DESCRIZIONE DELL'OSSERVATORIO MAGNETICO DEL COLLEGIO
ROMANO, E SUNTO DELLE OSSERVAZIONI FATTE NEL 1859
E 1860; DEL P. A. SECCHI.

INTRODUZIONE

L'origine e le leggi delle variazioni periodiche del magnetismo terrestre formano un ramo di scienza che ha sempre stimolato chiunque ha contemplato e studiato la natura nelle più generali espressioni delle sue forze, e nella mutua concatenazione che regna ne' suoi più grandiosi fenomeni. È la virtù magnetica così speciale nel suo carattere, e insieme così generale nella sua azione; essa opera sì furtivamente dai nostri sensi, che imita quasi l'azione dello spirito sulla materia, e perciò è sommamente opportuna a eccitare la nostra curiosità: e *spirito* la dissero realmente gli antichi, i quali non la conobbero che in pochi ed incompleti fenomeni (1): ma se la guardiamo coi lumi della moderna scienza che ce la mostrano come una di quelle manifestazioni che caratterizzano l'universale azione degli agenti detti imponderabili, essa acquista una ben maggiore importanza, e strettamente si collega con quella che può dirsi vita della natura materiale. Il magnetismo rimase un fenomeno isolato dal resto degli agenti naturali fino alla grande sco-

(1) Aristoteles, *de Anima* l. 2.

perta di Oersted, e ai lavori immortali di Ampère che lo identificarono colla elettricità: le odierne sentenze sulla relazione mutua delle forze fisiche si spingono ancora più innanzi e tendendo a identificare l'elettricità col calorico, mostrano sempre più la parte immensa che l'agente magnetico prende nei fenomeni della natura. Considerato più ristrettamente nelle sue manifestazioni proprie del globo terrestre, esso ormai ha preso posto tra i fenomeni cosmici, e si rivela come una forza non più esclusivamente operante sul nostro pianeta. Se non è ancor giunta l'ora da comprendere il vero suo modo di agire, può dirsi però che le tante odierne scoperte sull'elettro-magnetismo ci avvertono esser questa un'epoca opportuna da ritornare all'assalto, per istrappare alla natura il grande segreto.

Spinto io pertanto dal desiderio di conoscere almeno qualche cosa sulla indole di quelle variabilità che la forza magnetica terrestre presenta da un giorno all'altro e da un'ora all'altra, nelle quali risieder deve la chiave di questo misterioso agente, cercai le sue leggi nelle fonti più originali e copiose de' molti e grandi lavori fatti all'epoca nostra, con una vastità di studii che non ha pari in altro ramo di scienza, mediante il potente aiuto di ricchi governi; e riuscii ad ordinare sotto alcuni capi una immensa ricchezza di veri, che raccolti da principio per mia istruzione, portami occasione, pubblicai in un primo saggio nel 1854 (1).

Questo lavoro venne sì favorevolmente accolto dai fisici che ciò mi fu stimolo ad estenderlo e a continuarne lo studio (2). Presto però mi accorsi che a toglier molti dubbi e a penetrar convenientemente addentro nel soggetto non bastava discutere le osservazioni altrui, ma che bisognava avere a propria disposizione una suppellettile di strumenti completi coi quali farne io stesso una serie continuata, onde acquistare quel possesso nella cognizione del loro andamento che nasce dalla lunga e continuata meditazione di un soggetto, quando la mente vi torna sopra a più riprese studiando e comparando le circostanze

(1) V. *Corrispondenza scientifica di Roma* in Luglio dell'anno sudd.

(2) V. De la Rive *traité de l'électricité* Tom. III. ove è un estratto di que' lavori: item *Bibl. univ.* T. XXVII, pag. 192: XXVII. pag. 139.

tutte che l'accompagnano. Per quanto utili siano i registri pubblicati in tanta copia per esteso su questa materia, è impossibile con essi soltanto farsi una idea di tutte le particolarità concomitanti di fenomeni così complicati, e d'altronde tal paragone è di indispensabile necessità per iscoprire le cause e le relazioni mutue de' fenomeni, nel che consiste la scienza. L'osservatore anche il più preciso che si limiti a notare minutamente tutti i fatti, e la stessa fotografia che registri tutte le minime oscillazioni degli aghi non suppliranno mai all'intelligenza comparatrice del filosofo. Così per esempio come riconoscere la sorgente di una perturbazione magnetica senza osservare lo stato del cielo, e tutte le vicende atmosferiche talora estremamente passeggerie? In somma se qualche cosa vuolsi concludere dalle osservazioni oltre le cifre medie de' fenomeni, è mestieri che l'osservazione venga accompagnata dalla riflessione. Mi confermai sempre più in questo sentimento, quando avendo con tenui mezzi posti a mia disposizione, eretto un magnetometro di Gauss con un eccellente teodolite di Ertel privo di ogni sorta di ferro, vidi la necessità di conoscere le manifestazioni magnetiche in tutta la loro estensione, e non in un solo elemento, quale è la declinazione.

Questa mia persuasione però sarebbe restata senza nessun pratico effetto, se la liberalità del regnante Sommo Pontefice Pio IX non veniva a fornirmi i mezzi necessari a ridurla all'atto, dando all'osservatorio del Collegio Romano un fornimento completo di strumenti tanto per le determinazioni degli elementi assoluti che delle loro variazioni. A memoria della liberalità sovrana si è messa nella parete che corrisponde sopra il magnetometro verticale questa iscrizione:

PIVS . IX . PONT . MAX.
 ANNO . MDCCCLXIII
 AEDES . TERRIS . ASTRORVM . SPECVLATRICIS
 LAXAVIT
 INSTRVMENTA . AD . VHM . TELLVRIS
 MAGNETICAM . EXPLORANDAM
 ADTRIBVIT
 PER . JOSEPHVM . MILESI . PIRONI . FERETTI
 PRAEF . COMM . ET . OP . PVB.

Al nome del Sovrano va qui meritamente congiunto quello del suo Ministro che tanto ha promosso questa istituzione, non solo in Roma ma anche in Ancona, pel servizio che ne potrà trarre la marina, e non minori obbligazioni abbiamo al suo successore ~~Mons.~~ Camillo Amici, che ha continuato a proteggere l'opera incominciata.

Così Roma e l'Italia ebbero finalmente un osservatorio magnetico completo, e fu tolto il disdoro che non si conoscesse con esattezza lo stato del magnetismo terrestre in questa capitale, altro che per casuali osservazioni fatte da viaggiatori per incidenza. Così anche venne riparato all'altra non men vergognosa mancanza di strumenti precisi ed esatti in questa materia costruiti a norma dei moderni progressi della scienza.

Il frutto raccolto da queste spese e dalle non poche fatiche aggiunte allo scarso personale dell'osservatorio, è stato molteplice. 1°. una determinazione degli elementi costanti della forza magnetica nei suoi tre elementi, intensità, declinazione e inclinazione che non erano state determinate da molti anni:

2°. La legge delle variazioni diurne di questi stessi elementi in una stazione che si è riconosciuta preziosa per la mancanza di perturbazioni troppo frequenti.

3°. La rivelazione di una forte perturbazione esercitata sui vicini vulcani estinti de' monti Albani.

