NUOVE RICERCHE SULLE AURORE BOREALI ED AUSTRALI, E DESCRIZIONE DI UN APPARECCHIO CHE LE RIPRODUCE CON I FENOMENI CHE L'ACCOMPAGNANO; DEL SIG. PROF. A. DE LA RIVE (SUNTO).

L'Illustre Autore, fino dal 1849, scoprì l'azione fino allora sconosciuta che esercita una calamita sulla scarica elettrica luminosa, che ha luogo nell'aria molto rarefatta (1). Mostrò nel tempo stesso la spiegazione che da essa si poteva dedurre del fenomeno dell'aurora boreale. Sviluppò presso a poco alla medesima epoca in due Memorie (2) la teoria di questo fenomeno, mostrando che era un fenomeno atmosferico dovuto alla neutralizzazione, che si opera in presenza dei poli, dell'elettricità positiva dell'atmosfera e della negativa del globo terrestre. Cercò di dimostrare la verità di questa teoria appoggiandosi sullo studio di tutte le circostanze che accompagnano, sia nell'atmosfera, sia sulla terra (altezza e forma dell'aurora, perturbazioni magnetiche) l'apparizione dell'aurora. Più tardi espose nel T. III del suo *Trattato d'elettricità* con più dettaglio e precisione questa medesima teoria che combattevano ancora alcuni dotti, specialmente Olmsted, il quale persisteva a vedere nell'aurora boreale un fenomeno cosmico, ossia extra-atmosferico.

La quistione sembrava all'A. tuttavia presso a poco risolta, allorchè le magnifiche aurore boreali della fine di Agosto e del cominciamento di Settembre 1859, vennero colla loro apparizione a mettere fuori di dubbio l'esattezza dell'opinione che considerava questo fenomeno come un

(1) *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, T. XXIX. p. 412.

(2) *Annales de Chimie et de Physique* (5. série) T. XXV. p. 310.

Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle, T. XIII. p. 275.

fenomeno d' elettricità atmosferica, operantesi sotto l' influenza del magnetismo terrestre . Infatti le moltiplicate osservazioni fatte su molti punti della superficie terrestre, avendo dimostrato col mezzo dei fili telegrafici dei quali questa superficie è pressochè da pertutto ricoperta, almeno nell' emisfero nord, l' esistenza di correnti elettriche terrestri simultanee all' apparizione dell' aurora boreale, servirono a dare un novello appoggio alla teoria elettrica di questo fenomeno ed ugualmente a spiegare le perturbazioni magnetiche che l' accompagnano . Al tempo stesso uno studio più completo che non era stato fatto fin qui dello stesso fenomeno luminoso , è venuto a completare in una maniera preziosa le nozioni che si possedevano di già a questo riguardo .

L' A. munito di questi nuovi dati , ha potuto completare, meglio precisando di quello che non avesse fatto, la teoria delle aurore boreali ed australi . E questo il risultato del lavoro che l' A. pubblica attualmente ; accompagnandolo della descrizione d' un apparecchio, che gli ha permesso di riprodurre artificialmente questi bei fenomeni con tutte le circostanze che li accompagnano ,

L' A. prima di entrare in materia rivendica in favore di un dotto, il nome del quale è inseparabile da tutto quello che riguarda l' elettricità atmosferica, la prima idea della spiegazione della quale per errore aveva creduto potere reclamare la priorità. Questo dovere di lealtà l' A. lo compie tanto più volentieri, e si reputa fortunato di potere appoggiare la sua teoria sopra una autorità così grande quale è quella di Franklin, dimostrando che egli l' aveva intraveduta e sviluppata, tanto almeno quanto lo permetteva lo stato della scienza, un secolo fa .

Dopo avere stabilito con numerose osservazioni che le nubi formate dai vapori che si sollevano dal mare sono essenzialmente positive , mentre che quelle che risultano dai vapori che s' inalzano dalle sorgenti, dai vegetabili, e dalla terra umida hanno pochissimo *fuoco elettrico*, vale a dire sono negative, Franklin ne deduce delle conseguenze importanti per i fenomeni atmosferici, conseguenze sulle quali

l'A. non si trattiene inquantochè sortono dal suo soggetto. Quindi Franklin aggiunge: « Allorchè l'aria carica dei suoi vapori sollevati dall'Oceano tra i tropici, viene a discendere nelle regioni polari ed a raggiungere i vapori che qui si sono elevati, il fuoco elettrico che essi portano comincia ad essere comunicato, e si rende visibile nel corso delle belle notti, mostrandosi primitivamente colà dove comincia ad essere in movimento, vale a dire dove il contatto ha principio, e perciò nelle regioni più settentrionali; da ciò ne avviene che le correnti della luce sembrano slanciarsi verso il sud eziandio fino al zenit delle contrade settentrionali. Ma sebbene la luce sembri scagliarsi dal nord al sud, il progresso del fuoco è realmente dal sud al nord. Il suo movimento cominciando al nord, ecco perchè esso è là che primitivamente è scorto.

« Perchè il fuoco elettrico non è giammai visibile che quando è in movimento, e che salta da corpo a corpo, e da particella a particella attraverso l'aria; allorchè traversa dei corpi densi è invisibile. Quando un filo di rame fa parte del circuito nell'esplosione della *boccia elettrica*, il fuoco, sebbene in gran quantità, passa nel filo di rame invisibilmente; ma traversando una catena, esso diviene visibile, perchè salta da anello ad anello. Passando lungo una foglia d'oro, esso è visibile perchè la foglia d'oro è piena di pori; presentando una foglia alla luce, essa rassembra come una reticella, ed il fuoco si rende apparente saltando attraverso gli interstizii. Come allorchè si apre ad una delle estremità un lungo canale ripieno d'acqua, per vuotarlo, il movimento dell'acqua primitivamente comincia presso l'estremità aperta e continua verso l'estremità chiusa, sebbene l'acqua stessa avanzi dall'estremità chiusa verso l'estremità aperta; così il fuoco elettrico scaricato nelle regioni polari, può essere sopra una lunghezza di mille leghe di aria carica di vapori, apparirà in principio soltanto là dove è in movimento, vale a dire nelle parti più settentrionali, e l'apparizione si slancerà dalla parte del mezzogiorno, sebbene il fuoco avanzi realmente dalla parte del settentrione. Tutto questo potrebbe passare per una spiegazione dell'aurora boreale ».

Caratteri esteriori del fenomeno delle aurore.

L' A. riassume in questo paragrafo tutto quello che le osservazioni le più recenti hanno fatto conoscere di nuovo, sopra i caratteri che esso appella esteriori dell'aurora, vale a dire tutto ciò che concerne le loro apparizioni, le loro apparenze, le loro posizioni, ec,

Di tutti i punti acquistati definitivamente dalla scienza uno dei più importanti sembra all' A. essere la coincidenza costante tra le apparizioni dell'aurora boreali e le australi. Esso aveva di già segnalato questa coincidenza, nel suo *Trattato d'elettricità* (T. III. p. 302), ma d'allora in poi nuove ricerche son venute a metterla fuori di dubbio. Il sig. Loomis, confrontando le epoche d'apparizione d'una aurora boreale a Hobarton, a Greenwich ed a Toronto, aveva di già trovato che pressochè costantemente quando vi ha un' aurora boreale a Hobarton ve ne ha una visibile in qualche parte dell'emisfero nord. Ma ultimamente ha pubblicato (1), una tavola d'osservazioni d'aurora boreali fatte a Christiania, latitudine nord di $59^{\circ}54'$, longitudine $10^{\circ}43'$, E, ed inclinazione magnetica del 1859 di $71^{\circ}18'$ che è facile di confrontare con una tavola simile d'osservazioni d'aurora australi fatte ad Hobarton, latitudine sud $42^{\circ}52'$ longitudine $147^{\circ}27'$ E, ed inclinazione magnetica nel 1845 di $70^{\circ}35'6''$.

