3.^a Essa si manifesta e quando il liquido è in minima quantità, e quando presenta una massa notevole. E nel primo caso, o sia raccolto il liquido in piccolissima area, o sia disteso sul metallo a forma di velo o di appannamento.

4.^a Essa non può attribuirsi ad una differente capacità per l'elettricità, di cui sieno dotati i conduttori secchi rispetto agli umidi: nè influisce alla riuscita dei fenomeni relativi alla facoltà medesima lo stato elettrico, in cui si costituiscono i corpi coibenti a contatto dei metalli.

5.^a Tale assorbimento ha luogo ancora quando il coibente è elettrizzato per induzione.

6.^a Non è solamente quando il liquido assorbente riposa su d'un metallo o altro conduttore solido che ha luogo l'assorbimento; ma anche quando il liquido assorbente è su d'un corpo isolante. In questo caso lo stato elettrico acquistato dall'isolante persiste anche dopo che il liquido assorbente è affatto scomparso.

SUL MAGNETISMO TERRESTRE, E SUE VARIAZIONI.

MEMORIA (1)

DEL

P. A. SECCHI

DIRETTORE DELL'OSSERVATORIO DEL COLLEGIO ROMANO

Lo scopo di questo lavoro è di ridurre a leggi generali i fatti scoperti finora intorno al magnetismo terrestre, deducendoli dalle osservazioni fatte in questi ultimi anni.

(1) Benché questi studj dell'illustre Astronomo romano sieno da qualche tempo conosciuti in Italia e all'estero, nulladimeno abbiamo accolto di buon grado questa memoria, inviataci manoscritta dall'Autore stesso, per la grande importanza del soggetto, e perchè frutto di una nuova compilazione.

I COMPILATORI.

Come appendice a queste leggi darò un cenno sulla ipotesi che riguarda la loro causa, che a me pare di poter trovare nel magnetismo di cui è dotato il sole.

Le leggi delle variazioni magnetiche sono restate sepolte in una completa incertezza fino a questi ultimi anni, quando gl' illustri scienziati Humboldt, Gauss, Arago, Sabine e molti altri hanno cominciato ad occuparsene seriamente e colla assiduità che meritava l'importanza della materia. Era noto, fino dalle osservazioni di Cassini, Gilpin e Asclepi, che l'ago ha un periodo giornaliero, cioè che esso fa una piccola oscillazione durante la giornata, che sale da 5 a 6' di arco, ed è più o meno estesa secondo le stagioni e i paesi. Ma oltre di ciò poco si sapeva, fino a tanto che nel 1825 e in appresso i sullodati Fisici cominciarono ad osservare la posizione metodicamente moltissime volte in ciascuna giornata, e fino talora ad ogni 5 minuti, o almeno ad ogni ora. Importanti risultati essendosi ottenuti da questi primi tentativi, si fecero istanze ai Governi russo ed inglese perchè volessero a loro spese istituire osservatorii fissi nei punti delle loro dominazioni, dai risultati de' quali potessero ritrarsi le cognizioni necessarie per stabilire le leggi del magnetismo terrestre. Ne vennero quindi immediatamente eretti alcuni nell'impero russo, e l'inghilterra si distinse col fondarne diversi nella Gran Brettagna, Scozia ed Irlanda, e soprattutto quattro insigni nei suoi domini coloniali più distanti, i quali fortunatamente corrisponder potevano, per le loro disparate posizioni geografiche, a far rilevare le influenze più notabili delle latitudini e dei climi differenti. Le osservazioni fatte in questi osservatorii inglesi sono state pubblicate in nove volumi dal Col. Sabine, e i risultati ottenuti dalle loro discussioni formano la base principale dell'esposizione che sono per fare intorno alle leggi scoperte per le variazioni dell'ago. Il sistema di osservazioni era il più accurato che si potesse desiderare; un corpo di istruiti ufficiali di artiglieria era incaricato di vegliare alla osservazione degli strumenti, la cui posizione immancabilmente dovea notarsi ad ogni ora del giorno e della notte, e la precisione dell'osservazione dovea essere, ed era in fatti, pari a quella che si usa negli osservatorii astronomici.

Gli strumenti erano tutti della miglior costruzione possibile ad ottenersi, e collocati colla massima precisione. Ciascun osservatorio era fornito di tutto il corredo necessario a studiare le variazioni di tutti gli elementi magnetici. Cotali elementi consistono essenzialmente: 1.^o nella direzione dell'ago, 2.^o nella inclinazione del medesimo, 3.^o nella intensità della forza assoluta. Il primo è dato senza difficoltà dalle bussole ordinarie, ma non colla debita precisione. Per averlo con più esattezza si usa il declinometro, che consiste in una sbarra di acciaio sospesa ad un mazzo di fili di seta ovvero ad un filo metallico. La sbarra porta attaccato uno specchio, ed una scala graduata posta a conveniente distanza la quale è guardata con un cannocchiale dentro questo specchio, che oscillando insieme colla sbarra ingrandisce del doppio i suoi movimenti angolari. La precisione che può ottenersi con questo metodo di osservazione, dovuto al celebre Gauss, è superiore a quanto possa desiderarsi nello stato attuale della scienza.

Lo studio però degli altri due elementi non può farsi direttamente colla stessa facilità: perciò i Fisici hanno preferito il seguente sistema. L'intensità della forza magnetica terrestre si concepisce risolta secondo tre assi coordinati ortogonali, uno orizzontale e parallelo alla meridiana magnetica, il secondo pure orizzontale e perpendicolare alla medesima, e il terzo verticale, e si studiano con opportuni strumenti le variazioni di ciascheduno di cotali componenti. Le variazioni che manifestano nella direzione del meridiano si hanno dal declinometro già indicato: quelle che sono nella direzione perpendicolare al meridiano si hanno dallo strumento inventato da Gauss, e conosciuto col nome di *magnetometro bifilare* perchè è sospeso a due fili paralleli egualmente tesi, che colla loro forza di torsione tengono la sbarra in un piano perpendicolare al meridiano magnetico. La forza di torsione messa a contrasto colla forza direttrice magnetica della terra fa muover la sbarra ad ogni minima variazione di questa, e le oscillazioni si osservano col medesimo sistema di scala e specchio attraverso a un cannocchiale come si è detto del declinometro.