4°. Finalmente l'attenzione continua e paziente fatta sull'andamento degli strumenti mi ha fatto conoscere che gran cautela si esige nell'aggruppare assieme le variazioni per trarne ciò che dicesi andamento medio, e ho veduto che esso in questa materia può venire grandemente falsato da tali aggruppamenti, e quindi si rende necessario introdurre alcune modificazioni nell'interpretazione delle leggi enunciate nelle discussioni antecedenti. Così per esempio fondandomi io sui detti medii avea concluso essere il moto quotidiano dell'ago composto di un periodo diurno, e di un altro semidiurno: ma ora vedo esser più esatto il dire, essere il periodo *semplicemente semidiurno*, *ma che resta o tutto o in parte sospeso durante la notte*, onde si spiega nei medii la parte del periodo diurno. Le ragioni su cui è fondata questa legge importante saranno esposte a

suo luogo, come pure la relazione non dubbia delle vicende meteorologiche su questi cambiamenti.

Oltre alcuni miglioramenti introdotti nei nostri strumenti parte dai costruttori, parte da me stesso, hanno essi il grande vantaggio di essere stati tutti comparati a quelli dell'osservatorio magnetico fondamentale di Kew in Inghilterra, e alcuni sono anche quegli stessi che servirono in uno degli osservatorii coloniali britannici. Per ciò che riguarda la copia delle osservazioni, essa non è tanta quanta noi avremmo desiderato di fare, ma sono le più che si son potute eseguire. Delle serie non interrotte di osservazioni orarie e semiorarie fatte nei solstizi e negli equinozi hanno servito a fissare le ore più importanti de' cambiamenti dell'ago, dette *tropiche* e nelle vicinanze di queste si è concentrato il numero maggiore delle nostre osservazioni. Quindi benchè non siano *orarie* continue, credo però che non mancheranno del principale loro vantaggio che da queste si suole ritrarre. Oltre le ore fisse in numero almeno di sei ogni giorno, si sono fatte le più volte che si è potuto.

Essendo nuove fra noi le ricerche di questo genere e non trovandosi verun opera italiana che riunisca insieme la teoria degli strumenti colla loro pratica, ho creduto dover premettere alle osservazioni stesse un rapido cenno storico sullo sviluppo di questo ramo di scienza, e una breve teoria degli strumenti; giovandomi delle migliori opere pubblicate all'estero e che sono poco conosciute tra di noi. Così ho cercato di fare che il presente lavoro non fosse solo una riunione di cifre, preziosa bensì per la scienza ma sterile per molti, ma che riuscisse a dare una idea se non perfetta, il che io non pretendo, nè è possibile fare adeguatamente in questo vastissimo campo, ma almeno tale da mettere i professori al corrente delle nozioni principali in questa modernissima e vasta materia.

Possa esso riuscir grato ai cultori della fisica e corrispondente almeno in parte alla generosità di un Pontefice che in difficili tempi pure seppe trovare da proteggere le scienze, non che alla liberalità de' Superiori della nostra Compagnia che mi hanno secondato e aiutato nelle moltissime spese a ciò necessarie.

PARTE PRIMA

Cenni storici, strumenti e metodi di osservazione.

CAP. I.

Cenni storici intorno agli studii fatti fino al presente
sulle variazioni periodiche dell'ago magnetico.

Benchè da gran tempo fosse nota la virtù magnetica della terra, e si sapesse che la direzione degli aghi calamitati non coincideva col meridiano geografico, e che questa era diversa da un luogo all'altro, pure non si sospettò della sua variabilità nel medesimo sito che molto tardi. A ciò che riferisce il Muschembroek (1) sembra che il primo ad accorgersi di qualche variabilità diurna nell'ago fosse il P. Gui Tachart missionario nella città di Lowo nel regno di Siam quando per commissione di quel Re si occupò per più giorni consecutivi delle osservazioni di alcuni aghi. Ma non avendo esso notato le ore in cui osservò tali divergenze non può dirsi che scoprisse nessuna di quelle variazioni che diconsi *periodiche*, e che si compiono nel breve periodo di un giorno o di un anno.

La variazione diurna fu realmente scoperta nel 1722 a Londra da Graham celebre artista inglese, che la trovò comparando insieme nelle varie ore del giorno due bussole da sè costruite con ogni diligenza, nelle quali vide che dalle 3 ore pom. alle 6 gli aghi passarono dai 14°.30' ai 13°.50' e che variazioni più o meno ampie fecero in altri giorni successivi. Canton studiò tal periodo nel 1756 e si accostò assai a trovarne la legge. Degli studii poco noti, ma assai importanti furono fatti dal P. Asclepi in Roma (2) ad insaputa di quel che era avvenuto altrove. Le principali ricerche sono quelle che egli fece in Collegio Romano nel 1762 in cui istituì con somma diligenza due serie importanti di osservazioni orarie con una bussola di ottima costruzione con ago lungo un piede e leggerissimo. Una serie fu fatta

(1) *Tract. de Magnete*, p. 165.(2) *Atti dell'Accad. di Siena*, Vol. II. p. 1763.

presso il solstizio di estate, e un'altra in quello dell'inverno seguente.

Le ore di osservazione si estendono dalle 5 ant. fino all'1 dopo mezzanotte del dì seguente, ma però non avendo esso chi l'aiutasse, si vede che fu obbligato a farle in giorni interpolati e non consecutivi. La prima serie abbraccia 25 giorni compresi fra il 10 Maggio e il 3 Agosto. La seconda 21 giorni tra il 3 Novembre e il 24 febbrajo.

Il periodo diurno fu nettamente dimostrato da queste osservazioni nelle sue fasi principali, e nelle sue ore tropiche (1). Nell'estate trovò che il minimo mattutino è dato alle 7^h.54^m, il massimo alle 2^h pom.: la variazione diurna 5'.7. Nell'inverno il tempo di massima declinazione lo trovò 1^h.9^m pom. ma in questa stagione attese le molte perturbazioni notturne non potè fissare con precisione il minimo e lo credette aver luogo verso le 9 della sera. Questo è vero se s'intenda del minimo assoluto, ma le ricerche posteriori fanno vedere che il minimo relativo delle 8 ant. non manca nè anche in quella stagione ma si perde in mezzo alle perturbazioni, e nel prendere i valori medi. La escursione dell'oscillazione fu trovata 5'.2. La declinazione assoluta determinata da lui fu 16° verso ponente (2). Egli aspettò ancora un periodo annuo, ma non potè occuparsene. Rilevò le perturbazioni dell'ago che furono frequenti nell'epoca invernale delle sue osservazioni, e superiori ad ogni errore possibile, avendogli l'ago variato più di 10' in $\frac{1}{2}$ ora di tempo. Avendo io costruito graficamente la massima parte delle singole giornate, ho rilevato una perfetta simiglianza tra quelle curve e le attuali, specialmente nella stagione estiva, ove

(1) Chiamansi così le ore de' massimi e minimi dell'ago in cui il suo moto volta direzione.

(2) L'Asclepi come quasi tutti gli osservatori di Roma, hanno fatto uso perciò della meridiana di S. Maria degli Angeli. Ora il medesimo ci fa pure avvertiti che essa è poco sicura non solo per ferri che sono visibili nella chiesa, ma anche per tutti quelli che legano i marmi e sono nascosti sotto il pavimento, nonchè per alcune lastre pure di ferro che coprono un acquedotto, che le passa sotto. Infatti la sua bussola che gli aveva dato la variazione diurna, gli diede una declinazione i cui estremi sono 14°.30' e 18°.0' onde non è da fidarsi punto di tali osservazioni. Le divergenze maggiori hanno luogo verso il mezzo della meridiana.