Ecco queste tavole:

*Osservazioni dell'aurora boreale a Christiania in Norvegia
latitudine $59^{\circ}54'$, longitudine $10^{\circ}, 43'$ E. inclinazione magnetica nel 1859, $71^{\circ}18'$.*

	<i>Giorni</i>	<i>Ore</i>	<i>Osservazioni sull'aurora</i>
1841	Marzo	15 10	Aurora.
	Marzo	22 „	Pioggia.
	Maggio	17 „	Pioggia.

(1) American Journal, Vol. XXXII. Nov. 1861.

<i>Giorni</i>	<i>Ore</i>	<i>Osservazioni sull'aurora</i>
1841 Luglio 20	„	L' Aurora non era visibile .
1842 febbrajo 18	11 — 14	Aurora debole .
Aprile 11	9 — 15	Leggera Aurora, debole arco , pallido a 15. h.
Aprile 12	9 — 14	Raggi e fiamme estendentesi fino al zenit.
Aprile 13	9 — 13	Raggi e fiamme .
Aprile 15	11 — 15	Aurora con fiamme ondeggianti .
Luglio 2	10 e 12	Il magnetometro bifilare era del tutto uscito della scala .
1844 Aprile 17	9	Debole aurora, pallida, estendentesi pressochè fino al zenit.
1846 Settembre 22	7 — 15	Violenti fiamme sopra $\frac{3}{4}$ del cielo, rossastre, corona imperfetta.
1847 Aprile 21	11 — 14	Aurora con fiamme raggianti (o scintillanti) .
Settembre 24	7 — 10	Corona completa . Raggi di un rosso carico .
Settembre 26	10	Arco magnifico e scintillante .
Ottobre 22	10	Pioggia .
Ottobre 23	6	Aurora scintillante dietro le nubi .
Ottobre 24	5 $\frac{1}{2}$ — 12	Una delle più belle aurore che noi abbiamo vedute , corona completa, colori vivi , rossi e gialli .
Dicembre 19	10	Aurora marcatissima , raggi gialli , delle placche rosse senza movimento .
1848 Marzo 24	—	Pioggia .
Aprile 5	10	Aurora debole .
Aprile 7	10	Arco scintillante .
Ottobre 18	7 $\frac{3}{4}$ — 10	Irraggiamento brillante su tutta la volta . Colore rosso intensissimo .
Novembre 19	10	Aurora .
Dicembre 22	10	Aurora pallida .

Osservazioni dell'aurora australe a Hobarton, terra di Van-Diemen. Latitudine 42° 52' S. Longitudine 147° 27' E. Inclinazione magnetica 70° 35' 6".

Hobarton tempo medio .

Calcoli astronomici.

	<i>Giorni</i>	<i>Ore</i>	<i>Osservazioni sull'aurora</i>
1841	Maggio 16	17	Leggiera apparizione dell'aurora.
	Marzo 22	15	Debole apparizione dell'aurora.
	Marzo 17	13	Leggiera apparizione dell'aurora.
	Luglio 20	9	Aurora brillantissima al sud-est.
	Dicembre 17	11	Leggiera aurora al sud.
1842	Gennajo 1	11	Apparizione dell'aurora al sud.
	Febbrajo 2	9	Leggiera apparizione dell'aurora al sud-ovest.
	Febbrajo 18	9	Apparizione dell'aurora al sud.
	Aprile 11	9	Leggiera apparizione dell'aurora al sud.
	Aprile 13	13 — 15	Aurora al sud.
	Aprile 14	9	Aurora al sud.
	Aprile 15	9	Aurora al sud.
	Maggio 16	9 — 15	Aurora dal sud-est al sud.
	Giugno 13	11	Debole aurora al sud.
	Luglio 2	7 — 11	Leggiera aurora al sud.
	Settembre 2	13	Luce fissa e brillante al sud.
	Dicembre 31	9	Leggiera aurora al sud.
1844	Aprile 16	—	Aurora fra la sera e la notte.
	Aprile 25	9	Leggiera apparizione dell'aurora.
1846	Settembre 22.	—	Aurora brillantissima durante tutta la notte.
1847	Aprile 20	—	Aurora distintissima durante la notte.
	Aprile 21	—	Aurora visibile.
	Settembre 24	—	Aurora brillantissima.
	Settembre 25	—	Aurora visibile.
	Settembre 26	—	Aurora visibile.

	<i>Giorni</i>	<i>Ore</i>	<i>Osservazioni sull'aurora</i>
1847	Ottobre 22	—	Aurora visibile e brillantissima.
	Ottobre 23	—	Aurora visibile .
	Ottobre 24	—	Aurora ancora visibile .
1848	Marzo 24	—	Aurora distintissima la notte .
	Aprile 6	—	Aurora distintissima la notte .
	Ottobre 18	—	Aurora visibile .
	Novembre 19	—	Aurora visibile .
	Dicembre 21	10	Leggiere tracce dell' aurora al sud.

Il confronto di queste due tavole che contengono le osservazioni fatte dal 1841 al 1848 mostra che tutte le volte che è stata esservata un'aurora a Christiania, ne è stata pur vista una, sia nel medesimo tempo, sia dentro le 24 ore al più tardi, a Hobarton, sopra 25 osservazioni fatte a Christiania non ve ne ha che una per la quale non vi è stata simultaneità fra un' aurora australe ed un' aurora boreale. Questa proporzione è ben debole, e se le aurore australi non hanno tutte delle aurore boreali corrispondenti, è facile il comprendere che ciò può essere attribuito alla presenza delle nubi che sovente coprono il cielo nelle regioni settentrionali; tanto più che alle date per le quali mancano delle aurore nell'emisfero boreale sono state osservate, sia a Greenwich, sia a Toronto delle forti perturbazioni magnetiche. D'altronde vi sono alcune di queste date nelle quali sono state osservate delle aurore nell'emisfero nord fuori di Christiania. Ognun sa, del resto, che le grandi aurore dei mesi di Agosto e di Settembre 1859, sono state vedute ugualmente al nord ed al sud da pressochè tutti i punti della superficie del globo terrestre.

Un secondo punto acquistato alla scienza, è questo che l'aurora è un fenomeno che ha luogo nell'atmosfera e non fuori di lei. Il Padre Secchi in un suo lavoro, conferma con numerose osservazioni l'opinione che l'A. aveva emessa sulla necessità della presenza di particelle ghiacciate in sospensione nell'atmosfera perchè abbia luogo l'apparizione della luce elettrica che produce l'aurora. Mostra inoltre, ri-

chiamando le osservazioni di Franklin, di Hood, di Parry, di Ross e di un gran numero di viaggiatori che le altezze delle aurore non oltrepassano quelle alle quali si trovano le nubi e le nebbie di ghiaccioli. Ciò non pertanto ultimamente il sig. Loomis aveva creduto potere assegnare allo spazio occupato dell'aurora nel cielo un intervallo compreso tra 50 e 500 miglia al disopra della superficie della terra, ciò che supponeva alla parte superiore della aurora un'altezza maggiore di 150 leghe, e per conseguenza ne faceva un fenomeno extra-atmosferico. Ma il calcolo del sig. Loomis sembra all'A. riposare sopra una base inammissibile, cioè che il punto del cielo ove vengono a metter capo i getti o raggi che si slanciano dal luogo ove è la sede dell'aurora possa essere considerato come essere il punto stesso esattamente che simultaneamente è veduto da due osservatori collocati a differenti latitudini ed a delle grandi distanze gli uni dagli altri. L'A. passa a far vedere che niente è di ciò meno provato.