Finalmente le variazioni di forza verticale si hanno da un apparato fatto con una sbarra magnetica a forma di asta da bilancia, messa in bilico sopra un asse orizzontale che si inclina più o meno ad ogni minima variazione della predetta forza verticale. I suoi movimenti si osservano o con un microscopio, o con lo stesso sistema sopra indicato.

Basterà l'aver qui richiamato la disposizione fondamentale che si dà a questi apparati, rimettendo nel resto alle opere che ne trattano di proposito, come sono le *memorie di Gauss e Weber nella Raccolta pubblicata in Londra da Taylor*, vol. II. p. I. art. II. e il trattato di *elettricità e magnetismo di Becquerel*, e le introduzioni all' *Annuario magnetico e meteorologico di Russia*.

Soggiungo le posizioni geografiche e magnetiche dei principali osservatorii sulle cui osservazioni ho dedotto le leggi che sono per esporre, avvertendo peraltro che non mancherò all'occasione di citare i lavori fatti anche in altri luoghi, sia per appoggiare le stesse conclusioni, sia per farne vedere le diversità.

NOME DEL LUOGO	LATITUDINE geografica	LONGITUDINE da Greenw.	DECLIN. MAG. del polo N.	INCLINAZ. DEL POLO magnetico
Toronto (Canada)	45° 59' Nord	79° 21' West	1° 27' W	+75° 15' N.
Hobartown (Terra di V. D.)	42 52 Sud	147 27 Est	9 57 E.	-70 37 S.
S. Elena (Isola)	15 56 Sud	5 40 Nord	22 46 W.	-21 37 S.
Capo di B. Sper. Makerstown (Sco- zia)	55 56 Sud	18 29 Est	29 7 W.	-53 58 S.
Bombay (Indie merid.)	55 54 Nord	2 30 West	25 30 W.	+71 16 N.
	18 53 Nord	71 45 Est		

Veniamo dunque alla esposizione compendiosa di queste leggi.

PRIMA LEGGE

Le variazioni diurne dell'ago magnetico seguono il tempo locale.

Dichiarazione. I primi scopritori del moto diurno del-

l'ago notarono già questo fatto che le fasi dell'oscillazione diurna parevano seguire il corso diurno del sole, e quindi che le variazioni avvenivano secondo le ore di tempo solare vero, contate nel luogo d'osservazione. Ma gli osservatori essendo poco distanti tra di loro poteva nascer dubbio sulla verità del fatto quando la differenza di longitudine geografica fosse stata maggiore. Aggiungevasi ancora che in varii luoghi d'Europa, come p. e. a Parigi, Berlino, Gottin-
ga, e nelle miniere di Freyberg, a 66 metri di profondità eransi osservate le oscillazioni dell'ago, nel caso di straordinarie perturbazioni, avvenire contemporaneamente come se non vi fosse sensibile differenza di meridiani, onde alcuni rivotarono in dubbio l'enunciata legge. Ma le osservazioni fatte nei tempi più recenti e simultaneamente non lasciano più dubbio alcuno su di ciò. Devonsi però distinguere attentamente due specie di oscillazioni dell'ago: le *ordinarie* e le *straordinarie*. Le prime sono rigorosamente soggette alla indicata legge; con questa condizione però, che le ore delle massime e minime fasi non sono in tutti i luoghi le medesime, e che in uno possono anticipare abitualmente di una quantità costante sopra di un altro. Così, per esempio Hobartown trovasi sempre in ritardo sopra Toronto di una quantità costante, che è di circa 3 quarti d'ora. Tale avanzamento o ritardo sembra essere in istretta relazione coll'ora del passaggio del sole pel meridiano magnetico, anzichè essere in rapporto col meridiano astronomico, come svolgeremo meglio appresso.

In quanto alle perturbazioni *straordinarie*, dette anche *temporali magnetici*, la legge medesima si verifica, ma con meno regolarità, e nei luoghi molto vicini esse sembrano accadere nel medesimo istante di tempo assoluto; ma confrontando le osservazioni fatte in luoghi abbastanza lontani, come per esempio quelle fatte in Europa e negli Stati Uniti di America, si trova un sufficiente accordo tra le ore del fenomeno in un medesimo continente, ma esse sono diverse notabilmente da quelle dell'altro. Discutendo le numerose perturbazioni osservate nei quattro osservatorii suddetti si è arrivati alla conseguenza che anche le perturbazioni straor-

dinarie seguono la legge del tempo locale, manifestandosi d'ordinario più frequentemente la sera verso le nove, e la mattina verso le sette del tempo locale. Se non che per queste bisogna aver presente che le cause che le producono potendosi estendere sopra una porzione notabile del globo simultaneamente, anche le deviazioni prodotte da esse possono essere simultanee alla guisa appunto delle grandi perturbazioni atmosferiche, le quali molte volte sono contemporanee sopra una vasta estensione di paesi.

SECONDA LEGGE

Il polo dell'ago che sta alla minima distanza dal sole ha una doppia escursione diurna al modo seguente: esso trovasi ad un massimo occidentale verso il nascere del sole, ossia più esattamente 4 o 5 ore prima che il sole passi pel meridiano del luogo; indi piega a levante con celerità crescente la quale è massima presso il passaggio del sole pel meridiano magnetico, e arriva al massimo di escursione orientale una o due ore dopo il detto passaggio. Calando il sole all'ocaso l'ago ritorna indietro, e passando esso al meridiano inferiore si ripete nella notte la stessa oscillazione del giorno, ma più ristretta. Le ore limiti di questi cambiamenti variano colle stagioni, e generalmente anticipano in estate e ritardano nell'inverno. Le ampiezze delle escursioni sono prossimamente in proporzione degli archi solari diurni ai notturni.