è sì ben pronunciata l'inflessione del minimo mattutino. Non poche giornate tra le invernali, presentano un tratto rettilineo verso le 8 ant. vestigio manifesto del minimo.

Da questo esame di uno dei più antichi e ben fatti lavori che possediamo in questa materia si può dire con certezza, che l'andamento normale della variazione diurna non ha mutato da un secolo a questa parte in Roma.

Più continuati, e più estesi furono i lavori di Cassini all'osservatorio di Parigi (1). Le sue osservazioni furono fatte con un ago lungo 1 piede e $8\frac{1}{2}$ pollici sospeso a fili di seta secondo il metodo di Coulomb; alla cassa dello strumento era fissato un microscopio con micrometro per leggere le deviazioni, e questa può dirsi la prima forma esatta dello strumento che venne poscia perfezionato da Gambey.

I risultati principali furono quelli che anche oggidì formano la base della scienza: cioè 1°. una variazione diurna nella quale l'ago si mette in moto verso occidente alla levata del sole, e arriva a un massimo tra mezzodì e le 3 pomeridiane, l'ora di questi massimi essendo diversa secondo le stagioni. Nella notte egli credette l'ago in assoluta quiete tranne le perturbazioni straordinarie (p. 21 e 22). Sembra che a lui sia sfuggito il minimo mattutino nell'estate che vedemmo notato dall'Asclepi.

2°. Notò una variazione annua nell'escursione dell'ago, che nell'inverno era di 5 in 7' e nell'estate di 14 in 15.

3°. Una perturbazione straordinaria che ebbe luogo li 23 Settembre 1781 mentre splendeva un'aurora boreale, gli fece conoscere l'influenza di questi fenomeni sull'ago magnetico, che egli poscia verificò più volte fino a riconoscere che essa si faceva sentire diverse ore prima che fosse visibile, scoperta che venne da' moderni attribuita ad Arago, che per altro vi aggiunse l'influenza delle aurore lontane ed invisibili nel luogo di osservazione.

4°. Che i temporali, e le scariche di atmosferica elettricità non hanno influenza sensibile sull'ago. Questo però è vero solo se si usano grandi strumenti, ma pei piccoli e delicati è falso, come ho visto io e anche il Prof. Palmieri di Napoli.

(1) V. Memoria nel *Giornale del Rozier*, Aprile anno 1784, stampata a parte a Parigi nel 1791 presso L. P. Covret.

5°. La maggior regolarità delle oscillazioni diurne negli aghi calamitati a saturazione.

6°. Che l'ago compie le sue oscillazioni regolarmente anche sotterra, e che ivi sono soltanto un poco più ristrette. Egli fece per ciò molte osservazioni nelle grotte dell'osservatorio di Parigi a 83 piedi di profondità ove la temperatura è costante, che sono le prime e più opportune a gettar qualche lume sulle cause a cui si possono attribuire questi movimenti. Infatti così si viene a conoscere che la variazione diurna non è un effetto diretto della temperatura sull'ago, ma un fenomeno che si compie sulla distribuzione generale del magnetismo terrestre. Però notò che sotterra oltre essere la loro escursione minore, erano anche assai meno sensibili le perturbazioni straordinarie. La diversità alla superficie e nell'interno della terra non poteva trovarsi molta attesa la piccola profondità delle grotte dell'osservatorio: era quindi desiderabile che venissero ripetute a maggiori profondità, ma finora non ne è stata intrapresa nessuna serie proporzionata all'importanza del soggetto. È da sperare che coi moderni strumenti fotografici sarà vinta la principale difficoltà che s'incontra in questo genere di osservazioni, vale a dire la continua presenza degli osservatori.

7°. Tra le osservazioni particolari più degne di attenzione, vi è: 1°. l'influenza dei rapidi annuvolamenti; 2°. delle mutazioni di vento specialmente N. E.; 3°. che nelle giornate di gran caldo l'ago resta talora stazionario; 4°. il maggior numero di perturbazioni nelle ore della sera; 5°. la nessuna influenza della vicinanza dell'osservatore quando la cassa era ben solida; 6°. la concordanza de' varii aghi in diversi siti.

Un'altra Memoria di Cassini fa seguito alla precedente e contiene la serie delle declinazioni osservate a Parigi per un secolo cioè dal 1667 fino a' suoi tempi 1791: le determinazioni erano state fatte da Picard, La Hire, Maraldi, Lemonnier, De Fouchy ec. (Un estratto di questa serie è data da Musschenbroek fino al 1728).

In questa si trova notata la combinazione del moto di oscillazione diurna col moto secolare, e col moto annuale (p. 39). Di più esso osserva che l'escursione diurna non ha lo stesso valore nei varii anni; nei suoi 5 anni trova

1784	variaz. =	19'. 3".
1785		16. 59.
1786		18. 46.
1787		23. 11.
1788		23. 1.

cosa la quale è stata confermata negli ultimi tempi. Inoltre esso nota la grande influenza della stagione sull'ago e il suo moto medio retrogrado; quindi la diversa ampiezza di escursione annuale dall'est all'ovest, e dall'ovest all'est e la diversità del tempo impiegato, perchè dall'Aprile al Giugno va all'est, e dal Giugno all'Aprile all'ovest, essendo il 1° viaggio quasi la metà del 2°, onde ne resta una preponderanza di quest'ultimo, dovuta alla variazione secolare. Mette anche in evidenza la variazione annua dipendente dagli equinozii e dai solstizi. L'andamento generale, dice esso, è retrogrado, ma tra il solstizio d'estate e l'equinozio seguente di primavera l'andamento dell'ago è diretto, e l'arco di progressione descritto in 9 mesi essendo molto maggiore di quello di retrogradazione fatto in tre mesi soli, ne risulta un aumento annuo nell'angolo della declinazione. Egli insiste assai su l'influenza dell'equinozio di primavera, e sembra stimare inerte quello di autunno, ma è chiaro che tal differenza è solo apparente, e che svanirebbe tolta che ne fosse la variazione secolare.

Da ciò si vede che il Cassini ha anticipato molti lavori de' moderni e merita di esser collocato tra i fondatori di questo studio. Oltre le variazioni regolari egli studiò anche le irregolari, e ne concluse. 1°. che le aurore boreali, la neve, le nebbie o anche i venti di levante sono le circostanze che più accompagnano le perturbazioni (pag. 47): 2°. che tali perturbazioni producono spesso uno spostamento permanente nell'ago, che non viene annullato che da una perturbazione in senso contrario: 3°. nei mesi invernali la mattina e la sera (pag. 49) tali perturbazioni sono più frequenti, e che: 4°. un gran cambiamento nel tempo è accompagnato e spesso annunziato da tali perturbazioni. Qui adunque noi vediamo già posti i fondamenti della scienza e notate quelle coincidenze che formano ancora lo scopo delle ricerche attuali. Questi bei risultati di

Cassini vennero certo eclissati dalle circostanze de' luttuosi tempi in cui visse, per cui fu costretto a lasciare di fare le sue osservazioni nelle grotte a cagione di sospetti politici, che poi andarono a finire col dovere egli totalmente rinunciare all'osservatorio stesso.