Per farsi una esatta idea della maniera di procedere degli scienziati che credettero poter calcolare l'altezza delle aurore col mezzo delle osservazioni simultanee, fatte a differenti latitudini, fa duopo rammentarsi che l'aurora boreale, indipendentemente dalle placche aurorali, che non sono che dei cirri d'una grande tenuità resi luminosi per le scariche elettriche, si compone di due parti distinte: 1^a. d'un arco luminoso, la sede del quale è nelle regioni polari e che ha per centro il polo magnetico; 2^a. di raggi che sembrano partire dalla sommità di quest'arco, che si allungano, si raccorciano istantaneamente o lentamente, aumentando o diminuendo improvvisamente di splendore, i quali tutti appaiono convergere verso un medesimo punto del cielo indicato dalla direzione dell'ago d'inclinazione del luogo dell'osservazione, e che qualche volta, ma rarissimamente, raggiungono questo punto di riunione formando il frammento di una immensa cupola luminosa, che si denomina la corona.

L'arco non è che la parte visibile dall'osservatore di un anello luminoso l'esistenza del quale è stata per la prima volta costatata da Hansteen, dipoi confermata dalla maggior parte

degli osservatori, specialmente dai signori Lottin e Bravais, e ultimamente dal sig. Marsh di Filadelfia, il quale è riuscito eziandio a determinarne il centro che ha trovato essere posto presso la parte settentrionale dello stretto di Dawis. Questo stesso scienziato è pervenuto col mezzo di osservazioni simultanee fatte a stazioni differenti comprese tra 42° , $48'$ e 39° , $9'$ di latitudine, a calcolare la più grande altezza dell'arco al disopra dell'orizzonte, che ha trovato essere di 43 miglia, sia di 14 leghe incirca. Questo calcolo suppone naturalmente, come quello del sig. Loomis, che è la stessa parte dell'arco che è veduta simultaneamente dagli osservatori collocati a differenti stazioni. In questo caso, tale supposizione può essere ammessa, almeno dentro certi limiti, perchè vi sono qualche volta molti archi concentrici, poichè a misura che si avvanza verso le latitudini più settentrionali, la sommità dell'arco che è situata nel meridiano magnetico, sembra all'osservatore elevarsi costantemente di più al disopra dell'orizzonte. D'altronde, la conclusione non conduce per l'altezza limite dell'atmosfera ad un risultato inammissibile.

Ma non è più così allorchè si tratta in luogo dell'arco, del punto di convergenza dei raggi che sembrano da lui emanarsi, formando qualche volta con la loro riunione la specie di cupola o baldacchino posta nel cielo sul prolungamento della direzione dell'ago d'inclinazione. È evidente che questo punto di convergenza non può essere lo stesso per una stazione e per un'altra più settentrionale o più meridionale, poichè in ciascun luogo esso è situato sulla direzione dell'inclinazione magnetica e che quest'inclinazione varia da un luogo all'altro. Infatti, lo spostamento del punto di convergenza è tale che un osservatore che s'avvanza verso il polo magnetico nord lo vede, a partire dal sud del suo zenit ove esso l'aveva primitivamente scorto, elevarsi di più in più al disopra dell'orizzonte. Ora, come lo rimarca Arago, è precisamente il contrario che dovrebbe avvenire se fosse un punto raggiante e non un semplice effetto di prospettiva.

Cerchiamo dunque, dice l'A. di renderci un poco meglio conto di questi raggi o getti luminosi che non sono in

sostanza, altra cosa che delle scariche elettriche operantesi fra l'elettricità positiva delle parti superiori dell'atmosfera e la negativa del globo terrestre accumulata ai poli, attraverso delle serie di particelle ghiacciate, che s'incontrano pressochè senza interruzione nell'atmosfera a partire dai suoi limiti fino alle regioni polari.

Avvicinandosi al polo verso del quale esse convergono, queste linee luminose, in principio isolate le une dall'altre, in modo da presentare delle strie nere fra loro, divengono assai serrate per costituire un arco o frammento d'anello continuo. Esse non sono adunque, per così dire, che il prolungamento delle linee rette che, comparendo tutte partire dal polo magnetico, a una certa distanza da questo polo divengono luminose, essendo ancora tanto avvicinate le une all'altre per costituire un arco continuo, e più lontano si trovano assai divergenti per comparire separate le une dall'altre.

Questa maniera di riguardare il fenomeno è del tutto confermata dall'osservazioni così numerose e così esatte del sig. Bravais, a Bossekop ed a Jupwig nel 1838 e 1839. Così, egli ha rimarcato la tendenza costante che hanno gli archi dell'aurora a decomporsi in raggi corti diretti secondo il senso della larghezza dell'arco e convergenti verso il zenit magnetico, gli archi stessi apparendo molto spesso formati di fibre trasversali ai loro bordi, tagliati nettamente alle loro estremità secondo una curva regolare che figura il bordo inferiore dell'arco.

Egli è vero che vi sono degli archi a pasta completamente nebulosa, ma essi sono i meno frequenti, e gli archi radiati sono i più numerosi, si trovano d'altronde tutte le intermediarie possibili tra l'una e l'altra di queste forme, e sovente un arco nebuloso si risolve in un arco radiato senza che la sua forma generale abbia mutato, ciò che prova ad evidenza che non vi ha altra differenza fra loro, se non quella che nei primi i raggi luminosi sono così ravvicinati che formano una superficie continua.

L'A. nota ancora alcuni punti importanti segnalati dal sig. Bravais; è fra questi primitivamente la molteplicità de-

gli archi ossia anelli; egli ne ha veduti fino a nove alla volta distintissimi al disopra dell'orizzonte: egli ha trovato ancora che mille cause perturbatrici potevano impedire ben sovente all'arco aurorale di venirsi a porre perpendicolarmente al meridiano magnetico, e che il centro geometrico del luogo assoluto dell'arco, lungi di essere costantemente il polo magnetico dell'emisfero nord, poteva corrispondere a dei punti della superficie terrestre assai più vicini o più lontani che questo polo, più orientali o più occidentali. Il signor Bravais ha ancora rimarcato negli archi aurorali un movimento di traslazione molto frequente dal sud al nord, e soprattutto dal nord al sud, accompagnato da una ascensione graduale che essi provano allontanandosi dal polo magnetico; egli ha altresì osservato che la più gran larghezza della sezione dell'anello è parallela alla superficie della terra.

Ritornando attualmente ai raggi, ed alle corone che risultano dalla convergenza dei raggi verso il zenit magnetico, il sig. Bravais che ne ha vedute un grandissimo numero e le ha studiate con molta diligenza, perviene alla conclusione che il fenomeno non è punto così regolare come generalmente si è preteso e che in particolare i raggi non sono costantemente paralleli alla direzione dell'ago d'inclinazione. Egli è condotto ad ammettere che i raggi che generano la corona si distribuiscono nello spazio in modo da abbracciare una regione molto estesa, ma nulladimeno limitata, e che ha ordinariamente una forma ellittica allungata nel senso est-ovest. La tendenza dei raggi a coordinarsi in lunghe file parallele agli archi aurorali mostra ad evidenza il legame intimo dei due fenomeni, legame confermato dal fatto che il passaggio d'un arco, del quale l'apparenza è radiata, per lo zenit magnetico, dà sovente nascimento ad una corona. È vero che la corona si forma qualche volta mancando ogn'arco, ciò che non impedisce di ammettere che i raggi sono diretti come se essi emanassero da un arco, il quale solamente non è visibile.

Tutti i fatti osservati dal sig. Bravais gli provano che c'è una causa ottica costante, che conduce costantemente allo zenit magnetico il punto centrale di convergenza dei rag-

gi, ma che il centro di Figura della corona può occupare un luogo qualunque sull'emisfero celeste.