Dichiarazione. La figura 3. della Tavola I. farà comprender meglio questa legge. Sia EO l'equatore o il parallelo descritto dal sole, T e H due luoghi collocati in due emisferi opposti della terra: tra le ore 7 e le 8 antim. saranno i due aghi disposti come nella linea SN: dall'una alle due pomeridiane avranno la posizione notata sulla linea S'N'; tra le 9 e le 10 della sera quella della linea S''N'', e finalmente tra le 2 e le 3 ant. quella della linea S'''N'''. Dei due luoghi qui supposti T rappresenta ciò che accade in tutta l'Europa e negli Stati-Uniti e nel Canadà, ed H ciò che avviene nell'al-

tro emisfero, come p. e. a Hobartown e al Capo di B. Speranza. Solo bisogna avvertire che comunemente si è in uso di riferire l'oscillazione dell'ago al capo che voltasi verso il nord o *polo nord*, che da noi essendo il più lontano dalla parte ove sta il sole, avrà moti opposti del polo sud. In Europa, come a Toronto nel Canada, il polo nord dell'ago dalle 2 alle 10 pomerid. cammina verso est; dalle 10 alle 14 (= 2^h, antem.) ritorna verso ovest; alle 14 ripiglia il moto verso est fino a 20 ore (= 8^h antem.) momento in cui esso ha il massimo orientale: quindi il polo sud ha i movimenti opposti, che sono quelli contenuti nella legge enunciata. Per l'altro emisfero la cosa è anche più semplice ad intendersi, poichè il polo nord è quello che guarda il sole. Pei paesi che sono compresi sotto la zona torrida, e nei quali il sole trovasi alternativamente dalle due parti dello zenit, ha luogo la stessa legge, purchè si abbia riguardo all'emisfero ove si trova il sole; dovendosi que' luoghi considerare come collocati nell'emisfero australe quando il sole sta nell'emisfero sud, e nel boreale quando sta nell'emisfero nord. È degno di attenzione singolare il fatto, che nella zona torrida presso l'equatore l'ago rompe i suoi moti non quando il sole passa per lo zenit del luogo, ma quando passa per l'equatore. Su questo fenomeno importante ritorneremo appresso.

Corollario I. Segue dal detto finora, che nei due emisferi tutte le variazioni sono identiche purchè si cambi il nome del polo influenzato; e se si fissa per tipo il polo nord nell'emisfero nord, si avranno identiche variazioni pel polo sud nell'emisfero sud.

Corollario II. Le ore limiti dipendendo dal passaggio del sole pel meridiano magnetico varieranno alquanto dall'estate all'inverno per la diversa altezza solare, a cagione della quale il sole impiega diverso tempo nelle due stagioni a passare dal meridiano astronomico all'azimut del meridiano magnetico.

Corollario III. Due luoghi nello stesso emisfero, che abbiano declinazioni magnetiche diverse, hanno ore limiti differenti; e lo stesso (colla debole inversione de' poli, *Cor. I.*) avrà luogo per due stazioni collocate in due emisferi oppo-

sti del globo. Toronto p. e. ha declinazione $= 1^{\circ} 27'$ occidentale, sicchè il polo sud della bussola (che è il prossimo al sole) guarda a levante di altrettanto ; Hobartown ha declinazione $9^{\circ} 57'$, onde il suo polo rivolto al sole (che è il polo nord) guarda a ponente della detta quantità angolare. La somma delle due declinazioni opposte fa $11^{\circ} 24'$ di differenza angolare de' meridiani magnetici relativamente agli astronomici: facendo adunque astrazione dalla differenza di longitudine (lo che si fa contando coi tempi locali) il sole anticipar deve a Toronto le sue fasi magnetiche di circa tre quarti d' ora relativamente ad Hobartown. Ora questo è precisamente quello che risulta dal confronto delle operazioni di questi due luoghi, il ritardo di Hobartown sopra Toronto essendo, secondo le stagioni, tra 40^m e 55^m al più di temp. locale.

Scolio. Le oscillazioni diurne dell'ago soglionsi rappresentare con curve, le ascisse delle quali rappresentano i tempi ossia le ore di osservazione, le ordinate le deviazioni dell'ago. Nulla vi è forse di più bizzarro ed irregolare di queste curve, specialmente nei paesi molto settentrionali; molte loro irregolarità spariscono nei luoghi più meridionali; ma in tutti esse hanno una fattezze comune, e col riunire le osservazioni di diversi giorni possono diminuirsi le irregolarità accidentali, e allora restano soli gli effetti delle leggi ordinarie e regolari; l'indole di queste curve, delle quali se ne ha una idea nelle figure n.º 4, 5, 6, 7, è analoga alle notissime curve meteorologiche, ma con alcune notabili diversità che abbiamo già indicato nella legge enunciata. La prima è che il loro periodo non è semplice come nelle meteorologiche, ma doppio, ripetendosi la notte una oscillazione simile a quella del giorno, ma minore in escursione. Veggansi per ciò le curve medie nelle figure citate, tracciate per Toronto, Hobartown ec. Questo fatto capitale della ripetizione del periodo notturno è stato rilevato anche dalle osservazioni di Arago, Quetelet, e dappertutto ove si sono fatte osservazioni esatte. Solo una cosa ha potuto indurre in errore alcuni, e far credere semplice il periodo magnetico. Questa è stata la sola considerazione dei massimi e minimi assoluti; ma in tale circostanza bisogna tener conto dei re-

lativi. Il periodo di Sant'Elena pare meno regolare, ma ne vedremo la ragione quanto prima.

La seconda cosa da osservarsi in queste curve è che i massimi distano dai minimi relativi in tutte le stagioni assai prossimamente di sei ore. Ciò vedesi assai chiaro nel massimo e minimo diurno, che è il principale, e abbastanza bene può rilevarsi anche pel notturno; ma questo essendo più debole e più perturbato, non è così apparente; l'analogia però e il carattere della curva lo fanno rilevare abbastanza come un tipo speciale di questa periodicità.