Questi lavori interessanti facevano vedere la immensità della sfera di questa forza, la quale mentre da un lato pareva indipendente dalle vicende meteorologiche le più violente, si vedeva dall'altro soggetta evidentemente alla loro azione in un modo misterioso. Diversi studii anteriori di Celsius in Svezia e Graham in Londra aveano fatto vedere la contemporaneità dei moti dell'ago perturbato in siti lontani, e per quanto diligenti fossero stati questi studii, lasciavano molti dubbii, e si vedeva che le diverse località aveano una sensibile diversità nella legge de' fatti. Perciò uno studio rigoroso con osservazioni più estese sul periodo diurno dell'ago era divenuto indispensabile per conciliare parecchie divergenze, tanto più che in alcuni siti si pretendeva da rispettabili scienziati che tal moto non si vedesse affatto.

Perciò nel 1806 e 1807 Humboldt di ritorno da' suoi viaggi nell'America meridionale nei quali si era molto occupato del magnetismo terrestre, concepì il progetto di studiare con più esattezza e precisione l'andamento diurno dell'ago, e fece a varie riprese molte osservazioni orarie e semiorarie durante molti giorni consecutivi, senza interruzione nemmeno nella notte specialmente presso i solstizi e gli equinozi. Il luogo da esso prescelto fu un ampio giardino a Berlino, nel quale avea fatto costruire una casetta senza ferro affatto, e si era associato in questo faticoso lavoro l'astronomo Oltmanns. Lo strumento usato era un collimatore magnetico di Prony capace di rovesciamento e fornito di sbarra calamitata di 20 $\frac{1}{2}$ pollici di lunghezza, sospeso col metodo di Coulomb, guarentito dall'aria con cassa fornita di cristalli e attraverso il quale guardava le divisioni di una mira lontana. Il risultato più interessante, oltre la conferma de' risultati di Cassini, fu la dimostrazione di un regolare periodo notturno, e la frequenza notabile di oscillazioni la cui ampiezza superava i limiti della scala dello strumento, e che spesso si ripetevano alle medesime ore avanti il levare del

sole, i quali movimenti rapidi e accelerati non potevano aver causa meccanica (1). Questi egli pel primo caratterizzò col nome di *temporali magnetici*. Fin da queste prime ricerche concepì pure il progetto di erigere simili strumenti e fare osservazioni corrispondenti in altri siti circonvicini per riconoscere se questi *impazzimenti* dell'ago erano locali o si estendevano a grandi distanze, ma le circostanze politiche di quel tempo ne lo impedirono. Questo periodo notturno è di grande importanza per la teoria di questi fenomeni, e vedremo appresso come debba intendersi, tanto più che esso è messo in dubbio come parte regolare del fenomeno, e interpretato come mero effetto delle perturbazioni.

In questo mentre che l'Humboldt aspettava tempo favorevole per l'esecuzione de'suoi progetti, Arago in Francia ripigliò lo studio delle variazioni diurne con istrumenti perfetti, e fece una serie di osservazioni di molta importanza, che sarebbe d'interesse della scienza veder pubblicata per intero (2). Oltre la verifica delle leggi di Cassini pel periodo diurno, trovò anche le variazioni della inclinazione e della intensità, valendosi per la prima di un inclinometro pure di Gambey, e deducendo la seconda dal numero delle oscillazioni dell'ago; oltre la conferma dell'influenza delle aurore boreali visibili come Hiorter, Celsius e Cassini avevano già notato, rilevò ancora la loro influenza a Parigi quando per la distanza erano ivi invisibili. Questo fatto diede la vera spiegazione di moltissimi impazzimenti dell'ago senza apparente visibile cagione, e senza dare l'esclusiva ad altre cause, fu una vera scoperta. Esso pure vide per la prima volta la simultaneità delle grandi perturbazioni sopra vastissime regioni, giacchè avendo Kupffer stabilito a Kasan nella parte più orientale d'Europa alle foci del Wolga una bussola simile a quella di Arago, i due osservatori poterono assicurarsi dice Humboldt (3) « per un certo numero di misure « corrispondenti di declinazione oraria che malgrado la diffe-

(1) Lettera al Duca di Sussex Presid. della Soc. Reale di Londra (*Bibl. univ.* 1836, Tom. IV, pag. 127).

(2) Vedi l'estratto delle sue Opere pubblicate a Parigi nel Volume IV, pag. 490 e seg.

(3) Loc. cit.

«ferenza di oltre a 47° di longitudine, le perturbazioni erano «isocrone. Erano quasi segnali che dal seno della terra arrivavano simultaneamente alle rive della Senna e del Wolga».

Abbiamo in questi fatti la prima scintilla di quel gran lume che poscia si diffuse su questo ramo di scienza, che doveva essere studiato su di una immensa proporzione. La connessione dei moti dell'ago della bussola coll'aurore boreali lontane incontrò le opposizioni de' contemporanei (1), ma esse non valsero ad altro, che a fare esaminare la loro indole viemmeglio, e a confermarla; fu una preziosa conquista per la scienza, e uno di que' pochi fatti che assicurati una volta, formano un punto fisso nell'orizzonte delle umane conoscenze. La contemporaneità de' moti dell'ago in siti così distanti fece vedere l'ampia sfera di questi fenomeni, e che lungi dall'avere la ristrettezza delle cause locali e meteorologiche fino allora conosciute, si estendevano talora all'intero globo terrestre. La ulteriore conferma di queste verità e la penetrazione delle loro leggi, è stata fin ora ed è ancora al presente lo scopo delle numerose ricerche, che si continuano ancora ad istituire, e vedremo quale immenso lume vi abbiano gettato le osservazioni di questi stessi anni, di cui siamo per dar conto.

Tutte le verità fisiche sono connesse, e i progressi fatti in un ramo di nostre cognizioni rischiarano come per riflesso le altre; e se ciò è vero in generale lo fu in modo inaspettato a quest'epoca nel magnetismo. Durante le ricerche di Arago sulle variazioni diurne della declinazione magnetica, avvenne l'impareggiabile scoperta di Oersted (1820) che mostrò l'influenza delle correnti elettriche sulle calamite, e la prodigiosa teoria di Ampère, che ridusse le calamite a sistemi di correnti elettriche molecolari, e la luminosa conferma di questa teoria dedotta dalle calamite artificiali scoperta dall'Arago, e l'altra de' solenoidi, donde si scorre che ogni corpo poteva funzionare come calamita, qualunque fosse la sua natura, purchè fosse circondato da correnti elettriche. Allora veramente apparve nel suo giusto lume quanto era stato sospettato anticamente sulla identità dell'elettrico e del magnetismo: sospetto spinto assai avanti

(1) V. Arago, Op. Vol. IV. pag. 571 e segg.
Vol. XIII.

dagli antichi elettricisti, tra i quali Beccaria specialmente che tanto avea insistito sui caratteri elettrici delle aurore boreali (1). Il così detto magnetismo di rotazione, altra scoperta di Arago, fece vedere quanto ampia sfera abbracciava questa forza, e quando anche dalle scoperte di Faraday fu esso ridotto alla induzione elettrodinamica, nulla perdetto della sua importanza, per ciò che spetta l'azion generale di questo agente sulla natura. La scoperta della elettricità, messa in moto dal calore fatta da Seebeck (1821) gettò più diretta luce su i fenomeni magnetici terrestri e su le loro variazioni, e si credette per un momento che il termo-elettricismo bastar potesse a spiegare le variazioni diurne ed annue.

È difficile che ritorni un'epoca nella scienza in cui più brillanti scoperte e di sì gran peso nella meccanica molecolare dei corpi, si succedano con tanta rapidità e connessione, onde in quei momenti era naturale cercare di conoscere più a fondo le misteriose variazioni dell'ago.

