Anche il signor Highton, durante la citata aurora, aveva trovato fuor di servizio per ben tre ore il suo filo telegrafico. Questo importante fenomeno merita di essere studiato, servendosi di opportuni fili metallici, destinati esclusivamente a questo scopo, de' quali l'uno fosse teso per lunga tratta lungo il meridiano magnetico, e l'altro a questo normale, onde avere indizii di queste correnti forse giornaliere, prodotte da aurore tuttochè impercettibili, dedurne la loro direzione, e mettere i fisici in grado di decidere, se l'azione di queste correnti telluriche, surrogata a quella da noi detta *meteorica*, sia una delle principali cause delle variazioni diurne dei tre elementi magnetici (1).

Non è però da credersi, che il modo d'agire dei temporali sui fili sia sempre lo stesso di quello sopra descritto. Infatti risulta da una osservazione dei signori Charrot e Decroix, che al momento in cui il temporale si avvicinò, una corrente continua, sempre nello stesso senso, si stabilì dal filo telegrafico alla terra, salvo qualche leggiera inversione, finchè il temporale si approssimava. Prima del lampo l'ago magnetico indicava una corrente costantemente nello stesso senso; dopo il lampo, l'ago indicava una corrente in senso contrario, a ciascun lampo seguente la corrente cambiò direzione. Si può dubitare che questo fatto sia costante nei temporali. In ogni caso, egli è un fenomeno che merita di essere studiato più accuratamente. Altri interessanti fenomeni elettrici son pur quelli citati dal sig. Borron. Nella descrizione dell'aurora boreale del 29 Agosto, dice,

(1) Per rendere sensibili quelle correnti che verrebbero eccitate in ciascuno dei due fili rettangolari nelle aurore, sarà opportuno di introdurre nel circuito un galvanometro a grandi dimensioni, sostituendo ai suoi aghi ordinarii due spranghe magnetiche, simili a quelle che costituiscono il magnetometro di Gauss, e poste in contraria direzione per neutralizzare l'azione magnetica della terra. La spranga che trovasi fuori delle circonvoluzioni del filo sarà provvista dello specchio, come nel declinatorio magnetico. Con un simile apparato si potranno eseguire su ciascuno dei due fili rettangolari le osservazioni dell'influenza aurorale, colle stesse norme e con egual precisione con cui si determinano al magnetometro le variazioni della declinazione magnetica.

che durante il fenomeno molti impiegati all'ufficio telegrafico ricevettero scosse. Le correnti indotte per l'influenza esterna si manifestarono ora in una, ora in altra direzione, e talvolta con forte intensità. Si videro uscire da diverse punte larghe scintille. I fili telegrafici si resero carichi di elettricità di tensione. I fili diretti dal nord al sud, o viceversa, furono più fortemente affetti che quelli da est ad ovest, o da ovest ad est. La corrente inducente, dice egli, camminava da un polo all'altro. L'influenza era tanto maggiore, quanto più lunga era la linea. Però i fili, quasi tutti sotterranei, attraversanti Parigi per ogni verso, non provarono alcun effetto, ed il servizio telegrafico non fu interrotto. La novità del fenomeno non diede campo per la sorpresa di esaminarlo accuratamente. In altra occasione di aurora di egual forza dovranno avvertirsi tutte le diverse circostanze concomitanti il fenomeno.

Probabilmente quelle variazioni magnetiche da noi attribuite all'*azione meteorica*, ossia all'influenza delle correnti aeree cariche di elettrico e procedenti dai tropici ai poli, saranno invece dovute alle correnti sotterranee procedenti dai poli all'equatore, generate dall'elettrico che dalla vaporosa calotta polare giornalmente si scarica sulla terra, e va, sotto forma di correnti, lungo i meridiani magnetici a compensare quello che le regioni tropicali perdono di continuo per l'evaporazione del mare.

Vero è che le citate aurore del 29 Agosto e 2 Settembre, che dal sig. Mercier alla Guadaluppa e dal citato Poey all'Avana furono vedute in tutta la loro pienezza, non diedero alcun segno al re-elettrometro del Marianini, nè all'elettroscopio del Bohnenberger. Anzi a Cuba non vi fu nemmeno oscillazione dell'ago magnetico, nè si manifestò corrente nei fili telegrafici. Ma questa assenza d'indizj elettrici può bene attribuirsi tanto ad un quasi totale affievolimento d'intensità della corrente sotterranea, dovuto al lungo tragitto per giungere a così bassa latitudine, quanto ad una neutralizzazione operata da corrente contraria, proveniente dall'aurora australe, che fu, come si disse, contemporanea alla boreale. È però da avvertirsi, che dalla teoria qui spiegata non ne deriva la contemporaneità delle aurore ai due poli, che il signor Poey crederebbe avverarsi costantemente. Le brumose calotte ai due poli, nelle diverse epoche

dell'anno saranno diversamente cariche di elettrico, e solo negli equinozj potranno assumere intensità pressochè eguali. Siccome fra esse trovasi la terra, che per la sua conducibilità porterà dall'uno all'altro polo l'elettricità che vi discende, così dovrà manifestarsi un'influenza tra le scariche ad un polo e quelle all'altro. L'equilibrio, tra la calotta e la terra in istato negativo comincerà a ristabilirsi da quella parte ove maggiore elettricità vi è condensata: e qualora fossero le due calotte a tensione eguale, piuttosto che una coincidenza di scariche, avrebbe luogo un'alternativa. Da questa dipendenza di fenomeni elettrici fra l'uno e l'altro polo consegue una dipendenza tra i fenomeni aurorali alle due estremità dell'asse polare.