Corollario iv. Possiamo quindi stabilire la presente proposizione — Le oscillazioni giornaliere dell'ago hanno una escursione della durata di 12 ore solamente (la chiameremo *semidiurna*), che si ripete due volte al giorno; una mentre il sole è sopra l'orizzonte e l'altra mentre è sotto: questa è notabilmente diminuita, ma ha il medesimo periodo dell'altra. — Sicchè la variazione magnetica ha un periodo semi-diurno analogo a quello del flusso e riflusso del mare, con due massimi e due minimi in 24 ore. Il confronto della curva di Hobartown con quella di Toronto fa vedere l'opposizione dei movimenti nei due emisferi; la prima scendendo sotto l'asse, mentre la seconda sale sopra e viceversa.

Corollario v. Nelle perturbazioni straordinarie sembra dominare un periodo semplice diurno di 24 ore. Infatti tutte le perturbazioni straordinarie mattutine tendono a diminuire l'escursione diurna, e le vespertine ad aumentarla, il che sarebbe appunto l'effetto di un periodo semplice diurno sovrapposto ad un semidiurno.

Corollario vi. Le perturbazioni straordinarie si manifestano in senso opposto negli opposti emisferi, cioè: quelle che fanno deviare l'ago all'est nell'emisfero sud, lo fanno deviare all'ovest nell'emisfero nord.

TERZA LEGGE

L'escursione diurna dell'ago è la somma di due escursioni distinte, la prima delle quali dipende solamente dall'angolo orario, la seconda dalla declinazione del sole. Queste due oscillazioni sovrapponendosi variamente producono colla loro interferenza tutti i fenomeni delle variazioni diurne ed annue.

Dichiarazione. L'osservazione quotidiana non può dare che l'effetto simultaneo della declinazione solare e del suo angolo orario: per separare queste due cause basta fare il confronto delle curve tracciate quando il sole ha opposta declinazione. Nei paesi equatoriali, come p. e. Sant'Elena, il risultato di tale confronto è quale indicasi nella fig. 8, nella quale si vede a colpo d'occhio che la curva ha inflessioni opposte nei mesi in cui il sole ha declinazione opposta. Ma pei paesi lontani dai tropici la legge non risalta colla medesima semplicità. Se prendiamo per tipo quello che accade a Toronto, troveremo, come nella fig. 10, che l'ago nell'inverno descrive la curva *l'm'n'o'*, e nell'estate l'altra *lmno*. Queste sono p. e. le curve limiti del sole nei due rispettivi solstizi, e nelle epoche intermedie le curve descritte sono intermedie a queste. Per mettere anche qui in evidenza l'effetto della declinazione solare basta procedere a questo modo. Si faccia la somma di tutte le osservazioni fatte in uno o più anni alla stessa ora, e si divida il risultato pel numero delle osservazioni: fatta questa operazione per le ore 1, 2, 3 fino a 24, si avranno le ordinate di una curva ideale che è la media oraria dell'anno, e in cui l'effetto delle declinazioni solari è distrutto; sia questa la ABOD della figura: se si facciano ora le differenze tra le ordinate delle altre due curve estreme e quelle della intermedia si avrà una curva derivata che rappresenterà l'effetto della declinazione del sole: e se la curva presenterà parametri ed andamenti analoghi alla declinazione solare relativa potremo affermare per provato l'effetto della declinazione solare. Le curve che si ottengono a questo modo per tutti i mesi sono

tutte simili alla principale, ma sono dirette effettivamente in senso opposto secondo la declinazione solare. Delle molte che abbiamo tracciato e trovato ne diamo qui solamente due che risultano dal medio delle sostanziali di Toronto medesimo, fig. 9, nella quale la linea punteggiata mostra la curva derivata o differenziale pel solstizio estivo, e la continua per l'invernale. Il solo aspetto della curva prova la verità della proposizione, e soggiungeremo qui soltanto alcune conclusioni che si ricavano dall'esame della serie intera delle curve.

Corollario I. Le curve sono opposte per opposte declinazioni, e il passaggio si fa tanto vicino all'epoca degli equinozi, che il rovesciamento è già dichiaratamente pronunziato entro i primi quindici giorni dopo il passaggio del sole per l'equatore magnetico.

Corollario II. Queste curve della declinazione hanno una direzione invariabile nei due emisferi sud e nord; e siccome abbiamo già veduto che le variazioni dello stesso polo sono opposte nei due emisferi, si spiega così come le escursioni dell'ago siano minori nelle epoche invernali di ciascun paese, che nelle estive, producendosi una interferenza delle due curve in senso di sottrazione nell'inverno e di addizione nell'estate.

Corollario III. A Sant'Elena la curva media annuale presenta un aspetto meno regolare degli altri luoghi, appunto perchè le curve estreme si sovrappongono con uno spostamento orario sensibile. Le curve derivate, all'incontro, sono regolari quanto quelle degli altri paesi, coi massimi e minimi distanti di 6 ore, e dalla loro combinazione colla curva media resta spiegato l'apparente triplice massimo diurno che questa presenta, e che è stato osservato avere l'oscillazione diurna dell'ago nei paesi equatoriali.

Corollario IV. In generale le escursioni delle curve non sono in proporzione delle stagioni locali, nè dei mesi di massimo caldo o massimo freddo, nè quando hanno il sole allo zenit, onde non pare esservi connessione diretta tra questi movimenti e le variazioni climateriche della temperatura. In tutti gli emisferi il mese di Agosto ha la massima escursione.

Corollario v. Le perturbazioni straordinarie sono in generale maggiori nelle epoche degli equinozi, minime negli estivi, e intermedie ne' mesi invernali.

Passiamo ora all'esposizione delle variazioni degli altri elementi magnetici.

Variazioni della forza orizzontale dedotte dal magnetometro bifilare.