Circa quest'epoca accaddero ancora i grandi viaggi scientifici istituiti a spese della Francia, dell'Inghilterra e della Russia per terra e per mare, risultato dei quali fu una cognizione più esatta dei fenomeni magnetici, della posizione delle linee senza declinazione e inclinazione, e si completarono i sistemi delle linee isocliniche ed isogoniche, e si estesero le misure per la prima volta anche alla intensità, non considerata fino allora che inadeguatamente, e così si ebbero con le precedenti anche le linee isodinamiche. I vasti lavori di Hansteen, Duperrey, Sabine, Foster, Erman, Kupffer, Fuss, ed altri moltissimi, estesero le cognizioni su ciò che spetta alla forza magnetica della terra in generale, e quindi anche sulle variazioni periodiche (2). Le osservazioni orarie fatte allora soltanto a latitudini medie si estesero anche ai paesi sotto i poli e all'equatore.

Ma più si diffondeva la sfera delle ricerche, più sembrava-

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale e naturale* Capitolo VII., pagina 218.

(2) Nel Tom. III del *Cosmos* di Humboldt vedesi una minuta lista di pubblicazioni relative a questa materia, disposte con ordine cronologico che è assai importante.

no complicarsi le leggi dei fatti. Le osservazioni fatte da Foster nei climi polari non rettamente interpretate aveano fatto comprendere che colà le aurore boreali o non aveano influenza sull'ago, o ne aveano una opposta, e il suo periodo sembrò diverso da quello delle regioni medie (1). Altre fatte da Gay (2) all'equatore mostravano un periodo nell'ago apparentemente diverso dall'europeo. Questo osservatore a Valdivia distinse tre moti nell'ago; 1°. uno all'est la mattina: un 2°. all'ovest fino all'1^a pom. e un 3°. all'est di nuovo, complemento della mattina, ma vedremo a suo luogo non esser questo che il periodo ordinario estivo nelle medie latitudini. Quindi si rendeva indispensabile l'esaminare questa materia in più ampia scala che meglio fosse in proporzione collo spazio in cui si manifestano i suoi effetti.

La simultaneità delle grandi escursioni straordinarie in luoghi moltissimo distanti fra loro, avea colpito come già vedemmo, tutti gli osservatori, e Humboldt risolvette nel 1827 di studiarla più a fondo. Riprese egli le osservazioni nella casetta senza ferro con una bussola di Gambey e non molto dopo nel 1829 ottenne che altre simili venissero costruite a Pietroburgo, a Posen, a Mosca; Barnaul, Kertschinsk, a Nicolajeff in Crimea e perfino a Pechino nella Cina (3).

Alcuni di questi luoghi furono espressamente scelti al di là della linea senza declinazione, cioè dove essendo essa orientale potevasi riconoscere se tale direzione punto influiva coll'andamento delle variazioni. Impegnò anche il Professor Reich a ripeterle nelle miniere di Freiberga in Sassonia alla profondità di 70 metri, (216 piedi). Varie altre stazioni si formarono per industria de' privati amatori della scienza che con più o meno d'impegno risposero all'appello del dotto prussiano. I suoi primi studi fatti con pochi amici, gli fecero vedere che non era andato errato nelle sue aspettative, e che a molte miglia di distanza non solo le grandi, ma anche le piccole oscillazioni erano parallele. A suo eccitamento si formò in Alemagna una

(1) Aragó loc. cit.

(2) V. *Comptes rendus*.

(3) Lettera cit. p. 131.

associazione di osservatori con alla testa il famoso Gauss direttore dell'osservatorio di Gottinga, e il fisico Weber che a giorni fissati notavano la posizione dell'ago di quarto in quarto d'ora e poscia di 5 in 5 minuti di tempo: e queste posizioni fecero vedere che non solo in regioni distanti fra loro poche miglia, ma anche a molti gradi geografici le variazioni dell'ago erano di un sorprendente parallelismo, che non potea dirsi che pochissimo alterato da piccole alterazioni locali.

Questo fatto importante mostra che la troppa molteplicità di osservatorii magnetici vicinissimi poteva esse inutile, e che era mestieri stabilirli lontani per la scoperta delle grandi leggi. Onde ravvisar meglio l'andamento di questi singolari fenomeni, convennero di usare in tutti i siti il tempo di Gottinga, e i risultati furono dati al pubblico sotto forma grafica che a colpo d'occhio fanno vedere come a siti distanti quali sono la Haya, Gottinga, Berlino, Breslavia, Lipsia, Marburgo, Monaco, Milano e in Sicilia le curve sono esse pure di un parallelismo sorprendente (1).

Questi luoghi benchè distanti in latitudine erano sfortunatamente troppo vicini in longitudine per poter estendere a limiti più vasti le conseguenze che se ne sarebbero potute trarre. Si vide però esservi delle circostanze locali che influivano sensibilmente sulle variazioni, onde era sempre più d'uopo moltiplicare le osservazioni a grandi distanze, giacchè l'estensione dell'Europa anche tutta, non era che insignificante rapporto al globo intero. E qui fu dove le relazioni politiche e scientifiche del suddetto Humboldt tornarono sommamente utili alla scienza coll'impegnare la Società Reale di Londra a raccomandare al governo la colossale impresa di erigere osservatorii magnetici nelle colonie dell'Impero Britannico, il solo che potesse fornire i punti nei due emisferi che erano indispensabili ad una sua adeguata cognizione.

Una commissione fu quindi nominata nel seno della Società Reale per discutere il progetto e fissare i termini della

(1) Può vedersi questo sorprendente andamento parallelo nelle tavole grafiche pubblicate a quell'epoca, e riprodotte da Taylor. *Scientific Memoirs*. London.

sua esecuzione, composta de' primi scienziati dell'epoca Herschel, Wheatstone, Airy, Sabine, Wrottesly, Babbage, Lloyd ecc. e fu in questa che si venne a stabilire e formulare completamente il sistema di osservazioni che si usa attualmente per istudiare la forza magnetica completamente nella determinazione assoluta e nelle variazioni di tutti i suoi elementi: declinazione, inclinazione e forza totale (1).

Il sistema stabilito da principio fu di osservare gli strumenti ogni due ore, ma appresso fu fissato ad ogni ora l'osservazione completa degli strumenti magnetici e meteorologici, mediante un servizio regolato a uso militare, e tutto da ufficiali militari istruiti. Certo non poteva una sì grande impresa mancare di uno splendido esito, e realmente può dirsi che la cognizione delle leggi de' moti periodici comincia da quest'epoca, e avremo occasione di ritornarvi sopra più e più volte. Nè la spesa dell'esecuzione di tante osservazioni sarebbe stata utile a nulla, se non fossero state corredate di una pubblicazione fatta per intero, con riduzioni precedute da una serie di importantissime discussioni fatte dal Gen. Sabine. Aggiungendo a questi le osservazioni delle stazioni Russe, e le Europee della Germania, del Belgio, Olanda ecc.; se era possibile nulla scoprirvi, questa dovea esser la volta.

Fu questo uno di que' progetti fecondi di successo perchè fatto veramente in tempo opportuno, poichè le ricerche previe avevano mostrato ove doveansi dirigere gli sforzi, e l'anticiparlo avrebbe portato spese maggiori, e per l'imperfezione de' mezzi le osservazioni sarebbero state forse inutili.