In riassunto, dice l'A., noi vediamo che per spiegare le differenti apparenze dell'aurora, non è punto necessario di supporre che questo è un fenomeno extra-atmosferico e che è sufficiente d'ammettere che delle scariche si operino attraverso delle nebbie ghiacciate, in una direzione più o meno inclinata tra le regioni superiori dell'atmosfera, d'altrettanto più elevate che esse sono più lontane dal nord, e le parti inferiori situate nelle regioni polari; che di più il magnetismo terrestre tende a dare a queste scariche luminose una direzione uniforme, tendenza necessariamente più o meno contrariata per la distribuzione variabile delle particelle ghiacciate nelle differenti parti dell'atmosfera, e conseguentemente, per l'effetto dei venti su di esse.

Considerazioni teoriche.

Abbiamo riassunto i caratteri fisici ed esteriori che presentano l'aurore, tali quali dell'osservazioni numerose ed esatte li hanno costatati. Adesso l'A. passa a mostrare come la teoria che ha di già fatta conoscere ne renda conto in una maniera soddisfacente, al tempo stesso che essa spiega le perturbazioni magnetiche ed elettriche che l'accompagnano.

L'elettricità che dà nascimento a quest'insieme di fenomeni sembra all'A. originarsi nelle azioni chimiche che hanno luogo tra le regioni sotterranee incandescenti e le infiltrazioni dell'acqua del mare che pervengono fin laggiù. Da ciò ne risulta una carica di elettricità positiva per l'acqua del mare, ed una carica d'elettricità negativa per la parte solida del globo, ivi comprese le piccole estensioni d'acqua dolce, come i laghi ed i fiumi che questa superficie presenta. A sostegno della sua ipotesi, l'A. invoca non solamente le moltissime esperienze le quali provano direttamente che dell'elettricità è generata in circostanze simili, e che essa si reparte secondo la legge da lui ammessa, ma anche le osservazioni numerose che, da Franklin al signor

Becquerel dimostrano che il mare e l'aria immediatamente in contatto di lui sono positivi, e che la superficie solida della terra ed i vapori che da lei si sviluppano immediatamente sono negativi. In fine s'appoggia ancora sopra le osservazioni che hanno costatato che i vapori ed i fumi che si elevano dai vulcani sono costantemente positivi ed assai fortemente per dare origine a delle vere procelle elettriche, osservazioni rinnovate dal sig. Palmieri all'occasione dell'ultima eruzione del Vesuvio.

Ammessi questi dati è evidente che i vapori che si elevano costantemente dal mare, principalmente dai mari tropicali, devono portare con loro nelle regioni superiori dell'atmosfera l'elettricità positiva della quale il mare è carico, mentrechè la negativa si ripartirà sulla superficie della terra come sopra una superficie conduttrice; non neghiamo che queste due elettricità non debbano neutralizzarsi in parte direttamente nelle superficie di contatto dei mari e delle porzioni solide del globo, come pure per l'intermediario dei fiumi; ma non per questo non ne rimane una forte proporzione che sfugge a questa ricomposizione come l'esperienza lo prova in piccolo in circostanze perfettamente simili.

La parte superiore dell'atmosfera, soprattutto quella che è situata immediatamente al disopra delle regioni equatoriali, si trova così costantemente carica di vapori o di particelle ghiacciate eminentemente positive, le quali sono, a misura che pervengono a queste altezze, cacciate dai venti alisei rispettivamente verso i due poli, ravvicinandosi gradatamente alla superficie della terra; talchè si può dire che il globo terrestre è contornato di un involuppo positivo, del quale la distanza alla sua superficie va diminuendo dall'equatore ai poli. Esso stesso è carico di una elettricità negativa separata dalla positiva di questo involuppo, dallo strato più o meno isolante della parte inferiore dell'atmosfera, di manierachè come il globo terrestre e la parte superiore dell'atmosfera sono rispettivamente dotati d'una conducibilità perfetta, possono essere considerati come costituenti i due piatti conduttori d'un condensatore del quale lo strato iso-

lante è l'atmosfera. Queste due elettricità delle quali la sorgente è senza posa attiva e per conseguenza inesausta, debbono adunque, dopo di essersi condensate per la loro mutua azione essenzialmente nelle porzioni della terra e dell'atmosfera ove esse sono più ravvicinate, vale a dire nelle regioni prossime ai poli, ivi riunirsi sotto forma di scariche più o meno frequenti dal momento che esse arrivano ad un certo grado di tensione.

Ora, siccome la terra è un conduttore perfetto e che l'elettricità dell'atmosfera è ugualmente portata verso i due poli, ne risulta che la tensione elettrica deve essere sensibilmente la stessa alle regioni boreali ed alle regioni australi, e che, allorchè questa tensione perviene al limite che essa non può oltrepassare, la scarica deve aver ivi luogo presso a poco simultaneamente. Si debbono solamente avere delle differenze nell'intensità delle scariche fra una regione e l'altra, ed eziandio da un momento all'altro nella medesima regione, perchè lo strato d'aria che separa ai due poli l'elettricità negativa della terra dalla positiva dei vapori accumulati nell'atmosfera, non è necessariamente identico sotto il rapporto della sua resistenza. È evidente altresì che la scarica non deve farsi in una maniera istantanea, ma che considerata la natura poco conduttrice del mezzo che separa l'elettricità negativa dalla positiva, essa non può aver luogo che per scariche successive, più o meno continue e d'intensità variabili.

Nè è d'altronde sorprendente che le scariche luminose non sieno limitate alle regioni polari, e che vi sieno delle nubi luminose appellate placche aurorali, e dei raggi d'uno splendore più o meno vivo solcanti le altre parti del cielo. Basti rammentarsi che tutta la parte superiore dell'atmosfera è carica d'elettricità positiva, e che siccome essa è conduttrice, dacchè l'equilibrio elettrico è rotto in una parte, quella che corrisponde alle regioni polari, vi ha necessariamente movimento d'elettricità in tutto il resto; movimento reso sensibile per la luce che l'accompagna quando delle leggiere particelle di ghiaccio, sotto forma di cirri, o semplicemente collocate le une di seguito alle altre, servono a propagarla.

Non ritorna l' A. sugli effetti di direzione, ossia di orientazione che esercita su queste scariche il magnetismo terrestre ; effetti che ha già descritti precedentemente, se non in totalità, almeno in gran parte. Solo si limita a rimarcare per il momento, che le forme e le direzioni che prediligono le scariche si spiegano benissimo colle leggi conosciute dell' elettro-magnetismo, purchè si abbia cura di tener conto delle anomalie, che debbono risultare dalla non perfetta omogeneità degli strati atmosferici al punto di vista della conducibilità elettrica, e della distribuzione non uniforme delle particelle elettrizzate che si trovano nelle regioni superiori dell' atmosfera. L' esistenza dello strato oscuro che separa la superficie della terra dall' arco aurorale, la forma degli archi od anelli perpendicolari ai meridiani magnetici e dotati d' un movimento di rotazione più o meno pronunziato dall' ovest all' est, che affetta la parte luminosa, la formazione dei raggi, ossia getti luminosi, che sono scagliati dall' arco aurorale, sono altrettanti fenomeni che si accordano colle leggi dell' elettro-dinamica, che si possono riprodurre sperimentalmente più o meno bene, però tenendo conto delle anomalie che debbono essere generate più o meno dalla variabilità degli elementi che concorrono alla loro produzione.

*Fenomeni magnetici ed elettrici che accompagnano
l' apparizione dell' aurora.*

I fenomeni magnetici ed elettrici che accompagnano alla superficie della terra l' apparizione dell' aurora boreali ed australi, meritano con tutta particolarità di fissare la nostra attenzione, a causa della maniera rimarcabile con la quale s' accordano, fino nei loro più piccoli dettagli, colla teoria della quale essi sono la dimostrazione la più evidente.