LEGGE GENERALE

Il magnetometro bifilare è soggetto ad una variazione oraria di doppio periodo sovrapposto diurno e semidiurno. Ma il periodo semidiurno dipende nella sua intensità dalla latitudine geografica, ed è nullo all'equatore; le fasi del periodo dipendono dall'angolo che il sole fa col meridiano magnetico.

Dimosteremo questa legge per parti; e cominciando dalle stazioni di media latitudine, in esse si ha questa semplicissima legge = la curva del bifilare è simile a quella del declinometro, ritardata però di tre ore =.

Le figure date dal Col. Sabine nella citata pubblicazione danno questo risultamento a colpo d'occhio (1). Appare dalle osservazioni che mentre il minimo della declinazione cade tra le 20 e le 21 ore (tempo medio contato da mezzodì) e il massimo circa alle 2 ore, il minimo del magnetometro bifilare cade verso le 23 ore, e il massimo tra le 4 e le 5. Le curve hanno la stessa piega ed andamento, e fino sussiste il medesimo ritardo delle ore di Hobartown sopra Toronto, notato nelle declinazioni. Quindi, senza ulteriore discussione, resta provata su questo elemento la medesima influenza del sole notata già per le declinazioni.

Passiamo agli osservatorii equatoriali. All'equatore la bifilare ha un periodo semplice che compiesi in 24 ore, ed è una curva di coseni contando da mezzodì. La variazione

(1) Hobartown, T. II. pag. v, confrontata con la tav. IV. pag. XLIII.

annua è ancor essa una curva di seni proporzionale alla declinazione solare.

Questo rilevasi dalle osservazioni fatte a Sant'Elena e a Bombay: il periodo è semplice, come è detto, col massimo a mezzodì, e solo si ha una piccola apparenza di periodo semidiurno nelle inflessioni della curva a cagione certamente del non esser que' luoghi precisamente sotto l'equatore. In questi luoghi non può più farsi il confronto colla variazione della declinazione magnetica, e l'analogia sola fa vedere che le fasi essendo complementarie, si troverebbe nel declinometro al polo geografico quel periodo semplice che si osserva all'equatore nel bifilare.

Da questi due estremi è facile prevedere quanto avverrà nelle latitudini intermedie, come al Capo di B. Speranza, ove realmente il periodo semidiurno trovasi modificare sensibilmente la curva diurna. È inutile dire che nei due emisferi opposti si ha l'antagonismo delle variazioni notato per la declinazione.

Componente verticale. — Questa componente si ha dal magnetometro a bilancia collocato nel primo verticale.

LEGGE GENERALE

La componente verticale ha gli stessi periodi della precedente del bifilare, ma complementarii nelle ore.

Così, per esempio, a Sant'Elena ha un periodo semplice diurno; ma esso è una curva di seni, cioè col minimo a mezzodì, mentre il bifilare ha il massimo. Nei paesi di medie latitudini le curve seguono tanto prossimamente quelle della declinazione nel corso e nei punti di fase, che si mostrano decomponibili nei medesimi periodi. Vi sono, è vero, alcune irregolarità maggiori qui che nel declinometro; ma esse in parte possono attribuirsi all'imperfezione dello strumento.

Dalla variazione delle due componenti orizzontale e verticale si deduce facilmente quella della inclinazione, e si ha per essa la seguente

LEGGE GENERALE

Le fasi della inclinazione sono analoghe a quelle della declinazione, ma avanzate di 3 ore, cioè complementarie nel periodo semidiurno.

Dichiarazione. Se il massimo di declinazione nei luoghi di latitudini medie è p. e. alle 2 ore, il massimo d'inclinazione sarà alle 23 ore o in quel torno, come avviene ad Hobartown.

Nei due emisferi sussiste il medesimo antagonismo che nelle declinazioni, e deve dirsi del polo sud nell'emisfero sud ciò che dicesi del polo nord nell'emisfero nord.

Le leggi della forza totale sono alquanto meno sicure per mancanza di osservazioni, specialmente nelle vicinanze dell'equatore. Tuttavia anche in esse si vede il doppio periodo durante il giorno con due massimi e due minimi relativi, benchè uno di essi resti assai diminuito in certi siti; ma non è possibile dar ragione e assoggettare a legge ogni fenomeno se non si tengano in conto le circostanze locali, le quali finora sono ancora incalcolabili. Del resto la forza totale sembra maggiore nei mesi di dicembre che nei mesi opposti, probabilmente per essere in quelli il sole nel perigeo.

Finiamo questa esposizione delle leggi de' moti dell'ago con dire due parole sul periodo complesso di esso, quello cioè che avrebbe un ago sospeso pel solo suo centro di gravità per un punto, e così libero a muoversi in qualunque piano non solo orizzontale, ma anche verticale. La curva che descriverebbe la punta dell'ago così sospeso sarebbe una specie di doppia ovale con un nodo in mezzo, e le ampiezze di ciascun lobo speciale sarebbero maggiori di giorno che di notte, ma col medesimo periodo. Esse sono costruite prendendo come ascisse le variazioni in declinazione per ciascun'ora del giorno, e alzando sopra esse una perpendicolare eguale alla variazione dell'inclinazione. La più grande è quella che descrive l'ago a Hobartown in dicembre

(estate) e la minore nel giugno (inverno). Si vede da esse manifestamente come il periodo della inclinazione sia complementario della declinazione, e tutti e due siano di periodo semidiurno; ma il nodo notturno è grandemente impiccolito, e tanto più quando il tempo in cui il sole sta sotto l'orizzonte è minore. Nell'inverno questo è assai più sviluppato, ma invece è più ristretto il diurno. Qui si vede evidentemente un effetto della interposizione della terra, senza di che i due nodi sarebbero eguali. Possiamo quindi concludere colla seguente legge generale:

Tutte le variazioni magnetiche dipendono dal sole: esse sono per le latitudini intermedie tutte di un periodo semidiurno; ma siccome la interposizione del globo terrestre tra il sole e l'ago produce una grande diminuzione nella oscillazione notturna, la curva composta che ne risulta mostra le apparenze di un periodo diurno e semidiurno sovrapposto. La latitudine geografica influisce notabilmente su questi periodi, e alcune variazioni non hanno all'equatore che un periodo semplice. La posizione geografica della stazione dell'osservazione è quindi un elemento essenziale da cui dipendono i periodi delle variazioni magnetiche.