Infatti a quell'epoca il celebre Gauss fin dal 1833 avea già dato la sua importantissima teoria per trovare la *intensità assoluta* della forza magnetica, mentre tutte le determinazioni fatte prima di allora erano relative alla forza osservata in un sito determinato, e alla teoria geometrica avea anche aggiunta la più accurata maniera da farne l'esperimento con precisione

(1) *Report of the committee of physics including meteorology on the objects of scientific inquiry.* London 1840. Ed anche l'altro opuscolo *Revised instructions for the use of magnetical and meteorological observations.* London 1842.

fino allora propria solo delle osservazioni astronomiche (1). Poco dopo egli diè un modo semplicissimo da determinare le variazioni della intensità stessa secondo la sua componente orizzontale, inventando il *magnetometro bifilare*: e Kupffer avea già trovato uno strumento più delicato dell'ago ordinario di inclinazione per determinare le variazioni di questa; ma si deve al Prof. Lloyd di Dublino l'aver fissato lo strumento definitivo che serve ad avere le variazioni della forza verticale.

Fatti questi studi preparatorii vennero eretti i desiderati osservatorii inglesi. Quelli delle colonie furono quattro. Il primo a Toronto nel Canada presso uno de' punti della massima intensità magnetica; l'altro all'Australia a Hobart Town nella terra di Van Diemen quasi antipodo al precedente e presso al polo magnetico d'intensità australe, onde vedere l'opposizione de' moti nelle stazioni opposte ne' due emisferi. Il terzo al Capo di Buona Speranza luogo opportuno per la variazione notabile che le linee magnetiche isogoniche, isocliniche e isodinamiche soffrono nell'ingresso sul continente Africano. Il quarto all'Isola di S. Elena presso l'equatore per studiarvi le variazioni in un punto distante pochissimo dall'equatore magnetico. La Compagnia dell'Indie uno ne eresse a Madras. Similmente a Greenwich e a Dublino e a Malherstoon in Scozia ne furono eretti alcuni che dovevano operare simultaneamente con quelli.

Sarebbe impossibile il seguire in particolare lo sviluppo che ha preso la scienza in questo ultimo periodo, ed anzi è mestieri contrarre immensamente la sua vasta estensione, per farla entrare nei limiti del nostro lavoro. La descrizione de' metodi e degli strumenti così raffinati dovendo esser fatta nel corso di queste memorie, ci è forza di qui far punto a questi brevi cenni storici. Non possiamo però omettere il grande progresso fatto in questi ultimi tempi nell'arte di osservare e registrare questi fenomeni per mezzo della fotografia. Il metodo messo in uso per la prima volta a Greenwich e poscia a Kew, e Parigi e altrove, è il solo che possa dare tutte le minime variazioni

(1) *Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata*. Göttingae. Anche Poisson avea dato un metodo per la soluzione dello stesso problema, ma di esecuzione meno pratica, e perciò non seguito.

di questo etereo elemento senza che le minime forze siano disturbate da meccanismi grossolani degli altri apparecchi registratori. Il principio di registro è comunemente quello di concentrare con lente su di una carta sensitiva alla luce i raggi di una fiamma, riflessi da uno specchio attaccato alle sbarre magnetiche. Un orologio muove regolarmente la carta in una direzione perpendicolare alla oscillazione della sbarra, e dalla composizione dei due moti ne nasce una curva che rappresenta le minime mosse della forza magnetica. Le ordinate di questa curva espresse in numeri mediante una scala ad ogni ora sono poscia pubblicate sotto la consueta forma di osservazioni orarie. Questa maniera di registri è preziosa pei grandi osservatorii, ma pei minori, oltre le gravi spese che porta, richiede anche non poco personale e fatica per le riduzioni. Da queste si è confermata l'identità delle fasi nelle perturbazioni a varie distanze anche notabili che hanno date curve sensibilmente parallele tra Greenwich e Parigi.

Oltre la variazione diurna se ne è scoperta da Sabine una annuale, che sembra indipendente dalle stagioni, e solo in rapporto colla distanza perigea del sole: di questa come pure dell'annuale ordinaria diremo più diffusamente a suo luogo. Più singolare è la variazione a lungo periodo che si è trovata da Lamont, Wolf, Sabine indipendentemente che sarebbe di circa 10 anni e che si sospetta coincidere col periodo delle macchie solari. Dietro le recenti discussioni di Sabine rapporto alla luna possiamo dire che sembra provato avere questo satellite una influenza non dubbia, benchè assai piccola. Aspettiamo con ansietà i risultati di Greenwich su questo punto.

Quello che solo resta a dire a complemento di questi cenni storici si è che ora i punti fondamentali del magnetismo terrestre sono già assicurati, e che la teoria della scienza ne ha tratto un lume senza pari. Lo studio però non è finito e l'opera degli osservatorii coloniali essendo ora sospesa, resta a proseguire negli osservatorii permanenti il lavoro da essi incominciato, seguendo le vestigia di quelli, onde perfezionare e completare quanto fu da essi sì ben principiato. Dico principiato perchè le sole leggi fondamentali non bastano alla teoria, ed è già voto di molti che di nuovo siano essi ristabili-

ti, profittando nella nuova serie di osservazioni di tutte le ricerche e di tutti i lumi acquistati nella prima. Fino a che ciò non si faccia, le osservazioni non devono cessare di farsi ovunque si possa, non essendo vana la speranza di aver qualche favorevole momento di un raro fenomeno che getti nuova luce su tutta questa oscura materia. E possiamo aspettare ciò con tanto maggior sicurezza, che quest'anno istesso abbiamo avuto un luminoso esempio delle manifestazioni di questa immensa forza in un modo affatto singolare. Le grandi aurore boreali dello scorso Settembre del 1859 che oltre produrre le solite agitazioni magnetiche hanno agito altresì su di tutti i telegrafi elettrici con tanta energia da averne azioni chimiche, scintille, scosse ecc. hanno rischiarato immensamente la loro teoria elettrica, e mediante questi apparati, che non si sarebbe mai creduto che fossero un dì destinati a fornir tali elementi alle teorie, hanno tolto per sempre tutti i dubbi sulla loro natura elettrica. Anche ciò che era creduto vasto si è conosciuto esserlo incomparabilmente di più. Chi avrebbe creduto, malgrado i colossali studi anteriori, che una stessa perturbazione magnetica sarebbesi manifestata *contemporaneamente* su tutto il globo? Chi avrebbe mai detto che gli aghi magnetici del Collegio Romano avrebbero annunziata l'aurora boreale della Guadalupe, e della terra del Chili; eppure così fu questa volta con generale meraviglia (1).

Ogni dì più si rischiera così l'orizzonte della scienza e colla perseveranza che tutto vince sarà superata anche la renitenza che offre questo mistero a svelarcisi. Già i suoi periodi sono accertati sotto un punto di vista più preciso: l'influenza delle latitudini geografiche fu messa fuor di dubbio, e l'azione dei principali luminari del cielo non tardò a manifestarsi: le influenze locali vanno svanendo e riconoscendosi al moltiplicarsi delle stazioni e se pure a' nostri giorni non ci sarà dato di toglier quel velo, prepareremo almeno a nostri posteri i mezzi da squarciarlo quanto prima. Per ciò che riguarda la teoria il punto più controverso e fondamentale è questo: se l'azione diurn-

(1) V. *Comptes Rendus etc.* 1859, e *Annales telegraphiques*, Tom. III. pag. 99.

na e annua dell'ago che certamente dipende dal sole, sia diretta come farebbe un corpo magnetico che circolasse attorno alla terra, ovvero indiretta per le correnti elettriche generate nella massa terrestre e nella sua atmosfera dal calor solare. La teoria geometrica a tutto rigore non può decider questo; essendo i risultati indipendenti dalla natura della causa, resterà quindi a decidersi dalla relazione reciproca de' fenomeni elettrici e meteorologici. Ma tutto annunzia una grande estensione di causa, e la probabilità della seconda causa sembra cresciuta notabilmente dietro gli ultimi eventi delle perturbazioni indicate di sopra, ma su ciò torneremo in altro luogo.