Gli osservatori, alla testa dei quali è Arago, s' accordano tutti a riconoscere che nel nostro emisfero l' influenza d' un' aurora boreale si manifesta fino dal principio per un aumento nella declinazione occidentale dell' ago calamitato, aumento che eziandio precede sovente di qualche poco l' ap-

parizione dell'aurora; non è, in generale, che accidentalmente nel tempo della durata del fenomeno e soprattutto verso la fine, che si osserva una deviazione in senso contrario. Così, fra gli esempi che cita Arago, noi troviamo quello d'una aurora boreale dell'8 Settembre 1827, nella quale la declinazione fu di 13' più occidentale che la declinazione ordinaria, poi di 19' un'ora appresso; non fu che 9 ore più tardi che si osservò una deviazione di 8' in senso contrario. Tutta la giornata l'ago fu molto agitato, ma la causa perturbatrice portò costantemente l'estremità nord all'occidente.

Tutti gli osservatori s'accordano ugualmente nel riconoscere che le grandi aurore boreali del 29 Agosto e 2 Settembre sono state accompagnate da un aumento notabile della declinazione occidentale dell'ago con accompagnamento di molte oscillazioni e di alcune rare deviazioni orientali di un'ampiezza assai minore che le occidentali. Gli altri elementi magnetici, l'inclinazione e l'intensità, hanno ancora provato delle modificazioni, ma d'una natura molto meno pronunziata.

Dopochè lo stabilimento delle linee telegrafiche è divenuto molto generale nel nostro emisfero, si è potuto osservare che tutte le volte che vi ha apparizione di una aurora boreale, i fili che costituiscono queste linee sono percorsi da delle correnti elettriche. Queste correnti si manifestano non solamente colla loro azione su gli apparecchi telegrafici; ma, come l'ha osservato il sig. Loomis durante le grandi aurore boreali del 1859, esse son capaci di riscaldare sensibilmente i fili dell'elettro-calamite che percorrono, di dare delle forti scintille e delle scosse fisiologiche, di produrre eziandio delle decomposizioni chimiche.

I fili telegrafici, nei quali queste correnti sono raccolte comunicano per le loro estremità col suolo mediante larghe placche metalliche, di rame o di ferro, che sono profondamente impiantate nella terra, per quanto è possibile in luoghi i più umidi. Quando essi non servono alle comunicazioni elettro-telegrafiche, la comunicazione della estremità del filo con le placche terminali non è interrotta e nel

circuito del filo si trova un apparecchio indicatore simile ad un galvanometro. La corrente, della quale il movimento del galvanometro indica la presenza, è dunque una corrente derivata raccolta dalla terra col mezzo delle due placche terminali che servono come di sonde o d' elettrodi. L' apparizione di questa corrente indica, per conseguenza, l' esistenza d' una corrente terrestre molto più forte, della quale essa non è che una debole derivazione. Il sig. Walker in Inghilterra e il sig. Loomis in America sono riusciti a seguire in una maniera molto esatta, l' andamento di queste correnti durante le aurore del 1859 e quella del mese d' Agosto del 1860. Sfortunatamente le osservazioni del sig. Walker del 1859 sono meno precise che quelle del 1860. Nulladimeno i risultati sono assai d' accordo. Esse concorrono le une e le altre a mostrare che durante l' apparizione d' una aurora le correnti variano a ciascun istante, non solamente d' intensità, ma anche di direzione, camminando ora dal nord al sud, ora, e pressochè così sovente, dal sud al nord. Le correnti delle quali la durata è d' un minuto, sono le più numerose, poi vengono quelle d' una durata di 2, di 3, di 4 minuti di $\frac{1}{2}$ minuto, e di 5 minuti. Quanto alla direzione, vi sono in generale alcune correnti che si seguono senza cangiare di senso, ma presentanti una intensità differente, poi ne succedono delle dirette inversamente, variabili ancora d' intensità. Così dal 29 Agosto 1859, a 7 ore di sera, fino al 2 Settembre, a 3 ore dopo mezzogiorno il sig. Walker ha osservato 70 correnti dirette dal nord al sud e 55 dal sud al nord. Nelle osservazioni più continuate, fatte l' 8, 9, 10, 11 e 12 Agosto ed il 7 Settembre 1860 il signor Walker ha notato 389 correnti dirette sia dal nord al sud, sia dal sud al nord; la durata delle prime è stata in media di 9'.51", e quella delle seconde di 9'.42"; il valore medio delle prime è stato di 28°,01, e quello delle seconde di 26°,89; vi sono tuttavia delle grandi differenze da un giorno all' altro, così il 10 Agosto, l' insieme delle correnti dal nord al sud non ha durato che 95^m, mentre che la somma delle correnti dal sud al nord ha durato 123^m; il giorno dopo 11 Agosto, le prime hanno avuto una durata di 226^m $\frac{1}{2}$, e le se-

conde di $168^m \frac{1}{2}$ solamente. Le differenze sono state molto meno grandi tra le medie.

Vediamo attualmente come i risultati che abbiamo richiamati possono conciliarsi colla teoria esposta più alto. Le correnti terrestri che si manifestano al momento dell'apparizione d'una aurora boreale, sono evidentemente la conseguenza del movimento dell'elettricità che ha luogo nella terra per effetto delle scariche che si operano nelle regioni polari. Queste correnti nel nostro emisfero terrestre devono avere la direzione generale dal nord al sud, poichè esse provengono dalla neutralizzazione dell'elettricità negativa della quale la terra è carica, colla positiva dell'atmosfera polare. Ma fa duopo non obliare che le correnti derivate, le sole che ci accusa il galvanometro, sono raccolte col mezzo di placche metalliche di grandi dimensioni impiantate in un suolo umido. Queste placche si polarizzano bentosto sotto l'azione chimica della corrente che esse trasmettono, e questa polarizzazione, che deve essere molto forte nelle condizioni nelle quali essa s'opera, non tarda a produrre nel galvanometro una corrente inversa di quella che l'ha determinata da che la corrente principale cessa o s'indebolisce. Ora, tutte le persone che, senza alcuna idea preconcepita, sono state testimoni di aurore boreali, s'accordano a dire che esse si manifestano con delle variazioni ed oscillazioni d'intensità molto sorprendenti. Quando l'intensità aumenta, si deve avere una corrente dal nord al sud; quando essa s'indebolisce, una corrente inversa dal sud al nord.

Ciò non è tutto; la simmetria dei due poli terrestri, congiunta alla conducibilità della terra che può essere considerata come perfetta, determina delle scariche simultanee nelle regioni boreali ed australi. Solamente queste scariche possono essere per l'effetto di circostanze locali e variabili, alternativamente più forti all'uno dei poli che all'altro, ed eziandio cessare momentaneamente all'uno dei poli, nel tempo che esse continuano ad aver luogo all'altro. Ne deve risultare che i fili collocati nell'emisfero nord che davano una corrente diretta dal nord al sud, quando la scarica aveva luogo al polo boreale, daranno una corrente diretta dal sud

al nord quando la scarica avrà luogo al polo australe, poichè l'elettricità negativa della terra si dirigerà verso quest'ultimo polo in luogo di continuare a portarsi verso il primo. Ma questa causa d'inversione nel senso della corrente è molto meno frequente e potente di quella che ha per causa le polarità secondarie delle placche impiantate nel suolo. Essa può aggiungere il suo effetto a quello che risulta da queste polarità, e per conseguenza renderlo più considerevole, ma essa non agisce sola, almeno in questo caso.