Questo è tutto quello che ha detto di più importante e che potrà dire l'osservazione. Resta ora all'analisi a spiegare la ragione di tali periodi, e singolarmente dell'esser essi semidiurni, e della loro dipendenza dalle latitudini, le quali cose a dir vero non pare che possano spiegarsi, se guardiamo le sole vicende della temperatura come la causa di questi fenomeni. Egli è per ciò che noi la cercheremo in un'altra sorgente, cioè nell'azione magnetica solare, ovvero in quelle modificazioni che induce la presenza del sole sul magnetismo della parte del globo terrestre esposto ad esso. Ora, con questa maniera di considerare l'origine delle variazioni, siamo condotti a riguardare il sole come una potente calamita collocata a grande distanza, e che ha potenza di agire sul globo e sull'ago secondo le note leggi delle induzioni magnetiche. Ma il determinare in un modo diretto quali esser debbono le variazioni del magnetismo terrestre per tal cagione, è un problema che supera le forze attuali

della scienza del magnetismo: quindi dovremo contentarci di una soluzione indiretta. Questa la dedurremo dalle leggi della reciproca azione di una calamita e di una corrente. Infatti è noto che può ad un elemento magnetico sostituirsi un elemento di corrente, disponendone però la direzione perpendicolarmente alla linea de' poli secondo che vuole la teoria amperiana: possiamo quindi sostituire all'ago un elemento di corrente; e siccome l'ago va movendosi in giro in un circolo parallelo all'equatore secondo la sua latitudine geografica, il problema si riduce a quest'altro: trovare, cioè, l'azione di una calamita sopra un'elemento di corrente in un punto qualunque di un conduttore circolare, che essa va percorrendo. Questo problema è stato risolto da Savary (1), e basterà applicare le sue formule al caso nostro. E qui credo bene avvertire che questo metodo non è tanto indiretto quanto pare, perchè sembra probabile, da tutta la serie dei fatti esposti, che il sole non agisca nelle sbarre di osservazione che indirettamente, cioè modificando il magnetismo terrestre locale: infatti abbiamo veduto che i rovesciamenti de' moti accadono nei paesi equatoriali non pel passaggio del sole per lo zenit, ma per l'equatore. Ora essendo assai probabile che il magnetismo terrestre dipenda da correnti elettriche, applicando le formule di Savary si viene a cercare qual sia l'influenza del magnete solare sulle correnti magnetiche terrestri che producono il magnetismo locale, ed è evidente che in questa maniera di concepire i fatti l'ago magnetico non è che un indicatore della variazione accaduta.

Le formule di Savary per determinare l'azione reciproca di un'elemento di corrente circolare e una calamita, sono le seguenti:

$$X = \frac{KRn \sin \omega d\omega}{r^3}, Y = \frac{KRn \cos \omega d\omega}{r^3}, Z = \frac{-KR(R - m \cos \omega) d\omega}{r^3}$$

ove K è una costante che dipende dalla intensità della forza solare magnetica e dell'ago, e dalla direzione dei poli

(1) *Memoir. sur l'applic. du calcul aux phen. electro-dynamiques*, pag. 25.
Vedi anche Tortolini, *Annali...* Tom. vi, pag. 175.

solari magnetici nello spazio, dalla quale però faremo astrazione perchè per un giorno può tenersi come costante. Sia ω è la distanza angolare dell'elemento dal piano che passa pel centro del circolo e pel magnete. R è il raggio della corrente, cioè, nel caso nostro, il raggio di parallelo descritto dall'ago: r la distanza del sole al centro del medesimo; n la lunghezza della perpendicolare abbassata dal polo solare nel piano della corrente circolare. Sia (fig. 15) PEP'E' il meridiano terrestre, ese' il parallelo; sarà $es = \omega$, $n = AB$, $m = BO$, $r = AO$; e prescindendo dai piccolissimi termini dipendenti dalla parallasse solare, e da quelli che dipendono dalla quantità $\frac{R^2}{r^3}$ sarà semplicemente $n = r \sin \delta$, $m = r \cos \delta$, essendo δ la declinazione del sole, e fatto $da = l$, e $\frac{KRl}{r^2} = M$, le tre sopradette formole diventano:

$$X = M \sin \delta \sin \omega, \quad Y = M \sin \delta \cos \omega, \quad Z = M \cos \delta \cos \omega.$$

La componente Z è parallela all'asse del mondo, la Y all'intersezione dell'equatore col meridiano che passa pel sole, la X è nel piano perpendicolare alle altre due. I valori di queste componenti non variano se si suppone l'ago fisso e il sole in giro attorno di esso; sicchè esse possono considerarsi come parallele a tre assi rettangolari fissi, rapporto all'ago, e diretti, il primo Z secondo l'asse del mondo, l' Y nell'intersezione del meridiano coll'equatore, e la X nel primo verticale secondo la linea est-ovest, e così ω sarà l'angolo orario del sole.