Il fornire materiali per la soluzione di questo ed altri problemi è appunto lo scopo degli osservatorii particolari; inoltre quello di verificare le leggi generali, determinare gli elementi particolari, accennare le locali irregolarità: e questo è quello che ci accingiamo ad esporre come abbiamo tentato di fare per Roma.

CAP. II.

Principii teorici sulle forze magnetiche, e disposizione generale degli strumenti.

1°. La risultante di tutte le forze magnetiche del globo terrestre è completamente determinata dai tre elementi seguenti:

I. Direzione rapporto al meridiano astronomico, ossia azimuth del meridiano magnetico rapporto all'astronomico, che costituisce la *declinazione* magnetica.

II. Direzione rapporto alla verticale, considerata nel piano del meridiano magnetico, che dicesi *inclinazione*.

III. *Intensità*: questa o si esprime in numeri relativi ad unità cognite di spazio, tempo e peso, e dicesi *assoluta*; o rapporto all'intensità magnetica propria di un altro sito determinato, e allora dicesi *relativa*.

Questi elementi sono tutti e tre variabili, talchè dopo trovati i loro valori, restano a studiare le leggi delle mutazioni, e le osservazioni fatte in varie epoche devono riferirsi ad un medesimo tempo, mediante una correzione per renderle comparabili.

Le variazioni di declinazione sono le più semplici e si hanno direttamente dai cambiamenti di posizione del declinometro. Le variazioni degli altri due elementi son più difficili a determinarsi, stante l'imperfezione dei congegni meccanici di sospensione. Comunemente si è adottato il principio della decomposizione della forza in due componenti rettangolari, una verticale, l'altra orizzontale, e dalle variazioni di queste componenti si concludono le variazioni di intensità e di inclinazione. La variazione della componente orizzontale è data dal magnetometro bifilare, quella del verticale dal magnetometro a bilancia.

2°. Siano X, Y le due componenti orizzontale e verticale, R la risultante, θ l'inclinazione, sarà

$$X = R \cos \theta; Y = R \sin \theta$$

donde differenziando e dividendo per le primitive

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta R}{R} - \operatorname{tg} \theta d\theta; \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta R}{R} + \cot \theta d\theta$$

le quali danno la variazione di intensità

$$(a) \quad \frac{\Delta R}{R} = \cos^2 \theta \frac{\Delta X}{X} + \sin^2 \theta \frac{\Delta Y}{Y}$$

e la variazione di inclinazione

$$(b) \quad \Delta \theta = \sin \theta \cos \theta \left(\frac{\Delta Y}{Y} - \frac{\Delta X}{X} \right).$$

Da queste formole si vede, che la variazione di ciascuno dei due elementi dipende dalla variazione di tutte e due le componenti. Ora siccome non è facile, come vedremo appresso, determinare con precisione assoluta le quantità costanti che entrano nella rettificazione degli strumenti, ne segue che ambedue i risultati saranno viziati. Talchè io credo che sarebbe prezioso uno strumento che come quello già ideato da Kupffer desse la variazione di inclinazione direttamente. Allora la va-

riazione dell'intensità potrebbe aversi mediante il solo bilanciare dalla formola

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta X}{X} + \operatorname{tg} \theta d\theta,$$

che sarebbe indipendente dalle indicazioni del magnetometro a bilancia, il quale difficilmente può restare per lungo spazio comparabile a sè stesso, e spesso trovasi radicalmente difettoso, quantunque noi l'abbiamo ridotto ad essere di una sicurezza oltre quanto speravamo di poter ottenere.

3°. Sei di numero sono dunque gli strumenti che servono a tutto il complesso delle osservazioni magnetiche: cioè tre grandi e fissi per lo studio delle variazioni periodiche, e sono considerati meramente come strumenti differenziali; e tre minori e portatili per la determinazione de' valori assoluti. La loro collocazione nella sala dell'osservatorio è quale si ha dalla presente pianta già data nella introduzione alle memorie dell'osservatorio, e che qui riproduciamo per comodo di confronto.

D. Declinometro. T Teodolite del declinometro.

B. Magnetometro bifilare: C cannocchiale per la sua lettura.

V. Magnetometro verticale a bilancia: M suo microscopio per la lettura.

G. Declinometro portatile.

I. Inclinatorio.

H. Magnetometro per determinare l'intensità.

F. Collimatore del declinometro (1).

La sala degli strumenti ha 9^m.30 di lunghezza, 5^m.25 di larghezza ed è basata sopra un solido rinfiango della gran fabbrica della chiesa, di solidità a tutta prova, e cinta da mura grosse 1^m.50, onde la temperatura vi è assai costante. Per le piccole dimensioni della sala gli strumenti possono esercitare una qualche reciproca influenza, che è stata accuratamente studiata come diremo appresso a suo luogo.

La posizione geografica dell'osservatorio è lat. 41° 53' Nord: long. 0^h.40^m.34^s all'Est di Parigi, e 0^h.10^m.8^s pure all'Est di Gottinga.

CAP. III.

Declinometro.

1°. L'apparato di sospensione del declinometro grande è rappresentato nella *Tav. II. fig. 9.*

AB colonna di legno d'ischio vecchissimo e durissimo alta 3^m.40, grossa 0^m.25 che porta alla sommità il modiglione BE da cui pende il filo di sospensione della sbarra: questo è protetto dal tubo di ottone TT'. Questa colonna è murata al piede per 0^m.50 dentro il masso del muraglione, e assicurata in cima con briglie murate alle vicine pareti onde è perfettamente immobile.

PQ. Piedestallo indipendente dalla colonna che serve solo a reggere la cassa CD che copre la sbarra magnetica.

(1) Onde non obbligare il lettore a ricorrere ad altri luoghi delle *Memorie*, ripetiamo volentieri alcune delle cose dette nella *Introduzione* rapporto a questi strumenti: tanto più che per una liberale sovvenzione governativa di cento scudi possiamo dare le figure degli strumenti e fare una pubblicazione più completa che non avrebbero permesso i nostri mezzi.

La sbarra magnetica è rappresentata nella *fig. 1, Tav. I.* È lunga 0^m60, larga circa 27^{mm}, spessa 7^{mm}, pesa 1320 grammi. O è la lente obbiettiva, M la scala micrometrica di cristallo divisa a decimi di millimetro, posta nel foco principale dell'obbiettivo O, che così forma un collimatore: — *ab* staffa di sospensione a due paia di occhietti uno sulla linea *a* e l'altro sulla *b*, per rovesciare la sbarra, e determinare la direzione dell'asse magnetico della medesima rapporto all'asse del sistema ottico, S lo specchio che serve per le osservazioni differenziali. La sbarra è chiusa dentro doppia cassa: la prima che vedesi nella figura è di rame grosso 6 millimetri che serve di smorzatore: questa ha due flancate di grosso cristallo per impedire le correnti d'aria, ma ai capi ha ampi fori affatto liberi dalle lastre. Una seconda contro-cassa di legno decomponibile in pezzi e chiusa da cristalli ai capi e da un lato la difendono completamente dall'aria esterna. Oltre alla sbarra d'acciaio ve n'è un'altra di rame fornita di simili accessori e di una piccola calamita per la determinazione della torsione.