Tutte le moderne osservazioni sono d'accordo nell'indurre i fisici a supporre il centro della meteora posto di fronte al polo magnetico, e dovere quindi il vertice dell'arco luminoso in ciascuna stazione vedersi nel piano del meridiano magnetico. Ma si è già nell'antecedente Memoria avvertito, che il polo magnetico, o più precisamente il punto d'applicazione della risultante delle forze magnetiche terrestri, è soggetto ad un moto secolare, in virtù del quale il medesimo che, prima del 1663, si trovava all'oriente del meridiano di Parigi, attualmente si trova all'occidente. Compulsando le antiche cronache d'osservazioni potranno forse i fisici assicurarsi, se anche anteriormente a quell'epoca il centro di qualche aurora apparsa si trovasse nella direzione orientale, e se abbia costantemente seguito il moto del polo magnetico. Il sig. Quetelet avrebbe già dato un esempio di ricerche analoghe, il quale, comunque non confacente al nostro argomento, riferendosi ad epoca troppo lontana, pure merita per altri riguardi di essere citato. Dalla posizione in cui apparve un'aurora boreale ai tempi di Aristotile, 2200 anni addietro, dedusse che la sede del polo magnetico a cui questa meteora è legata, doveva trovarsi a 24° all'est del meridiano di Bruxelles. Da una nota che fa seguito alla traduzione degli Annali della China fatta dal sig. Odoardo Biot, ed in particolare nella gran collezione di Osservazioni di Ma-tuan-lin, detta *Wen-hian-tong-khao*, non ho potuto altro raccogliere se non, che nelle provincie chinesi poste fra il 32° e 35° parallelo le aurore boreali apparvero costantemente al nord, presso il meridiano

geografico. Ho trovato però che, dalla fine del XVII secolo in poi, la declinazione dell'ago magnetico alla China si è mantenuta appunto di soli due gradi e mezzo discosta dal meridiano terrestre.

Comunque tale relazione di posizione fra il centro aurorale ed il polo si avveri in complesso, pure non si deve ritenere che la coincidenza sia permanentemente adempita a rigore matematico. Le recentissime osservazioni attestano, vedersi spesso un trasporto in massa della meteora. Il sig. Coulvier-Gravier, nella descrizione dell'aurora del 17 Ottobre 1859, presentata all'Accademia di Francia, emette l'opinione, che in questa, come in tutte le altre simili meteore, esista sempre un trasporto da ovest verso est. Anche il sig. Poey, nella citata descrizione di quelle del 29 Agosto e 2 Settembre, parla del moto di traslazione di queste meteore. Un tal moto all'Avana fu nella direzione da ovest verso est, e parve in seguito retrogradare, ma in definitivo il moto verso ovest superò quello verso est. Il trasporto di questa corrente luminosa è da lui attribuito a venti dominanti nella regione del fenomeno, i quali, discesi a terra, sarebbero anche la causa di quei colpi di vento e bufere di cui parla Fournet.

Lo spostamento che spesso si osserva nel moto orizzontale del segmento dell'aurora boreale diretto da est ad ovest, ed il suo ritorno dopo breve fermata con moto inverso, imitante una oscillazione tutta d'un pezzo che si fa a destra ed a sinistra del meridiano magnetico, è ritenuto da alcuni fisici un fenomeno inesplicabile. Se si richiama però quanto si è detto nella prima Memoria sull'esistenza di due poli boreali e due australi, è naturale il pensare, che se un polo magnetico ha una influenza sulla posizione dell'anello aurorale, un'influenza simile deve esercitarsi dall'altro polo. Quindi, a seconda delle circostanze, può il polo *siberiano* controbilanciare l'azione del *canadense*, e produrre spesso, specialmente all'abbassarsi dell'anello, dei moti oscillatorii di tutta la meteora complessiva. Due poli di magneti, in luogo di uno, inseriti dalla stessa parte entro un globo di Geissler, potrebbero, a mio credere, fornire qualche lume in proposito. Del resto, questa alternata influenza dei due poli sulla meteora non sarebbe già quasi segnalata dalla distribuzione geografica delle aurore del sig. Loomis, di cui si è già

parlato? La forma ovale della zona che cinge il polo nord, ed il cui asse si dirige dall' America settentrionale alla Russia, non avrebbe la stessa origine di quella ovale, che presso al polo affettano le curve isocline ed isodinamiche? Le quali appunto assumono tal forma in virtù dell' influenza dei due poli separati, di cui ciascuno occupa un foco dell' elisse, la quale, a misura che le curve sempre più si restringono al polo, finisce a separarsi in due lobi, e presentare la figura della lemniscata? La soluzione di tale questione dipenderà dai fenomeni che presenteranno ulteriori osservazioni di aurore, eseguite in luoghi opportuni, e specialmente non troppo lontani dai due poli magnetici di ciascun emisfero.