Queste tre componenti possono riferirsi a tre assi relativi all'orizzonte; l' X restando lo stesso, Y sarà orizzontale e secondo la meridiana, Z sarà verticale; e chiamando L la latitudine del luogo avremo le seguenti relazioni tra le antiche e le nuove componenti X_0 , Y_0 , Z_0 :

$$X_0 = x, \quad Y_0 = Y \sin L - Z \cos L, \quad Z_0 = Y \cos L + Z \sin L;$$

e sostituendo

$$X_0 = M \sin \delta \sin \omega, \quad Y_0 = M \cos (L + \delta) \cos \omega, \quad Z_0 = M \sin (L + \delta) \cos \omega$$

e la risultante sarà

$$S = M \sqrt{1 - \cos^2 \delta \sin^2 \omega}.$$

Per trovare l'equazione di equilibrio dell'ago, sia P la ri-

sultante delle due componenti della forza solare che agiscono nel piano in cui l'ago può oscillare, e T la componente della forza magnetica terrestre ridotta allo stesso piano, Δ la deviazione prodotta dalla forza solare, h l'angolo che P fa colla direzione media dell'ago, sarà $T \sin \Delta = P \sin (h - \Delta)$ che dà

$$\Delta = \frac{P}{T} \sin h + \frac{1}{2} \frac{P^2}{T^2} \sin 2h + \dots$$

della quale basterà considerare il solo primo termine, attesa la piccolezza di P rapporto a T . Applichiamo ora queste formole agli strumenti magnetici.

Pel declinometro si ha $P = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}$ ovvero $P = S \cos b$ essendo b l'altezza del sole sopra l'orizzonte, ed S la risultante totale: se D è la declinazione magnetica ed a l'azimut del sole, sarà $a = h + D$ contando D nel senso degli azimut dal sud per l'ovest: ma per semplicità supporremo qui $D = 0$. Tra le coordinate sferiche poi si hanno le relazioni seguenti

$$\begin{aligned} \cos x &= \cos b \sin a = \cos \delta \sin \omega; \cos y = \cos b \cos a \\ &= -\cos L \sin \delta + \sin L \cos \delta \cos \omega; \cos z = \sin b \\ &= \sin L \sin \delta + \cos L \cos \delta \cos \omega, \end{aligned}$$

ove x, y, z sono gli archi che congiungono il centro del sole coi punti di est, di sud, e dello zenit. Avremo dunque pel declinometro

$$\Delta = \frac{S \cos b \sin a}{T} = \frac{M}{T} \sqrt{1 - \cos^2 \delta \sin^2 \omega} \cos b \sin a$$

e sostituendo dalle ultime equazioni

$$\Delta = \frac{M}{T} \sqrt{1 - \cos^2 x} \cdot \cos x = \frac{1}{2} \frac{M}{T} \sin 2x.$$

Questa espressione mostra che il periodo sarà semidiurno in tutte le latitudini tranne al polo, ove diviene semplice; infatti collà $P = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}$ si riduce a

$$M \sin \delta, \text{ quindi } \Delta = \frac{M}{T} \sin \delta \sin a.$$

Il massimo di Δ avrebbe luogo quando il sole sta a 45° dal punto d'oriente, e la massima celerità di moto nel passaggio del sole pel meridiano (perchè facendo $D = 0$ coincide il meridiano magnetico coll'astronomico). Questo si verifica in parte essendo il massimo dopo mezzodì, circa a un ora e $\frac{1}{2}$ dopo il passaggio predetto. La differenza tra il cal-

colo e l'osservazione può nascere dalla maniera con cui si diffonde l'induzione magnetica nel globo, o dal magnetismo di rotazione, dalle quali cose abbiamo fatto astrazione. Ma il punto fondamentale del ritorno de' periodi è messo in grande evidenza. Del tendere il periodo a divenir semplice al polo se ne ha un'indizio nelle curve trovate ad alte latitudini, ove il periodo diurno tende ad esser più sviluppato che nelle latitudini intermedie (V. le Oss. di *Makerstown*).

Pel magnetometro bifilare, siccome esso è diretto nel primo verticale, sarà $h = a + 90^\circ$, e T la differenza tra la forza di torsione e la direttrice della terra, e sarà

$$\Delta = \frac{S \cos b \cos a}{T} = \frac{M}{T} \sin x \cos y.$$

Anche qui un periodo doppio col massimo di escursione al meridiano e a tre ore circa di distanza da quello di declinazione, o complementario, come è indicato dall'osservazione (V. sopra, *Hobartown e Toronto*). Vi sono però due casi in cui il periodo diviene semplice: il primo è per $L = 0$ che dà $\cos y = -\sin \delta$, sicchè il periodo diviene semplice all'equatore e proporzionale in intensità alla declinazione del sole, col massimo al meridiano, come abbiamo veduto esser il caso a S. Elena; il secondo è per $L = 90^\circ$, e dà l'altro fattore $M \sin x$ ridotto a $M \sin \delta$ come pel declinometro.

Pel magnetometro a bilancia la proiezione della risultante S dovrà farsi nel primo verticale, e sarà $P = S \sin y$ ed h l'angolo compreso tra la verticale e la proiezione di S . Sia $ZO x$ (fig. 46) il primo verticale, ed SO il raggio solare, ΣO la sua proiezione e la direzione di P , sarà $SY = y$ e ΣS completamento dell'angolo sy . Il triangolo sferico $ZS\Sigma$ rettangolo in Σ dà $\tan Z\Sigma = \tan ZS \cos SZ\Sigma$ ossia

$$\tan h = \cotang b \sin a.$$

Quindi pel retto istrumento $\Delta = \frac{M}{T} \sin x \sin y \sin h$ che mostra un periodo doppio: ma per rilevare questo è meglio usare la formola

$$P = \sqrt{X_0^2 + Z_0^2} = M \sqrt{\sin^2(L + \delta) - [\sin^2(L + \delta) - \sin^2 \delta] \sin^2 \omega}.$$

Questa per $L = 0$ diviene $\Delta = \frac{M}{T} \sin \delta \sin h$, cioè con pe-

riodo semplice minimo al meridiano come a Sant'Elena, altrove si ha per tutto periodo doppio. L' influenza delle declinazioni solari è per se manifesta.