Tuttavia, è ad essa sola che si possono attribuire le variazioni nel senso della declinazione dell'ago calamitato durante l'apparizione dell'aurore, variazioni ben meno pronunziate e ben meno frequenti di quelle che hanno luogo nella direzione delle correnti raccolte dai fili telegrafici. L'aumento nella declinazione occidentale che, come abbiamo veduto, è il fatto dominante, è la conseguenza dell'azione della corrente diretta dal nord al sud prodotta per la scarica al polo boreale; l'oscillazioni nell'ampiezza di questa declinazione provengono dalle variazioni d'intensità della corrente. Ma se la scarica cessa d'aver luogo al polo boreale, almeno in parte, e si trasporta al polo australe, allora la corrente cessa nel nostro emisfero d'essere diretta dal nord al sud, essa cammina dal sud al nord e produce una declinazione orientale, ma costantemente ben meno pronunziata che l'occidentale, il che dipende da che essa è molto più debole quando cammina dal sud al nord che quando è diretta dal nord al sud. Le cose debbono passarsi esattamente nel modo stesso nell'emisfero australe.

Vi ha dunque una gran differenza fra i risultati che si ottengono, se in luogo d'osservare le correnti raccolte dai fili telegrafici, si studiano le perturbazioni dell'ago calamitato, che accompagnano l'apparizione dell'aurore, perchè non vi ha più allora nè elettrodi, nè polarità, nè correnti secondarie; vi ha azione diretta della corrente principale. Quest'azione può variare in intensità, ma essa deve costantemente esercitarsi nel medesimo senso tanto che la scarica ha luogo al medesimo polo, sia essa forte o debole, ed essa

non deve cangiare di senso che allorquando la scarica cessa o s'indebolisce estremamente al polo il più vicino, mentre che essa si produce o si rinforza all' altro . Questa conseguenza della teoria sembra bene essere verificata dalle numerose osservazioni delle perturbazioni magnetiche che accompagnano l'apparizioni dell'aurore boreali, e che tutte, come è stato di già fatto osservare, si manifestano con un aumento della declinazione occidentale, variabile, è vero da un' istante all' altro nella sua ampiezza, ciò che indica una corrente diretta dal nord al sud d' una intensità variabile; vi sono è vero alcune deviazioni orientali che denotano l'esistenza d'una corrente dal sud al nord, ma esse sono poco numerose, e non si mostrano che sul finire dell'aurora e possono, per conseguenza, essere spiegate, come è stato già visto, per la grande predominanza delle scariche australi sulle boreali.

Tuttavolta era da lamentarsi di non poter confrontare i risultati del sig. Walker sulle correnti dei fili telegrafici, colle osservazioni delle perturbazioni magnetiche, fatte nei medesimi momenti ed altrettanto che fosse possibile in regioni vicine, allorchè l' A. ricevette al cominciamento dell'inverno un lavoro del sig. Balfour Stewart direttore dell' osservatorio di Kew, che ha riempito perfettamente questa laguna. È col mezzo di apparecchi fotografici che registrano in una maniera continua tutti i movimenti delle sbarre calamitate, che il sig. Steward ha ottenuto delle curve l' ispezione delle quali dinota immediatamente la natura e l'intensità di questi movimenti. Le osservazioni sono state fatte su le perturbazioni così considerevoli che hanno accompagnato le aurore del 29 Agosto e del 2 Settembre 1859. Gli apparecchi davano la misura dei tre elementi magnetici, cioè la declinazione, l'intensità orizzontale e l'intensità verticale. Le curve relative a questi tre elementi sono accompagnate ciascuna dalla curva che indica il loro stato normale, vale a dire da quella che avrebbero dovuto tracciare gli apparecchi se non vi fosse stata perturbazione, di maniera che il confronto è facile a stabilirsi. Ed è di già il 28 Agosto a 10 ore e mezzo di sera, che una perturbazione pronunciata si è manifestata nei tre apparecchi; frattanto, dopo la mattina del 28 e durante tutta

la giornata, la curva è dentellata come una sega, ciò che indica uno stato di vibrazione negli aghi, il 29 Agosto, a 7 ore e mezzo di sera, la violenza della perturbazione ha diminuito e le oscillazioni si son mantenute dentro limiti assai ristretti fino al 2 Settembre, a 5 ore del mattino, che ha avuto luogo una nuova forte perturbazione, influenzante tutti gli elementi e che ha durato fino a 4 ore dopo mezzodì dello stesso giorno con una grande violenza, dipoi essa si è calmata un poco: ciò non pertanto, l'agitazione ha continuato ad essere considerevole fino al 5 Settembre, e lo stato normale non è riapparso completamente che il 7 ed eziandio l'8 Settembre.

Il carattere delle due perturbazioni è stato lo stesso; esso è consistito essenzialmente nell'aumentare la declinazione di già occidentale ed a diminuire le componenti orizzontale e verticale della forza magnetica della terra; triplo effetto che è la conseguenza dell'azione sopra gli apparecchi d'una corrente elettrica diretta dal nord al sud nel nostro emisfero. Nella perturbazione del 28 al 29 Agosto, l'aumento della declinazione è giunto fino a 2° , $20'$ e la diminuzione della forza orizzontale e verticale fino a 0,04 e 0,01 della forza totale, rispettivamente per ciascuna. La forma in denti di sega delle curve, marcatissima durante tutta la durata dello stato anormale, indica che la forza perturbatrice ha un carattere eminentemente oscillatorio; l'intervallo fra due pulsazioni ha variato da un mezzo minuto (intervallo di tempo il più piccolo che si è potuto osservare) a cinque minuti. Questo carattere, come lo rimarca il sig. Steward, s'accorda colla natura dell'azione esercitata sopra i fili telegrafici nei quali il senso della corrente cangia frequentemente; Infatti, secondo il sig. Walker, le correnti che durano un minuto sono le più numerose, vengono in seguito quella di 2 minuti, di 3, di 4 minuti, di $\frac{1}{2}$ minuto e di 5 minuti; intervalli che sono, quanto alla loro durata ed all'ordine nel quale si succedono, gli stessi che per le oscillazioni consecutive degli apparecchi magnetici. I due fenomeni sono dunque l'effetto della medesima causa, cioè una variazione nell'intensità della corrente.

Oltre queste pulsazioni od oscillazioni che si compiono in un tempo cortissimo, ve ne sono ancora due altre specie più considerevoli delle quali l'una presenta un periodo di 40 a 50 minuti, fortissima, specialmente per la declinazione, l'altra ha una durata di dieci ore incirca e si manifesta egualmente nei tre elementi. Queste oscillazioni provengono da un cambiamento d'intensità che si manifesta per un aumento o diminuzione seguito da un ritorno allo stato primitivo; se il cangiamento d'intensità è brusco, avviene eziandio che la sbarra calamitata oltrepassa la posizione normale che deve occupare quando una volta si trova in riposo.

Il sig. Stewart cita delle osservazioni fatte a Greenwich il 1°. Settembre 1859, che danno dei risultati perfettamente simili, cioè un aumento della declinazione di 13',2 ed una diminuzione di 0,0075 della componente orizzontale e di 0,0013 della verticale.

Il dotto inglese, imbarazzato nel far concordare in una stessa spiegazione, le variazioni nel senso delle correnti osservate dal sig. Walker e le perturbazioni magnetiche che hanno luogo costantemente nello stesso senso, si domanda se queste due classi di fenomeni e l'aurora boreale non sieno tre manifestazioni distinte ed indipendenti d'una medesima forza primaria emanante dal sole. Egli invoca ad appoggio della sua congettura una osservazione del sig. Carrington, relativa ad una modificazione curiosa, osservata nelle macchie del sole il 1°. Settembre 1859, ed il legame stabilito dal sig. Lamont e il Generale Sabine, tra le macchie solari ed il magnetismo terrestre. Ma, senza entrare qui in una discussione prematura sopra la parte d'influenza diretta che fa d'uopo accordare al sole sui fenomeni del magnetismo terrestre, l'A. si limita a rimarcare che non è punto necessario di ricorrere a quest'influenza per spiegare l'aurora boreale ed australe, e le manifestazioni magnetiche ed elettriche che accompagnano la loro apparizione. Le semplici leggi della fisica sperimentale e terrestre, sono sufficienti per rendercene conto e per far rientrar quest'ordine di fatti nella meteorologia. C'era digià, del resto, l'opinione *a priori*

di Franklin, d' Arago, di Biot e di Bravais, che tutti, senza spiegarsi bene categoricamente, erano anticipatamente disposti a vedere nell' aurora boreale un fenomeno atmosferico, nè vi potevano scoprire un fenomeno cosmico, una volta che esso obbediva al movimento di rotazione della terra.

Esperienze in appoggio della teoria.

L' A. è pervenuto a verificare sperimentalmente tutte le conseguenze della teoria che ha esposta, e a riprodurre in piccolo le aurore boreali ed australi con tutti i fenomeni che l' accompagnano.

Ha incominciato per assicurarsi che facendo passare le scariche d' un apparecchio di Ruhmkorff che hanno attraversato dell' aria molto rarefatta per ivi riprodurre l' apparenza dell' aurora, a traverso uno strato d' acqua leggermente salata, si può col mezzo di due lamine di platino ed ancora meglio di due lamine di rame, tuffate in questa soluzione raccogliere una corrente derivata d' una intensità variabile secondo una folla di circostanze facili a comprendere, ma in tutti i casi suscettibili di essere accusate da un galvanometro eziandio poco sensibile. Il senso di questa corrente è costantemente lo stesso, di quello della corrente principale. Ma da che quest' ultima corrente viene a cessare o a diminuire d' intensità, le polarità secondarie che hanno acquistato le lamine metalliche che la trasmettono, danno origine ad una corrente inversa pressochè ugualmente forte, compensando colla durata quello che a lei può mancare in intensità. Potrebbe essere citato un gran numero di valori d' angoli di deviazione del galvanometro, misuranti l' intensità delle correnti derivate e quella delle correnti secondarie corrispondenti; ma questi numeri non hanno interesse per loro stessi, poichè il loro valore assoluto dipende da circostanze tutte variabili. Ciò che importa, è l' uguaglianza presso a poco costante tra le correnti derivate dirette e le secondarie alle quali esse danno origine.

Quanto alle perturbazioni magnetiche, esse sono facilissime a riprodursi sospendendo al disopra e molto vicino ad

una superficie di mercurio messa nel circuito della stessa scarica un ago da cucire così leggero quanto è possibile, e fortissimamente calamitato. L'ampiezza ed il senso delle sue deviazioni mostrano che esso obbedisce a tutte le variazioni d'intensità e di direzione della scarica.

Per meglio realizzare questa riproduzione del fenomeno naturale nel suo insieme e nei suoi dettagli l'A. ha fatto costruire un apparecchio (*Tav. II.*) composto d'una sfera di legno T di 30 a 35 centimetri di diametro che rappresenta la terra. A ciascuna delle estremità d'uno dei diametri di questa sfera è impiantato un fusto di ferro dolce di 3 a 4 centimetri di diametro e di 8 a 10 di lunghezza. I due fusti riposano ciascuno nella porzione la più vicina della sfera, sopra un cilindro F di ferro dolce al quale essi sono solidamente uniti col mezzo di forti viti; i due cilindri essendo verticali servono dunque di supporto ai fusti ed alla sfera, che si trova così ad avere un asse orizzontale OO, terminato da due cilindri di ferro dolce, che possono essere calamitati, facendo riposare i due supporti verticali rispettivamente sopra i due poli di un'elettro-calamita KK con uno strato isolante interposto, ossia circondando questi supporti con un'elica percorsa da una forte corrente. Si ha dunque giustamente così una rappresentazione del globo terrestre con i suoi due poli magnetici.

I fusti di ferro dolce, ricoperti d'uno strato isolante, salvo alle loro estremità libere, sono contornati ciascuno di un manicotto di vetro M, del quale essi occupano l'asse, ambedue terminandosi alla metà di quest'asse. I manicotti hanno all'incirca 16 centimetri di diametro su 20 di lunghezza; essi sono ermeticamente chiusi da due dischi metallici l'uno dei quali A è traversato dal fusto di ferro dolce, e l'altro BB porta, col mezzo di due branche metalliche ricoperte di vernice bene isolante, un anello CD, il diametro del quale è un poco minore di quello del manicotto, e il di cui centro coincide coll'estremità del fusto di ferro dolce, mentre che il suo piano è perpendicolare all'asse del cilindro e per conseguenza del manicotto. L'anello stesso presenta una superficie metallica ben pulita, e il suo bordo

esteriore è a un mezzo centimetro di distanza all'incirca della superficie interna del manicotto di vetro. Delle chavette R, aggiustate ai dischi che chiudono i manicotti esteriormente, permettono di fare in essi il vuoto e d'introdurvi a volontà dei gas o dei vapori in quantità più o meno considerevole. Si vede che per questa disposizione, la sfera ed i fusti di ferro dolce che formano i suoi poli da una parte, e gli anelli metallici che contornano le estremità dei fusti dall'altra parte, sono bene isolati, ciò che è importante per il successo dell'esperienza.

Quando si vuol operare con quest'apparecchio si ricopre il globo di legno di due forti bande di carta bibula, delle quali l'una contorna interamente il suo equatore E E e l'altra che traversata la prima va da un polo all'altro, in modo che le sue estremità sieno rispettivamente in contatto con i cilindri di ferro. Si dispongono su quest'ultima banda da una parte e dall'altra della banda equatoriale delle piccole placche di rame P, di 1 a 2 centimetri quadrati di superficie, ivi fissate col mezzo di piccole viti del medesimo metallo, che penetrano nel legno del globo; queste placche poste ad ugual distanza, sono situate sopra un medesimo meridiano. Si può stabilire tra loro una comunicazione metallica col mezzo del filo del galvanometro che è collocato a 10 o 12 metri di distanza, in modo che il suo ago non sia influenzato direttamente dall'elettro-calamite. L'apparecchio così disposto, si umettano con dell'acqua salata le bande di carta bibula; basta per mantenere queste bande nello stato d'umidità conveniente, di fare immergere le due estremità prolungate della banda equatoriale in una soluzione salina contenuta in una piccola capsula metallica G fissata col mezzo d'un'asta impiantata nel globo di legno, e posta un poco al disotto della parte inferiore di questo globo. Si fa comunicare la capsula metallica coll'elettrode negativo d'un apparecchio di Ruhmkorff, l'elettrode positivo del quale è messo in comunicazione, col mezzo d'un conduttore che si biforca, con i dischi metallici che portano gli anelli collocati nell'interno dei manicotti. Tostochè l'apparecchio Ruhmkorff è messo in attività, si vede, se si è avuto cura di fare

un vuoto sufficiente nell'interno dei manicotti, la scarica partire sotto la forma d' un getto luminoso fra l' estremità del cilindro di ferro dolce e l' anello; ma ora è in uno dei manicotti, ora nell' altro che scintilla il getto, e raramente in tutti e due alla volta, sebbene si sia avuto cura di porre i due mezzi in condizioni in apparenza perfettamente identiche, ed in particolare di farvi esattamente lo stesso vuoto, facendo comunicare, durante quest' operazione, l' interno d' uno dei manicotti con quello dell' altro.