La legge de' periodi e l' influenza delle latitudini e delle declinazioni del sole paiono così abbastanza spiegate; le ore limiti però sono più difficili a determinarsi, e includono necessariamente la legge della distribuzione del magnetismo indotto nel globo terrestre; ma secondo il principio di cui ha fatto uso Laplace nella meccanica celeste, sul flusso e riflusso del mare, la sola legge di periodicità dell' effetto, bene assicurata che sia, basta a stabilire una prova della sua connessione fisica colla causa a cui viene attribuita, quantunque le ore limiti in cui accadono i movimenti possano variare le circostanze perturbatrici. Abbiamo ancora fatto astrazione dalla interposizione del globo terrestre che avviene la notte tra il sole e l' ago; e questo, oltrechè tende a diminuire la escursione notturna perchè essendo esso magnetico impedisce all' azione solare un libero passaggio fino al luogo dell' ago, v' introduce un' altra irregolarità, ed è: che un periodo cominciato mentre il sole sta sopra l' orizzonte può trovarsi tutto ad un tratto interrotto e diminuito per l' interposizione della terra, che avviene al tramontare del sole. Così forse si spiegano i massimi secondarii che si trovano nelle curve diurne in diversi luoghi, e specialmente verso le ore del nascere e del tramontare del sole, il che all' equatore è tanto sensibile, che oltre il massimo principale pare che l' ago abbia altri due minori massimi secondarii presso il nascere e tramontare di quel luminare. La direzione degli assi principali de' momenti magnetici entra anche assai nel limite delle ore in cui devono avvenire le variazioni. Atteso la resistenza che la materia magnetica di cui è composta la terra offre al passaggio dell' azione magnetica solare, ne nasce una discontinuità di azione durante la notte che non può calcolarsi che indirettamente, cioè supponendo l' ago più lontano assai dal sole la notte che il giorno. Da un calcolo approssimativo risulterebbe l' effetto della terra interposta eguale a quello che si avrebbe allontanando l' ago nella notte due volte e mezzo più che non è nel giorno: tale

cambiamento di una virtuale distanza maggiore, facendosi quasi per salto nel passaggio dalla luce all'ombra, non può calcolarsi colle attuali cognizioni sul magnetismo, e resterà solo ad osservarsi empiricamente.

Dall'esposto finora siamo dunque condotti alla conseguenza importante « che i fenomeni delle variazioni diurne ed annue del magnetismo terrestre sono dipendenti dall'azione diretta del sole, la quale si esercita sulla terra come se quell'astro fosse esso stesso una potente calamita ». La conseguenza non deve risultare strana a chi considera la probabile identità della materia che compone il sistema planetario, e a chi riflette come le proprietà magnetiche sono un costitutivo essenziale della materia, o in una maniera o in un'altra, e che il magnetismo non è una qualità propria del solo ferro; ma che esso, dipendendo unicamente da uno stato particolare del fluido etereo che nominiamo elettrico, può trovarsi in istato assai energico anche in corpi non solamente ferruginosi. Le reciproche relazioni di alcuni fenomeni sembrano convalidare questa conseguenza. Ha trovato il Col. Sabine che certi periodi di perturbazioni straordinarie magnetiche coincidevano coi periodi di maggior copia di macchie solari, indizio di maggiori perturbazioni dell'atmosfera di quell'astro. Investigando le escursioni dell'ago in quell'epoche si trovano pure in relazione colla copia stessa delle macchie, ed io ho potuto estendere questo più oltre ai periodi notati da Sabine discutendo le osservazioni di Arago e di Gauss. Dal che voglio inferire essere dimostrata da altri fenomeni una connessione tra lo stato del magnetismo terrestre e l'azione della presenza del sole. Resta ora a studiarla esaminando: 1.^o Se nelle epoche di macchie straordinarie del sole l'ago mostra mensilmente qualche variazione. 2.^o Vedere se vi è periodo nell'ago dipendente dalla rotazione del sole, e quindi dalla posizione dei suoi poli, tanto mensile che annua: forse le maggiori perturbazioni dell'ago nei mesi equinoziali sono dovute all'essere allora i suoi poli più diretti verso la terra. 3.^o A dare una rigorosa teoria del magnetismo d'induzione onde potere definitivamente fissare *a priori* le ore limiti dei periodi. Tutte queste ri-

cerche formano un ampio campo alla scienza, e forniscono un nuovo aspetto sotto cui discutere le antiche osservazioni, e nuovo scopo a cui dirigerne delle nuove.

DELLA CURA ABORTIVA DELLA GRAVIDANZA ESTRAUTERINA
OPERATA COL MEZZO DELL' AGO-ELETTRO-PUNTURA.

MEMORIA DEL CAV. PROF. CARLO BURCI

Molte sono oggimai le utili applicazioni della elettricità alla cura di varj e diversi morbi interni ed esterni, di cui il nostro corpo è spesso soggetto o vittima. Chi infatti non conosce i benefizi della corrente voltaica ottenuti dai malati di corea, dai paralitici nelle membra, dagli addolorati per affezioni nevralgiche? Chi non tenne dietro con molta sollecitudine e con grande speranza ai tentativi, alcune volte fruttuosi, fatti per guarire la varice e l'aneurisma, cercando che per potenza dell'elettrico si aggrumasse il sangue in questi gozzi sanguigni, ed allontanando così la necessità di gravi e pericolose operazioni? Debbono essere presenti sempre alla nostra memoria le ripetute prove fatte dai medici e dai chirurghi per sanare coll'opera della elettricità il doloroso e ribelle reumatismo, la cateratta, l'amaurosi torpida, i tumori scrofolosi, l'idrocele, le debolezze dei visceri addominali, e, senza la operazione del taglio, il tormentosissimo male della pietra nella vescica.

Ma niuno però, ch'io mi sappia, s'era finora fatto tanto ardimentoso da uccidere colla scarica elettrica un nuovo essere che avesse accidentalmente preso incremento fuori della cavità uterina, minacciando col suo crescere i giorni della madre.

Io fui il primo ad usare di questo compenso terapeutico che raccomando all'attenzione ed alla pratica dei chirurghi e degli ostetrici, i quali si trovano sempre con rincrescimento inoperosi in faccia al pericolo irreparabile che