Appena che si vengono a calamitare i ferri dolci, il getto si appanna e prende un movimento di rotazione, il senso della quale dipende da quello della calamitazione e della direzione della scarica. Tuttavia quest' ultima circostanza non influisce solamente sul senso della rotazione; ma dà luogo ad altri cangiamenti curiosi. Così, se si cangia la direzione della scarica in modo da fare arrivare l' elettricità positiva al ferro dolce e la negativa all' anello, si scorge il getto appannarsi attorno dell' estremità calamitata del ferro dolce, in maniera da formare un vero anello di 1 o 2 centimetri di spessore, d' un bel rosso rosato, animato d' un movimento di rotazione regolarissimo, mentre che l' anello metallico è contornato d' un involuppo luminoso violetto formante come una guaina attorno di lui ed animato egualmente d' un movimento di rotazione. Questi due movimenti di rotazione sono perfettamente sincroni, quantunque l' anello color di rosa e l' anello violetto che ne son dotati, separati da uno spazio oscuro di molti centimetri di larghezza, sembrano non avere alcun legame l' uno coll' altro.

Ma ciò che è più rimarcabile ancora, è ciò che avviene nel caso inverso, quello nel quale, come ha luogo nella natura, l' elettricità negativa arriva per il ferro dolce che rappresenta il polo della terra e la positiva per l' anello metallico che rappresenta l' atmosfera. Perchè la scarica sia ben visibile non fa d' uopo che l' aria sia così rarefatta come nel caso precedente; se essa lo è troppo, si può, col mezzo d' una chiavetta disposta a quest' effetto, introdurre gradatamente un poco d' aria, o meglio ancora alcune gocce d' acqua che si evaporano, fino a che si veda apparire istantaneamente un

getto unico; quindi, al momento che si calamita il ferro dolce, il getto si mette a girare suddividendosi in una moltitudine di piccoli fletti brillanti che partono dall'anello luminoso che contorna l'estremità del ferro dolce per terminare al circolo metallico. Questi fletti, egualmente separati, sono perfettamente distinti gli uni dagli altri, come i raggi di una ruota girante con una rapidità più o meno grande. Si ha in ciò una rappresentazione perfettamente fedele di ciò che avviene nelle aurore boreali allorchè gli archi aurorali dardano dei getti luminosi nelle alte regioni dell'atmosfera. È questo un fatto ben rimarcabile che la produzione di questi getti non possa aver luogo che allorquando la corrente è diretta dalla circonferenza al centro, come nel fenomeno naturale, dove la scarica ha luogo dall'atmosfera alla terra. Non se ne vedono affatto allorchè la corrente è diretta dal centro alla circonferenza; non vi sono allora che due archi concentrici, l'uno d'un rosso rosato attorno del ferro dolce, l'altro violetto che inviluppa l'anello metallico, entrambi separati da un largo spazio anulare perfettamente oscuro.

Portandosi adesso verso il galvanometro, distante 10 o 12 metri, al quale fanno capo i fili che partono dalle placche metalliche fissate sulle bande umettate della sfera che ci rappresenta il globo terrestre, ecco allora cosa si osserva.

La sfera è divisa dalla banda di carta equatoriale in due emisferi, che hanno ciascuno un polo magnetico, e che appelleremo l'uno emisfero boreale e l'altro emisfero australe. Collochiamo primitivamente le due placche metalliche da dove partono i fili che vanno al galvanometro, ad una piccola distanza l'una dall'altra, dalla stessa parte dell'equatore, nell'emisfero boreale, sopra la banda umettata che va come un meridiano da un polo all'altro. Se la scarica ha luogo al polo nord, l'ago del galvanometro accusa colla sua deviazione una corrente derivata di 70 a 80° , la quale indica la presenza di una forte corrente che cammina sopra la sfera nel suo emisfero boreale, dal nord al sud. Se la scarica si effettua al polo sud, si raccoglie una corrente derivata assai più debole (di 25 a 30°), diretta in senso contrario, e che manifesta la presenza sulla sfera, sempre nel suo emisfero boreale, d'una cor-

rente ben meno forte della precedente, e che cammina dal sud al nord e non dal nord al sud. Fa d'uopo aver cura, avanti di raccogliere questa seconda corrente derivata, di assicurarsi che le placche metalliche hanno perduto le polarità secondarie che esse avevano acquistato per effetto della prima. Infatti, queste polarità danno origine per loro stesse a una corrente che cammina egualmente dal sud al nord, perchè essa deve essere inversa di quella che le ha prodotte. Questa corrente si aggiunge a quella che nasce dal cambiamento di posto della scarica e ne aumenta molto l'intensità. Essa si manifesta tutta sola se la scarica cessa momentaneamente al polo nord senza avere immediatamente luogo al polo sud. E come è stato rimarcato più alto, può essere essa sola pressochè così forte che quella, la quale gli ha dato origine. Gli stessi fenomeni si presentano, esattamente nella medesima maniera, salvo che il senso delle correnti è inverso, quando le due placche metalliche sono fissate nell'emisfero australe della sfera in luogo d'essere nel boreale.

In riassunto, se si fissano sulla banda umettata che rappresenta un meridiano due coppie di placche metalliche uguali ed egualmente distanti, l'una da un lato dell'equatore, l'altra dall'altro lato, e che si tien dietro alle correnti derivate che esse assorbono, si costata che la corrente raccolta dalle placche dell'emisfero boreale è diretta dal nord al sud quando la scarica ha luogo al polo nord, e dal sud al nord quando la scarica si trasporta al polo sud, e quella che è raccolta dalle placche situate nell'emisfero australe è diretta dal sud al nord quando la scarica si effettua al polo sud, e dal nord al sud quando essa si trasporta al polo nord. Si concepisce facilmente che una differenza di intensità nelle scariche che hanno luogo ai due poli simultaneamente, è sufficiente per produrre i medesimi effetti, solamente ad un grado un poco minore di quando vi ha cessazione completa della scarica all'uno dei poli, accompagnata dalla sua apparizione all'altro. Ora è questo ciò che precisamente avviene nella natura e ciò che spiega tutte le variazioni nel movimento dei galvanometri collocati nei circuiti dei fili telegrafici, che accompagnano sì fedelmente le differenti fasi per le quali passano le scariche elettriche che costituiscono l'aurore boreali ed australi.

È stato di già indicato come queste variazioni spieghino ancora le perturbazioni dell' ago calamitato, che l' A. è riuscito egualmente a riprodurre artificialmente, sia separatamente dagli altri fenomeni, sia simultaneamente facendo passare la medesima scarica che va all'apparecchio che è stato descritto, attraverso una superficie di mercurio al disopra della quale è un ago calamitato, delicatamente sospeso. Queste perturbazioni essendo il risultato dell'azione diretta delle correnti terrestri sull' ago calamitato, sono indipendenti dalle polarità secondarie che rappresentano una parte importante nelle correnti dei fili telegrafici. Così, sebbene provengano dalla stessa causa, questi due generi di effetti, totalmente essendo sommessi alle medesime variazioni generali, presentano delle differenze notabili nelle loro fasi.

L'Autore aggiunge infine che gli è stato impossibile di scoprire la causa per la quale, in condizioni perfettamente identiche, la scarica abbia luogo all' uno dei poli piuttosto che all' altro, o ciò che è ancora più curioso, perchè, dopo aver avuto luogo durante qualche tempo all' uno dei poli, essa passa subitamente all' altro. Questi *cangiamenti dipendono* evidentemente da alcune modificazioni che si operano nel mezzo collocato sulla via della scarica, e delle quali è difficile di determinare la natura. Ma essi spiegano facilmente come avvenga che nella natura dove è impossibile d' ammettere che le condizioni sieno identicamente e costantemente le stesse ai due poli della terra, le aurore tuttochè si manifestino simultaneamente all' uno ed altro, non debbano giammai ivi essere completamente simili. Essi fanno egualmente comprendere perchè, quando si osservano a un sol polo, al polo nord per esempio, esse offrano nelle loro apparenze, come nei fenomeni che l' accompagnano, quelle oscillazioni che ne sono il carattere principale.