2°. La *fig. 2, Tav. I.* rappresenta il teodolite magnetico collocato tra le due colonne di rame che portano la scala graduata.

BB'. Circolo esteriore di base di 0^m.30 di diametro portato su tre viti calanti, fornito di lembo graduato diviso a 10'.

PP'. Filostrini che reggono il cannocchiale, alti sufficientemente perchè nelle nostre latitudini si possa osservare la polare nei due passaggi superiore ed inferiore. I due pilastri posano sul circolo interno concentrico al precedente mobile attorno all'asse A. Questo circolo porta i 4 nonii coi quali leggonsi i secondi a 10 a 10, e per la nettezza delle gradazioni si stimano i 3".

L'asse del cannocchiale è fornito a un capo del solito ecclimetro, e all'altro di una coda per piccoli movimenti: si può rovesciare completamente, e il livello posa a cavaliere direttamente sui perni dell'asse al luogo de' cuscinetti. Questi sono di bronzo come l'asse stesso. Il tutto è lavoro di Ertel di Monaco, ed è senza acciaio nè ferro.

KK'. Sono le due colonne di rame che portano la scala graduata che deve riflettersi dallo specchio della sbarra. Le gra-

dazioni della scala sono fatte a trasversali come si vede nella *fig. 3* per poter meglio valutare i decimi delle divisioni: Le carte sono tirate a stampa su cartoncino da una riga metallica divisa da Ertel e incollate su di un arco di legno fisso alle colonnette.

3°. Il centro *O* dell'asse del cannocchiale vedesi forato per una ragione che ora più non sussiste, ma che potendo essere utile in altri casi credo bene accennare. Questo foro era destinato a dar passaggio a un filo a piombo formato di un filo di seta calato dal mezzo della scala, e che andava a terminare in un bicchierino d'acqua posto sulla testa dell'asse *A*. Lo scopo di questo congegno era di controllare la stabilità relativa del teodolite e della scala. A tal fine la lunghezza focale dell'obiettivo era esattamente tale che arrivava solo al suddetto filo a piombo, e l'oculare del cannocchiale era un sistema composto come negli oculari terrestri, il quale, come si sa, fa da microscopio composto. Il fuoco esteriore di questo oculare cadeva esso pure sul filo a piombo, e all'altro foco della lente prossima all'occhio era un reticolo fisso. Così poteva farsi che l'immagine del filo a piombo venisse ad esser coperta dal filo del reticolo, e ogni piccolo spostamento della scala o del teodolite, separando i fili, rendevasi evidente all'atto dell'osservazione.

Questo sistema utilissimo, per tutti i casi in cui non può aversi base abbastanza ferma, era inutile nel nuovo osservatorio, ove tutto era invariabilmente fissato, e le colonne di rame sono strette a vite sulla lastra di travertino stesso su cui posa il teodolite, e i piedi di questo sono inseriti nei fori di piastre ancor esse immobili sulla lastra medesima. Quindi il cannocchiale si è cambiato in un astronomico ordinario, di apertura e lunghezza focale maggiore del primo, cioè $0^m;45$, e fornito inoltre dell'oculare con filo mobile da vite micrometrica, oltre al sistema de'soliti fili fissi.

4°. Dal luogo del teodolite può vedersi la stella polare, aprendo una finestra che corrisponde ad un'apertura fatta nel tetto, che si chiude con sportello di zinco. Per controllare la stabilità del teodolite stesso, e per facilitare la determinazione delle declinazioni assolute, si è collocato in *F* (vedi la pianta)

un collimatore sostenuto da una robusta mensola di marmo murata nel muro.

Declinometro portatile.

5°. Questo strumento è rappresentato nella *Tav. I. fig. 4.*

PP'. Treppiede triangolare di ottone fornito di un circolo graduato *cc'*.

EF. Tavola di mogano fissata in testa all'asse metallico del treppiede suddetto. Su questa tavola sono disposti i pezzi seguenti

AB. Cassetta di legno in cui sta la sbarra magnetica sospesa a un filo di seta difeso dal tubo di cristallo DG: essa è munita di termometro *t* e di livello trasversale *l*.

Al capo F è un cannocchiale H col suo livello longitudinale.

Dall'altra parte E uno specchietto S mobile su di un asse orizzontale come uno strumento de' passaggi che serve a dirigere il raggio solare nel cannocchiale H quando lo strumento viene disposto nell'azimut del sole.

La calamita che può attaccarsi al filo è doppia. Una è un cilindro di acciaio vuoto internamente o collimatore, fornito ai capi di obiettivo e di scala graduata, lungo 10^{cm}, grosso 2^{cm}: ve n'è un altro eguale di ottone fornito di debole magnete per la determinazione della torsione, e più un semplice peso di rame per istorcere il filo. Una grave inavvertenza è stata commessa dall'artista, che ha fatto i pesi di questi tre capi disuguali, mentre dovrebbero essere identici: però vi si è rimediato.

L'altra è una calamita a collimatore simile, ma più sottile figurata nella *fig. 5* la quale può ricevere nella sua staffa un altro cilindro di bronzo di figura geometricamente esatta e servè alle oscillazioni della sbarra, onde determinare il momento magnetico nelle ricerche di intensità assolute, come vedremo a suo luogo.

La tavola EF era destinata in origine a essere fissata sulla base dello strumento *fig. 6* e non si è messa che provvisoriamente sulla base PP' *fig. 4*, presa da un livello ordinario per la comodità de' trasporti.

6°. Per determinare la declinazione con questo strumento, si trova prima il meridiano magnetico mirando al collimatore magnetico, e si legge il circolo: indi si toglie il collimatore sollevandolo col bottone D; allora si gira lo strumento nell'azimut del sole e si riflette il raggio luminoso dentro il cannocchiale H collo specchio S; l'angolo percorso sul circolo c è l'azimut relativo del sole e del meridiano magnetico. Dall'ora di osservazione, conosciuta mediante un cronometro, si cava l'azimut del sole e quindi si ha la distanza tra il meridiano magnetico e l'astronomico, ossia la declinazione magnetica.

Però la piccolezza di tutti questi pezzi, benchè squisitamente lavorati rende alquanto poco sicuro il loro servizio, talchè l'azimut solare è poco preciso; e noi abbiamo preferito l'uso di mire terrestri ad azimut ben noti e direttamente visibili senza l'uso dello specchio. L'apparato sarebbe poi più semplice e più sicuro togliendo il cannocchiale fisso H, e mettendo al luogo dello specchio S un cannocchiale che potesse inclinarsi come fa lo specchio stesso, per mirare direttamente al sole dopo tolta la cassa AB.

Osservazioni magnetiche.

7°. La collocazione del declinometro grande fu fatta provvisoriamente li 17 Aprile 1858, ma non fu cominciata la serie regolare delle osservazioni che al 1°. del prossimo seguente Maggio: però diverse mutazioni nel sito e nella maniera della sospensione, rendono queste prime osservazioni poco sicure nel valore assoluto, onde ne estrarremo solo quel tanto che spetta alle variazioni differenziali. Le osservazioni con tutti gli strumenti non cominciano regolarmente che col principio del 1859. Si hanno ancora varie osservazioni fatte tanto nel vecchio osservatorio, sotto la stanza del meridiano, quanto nel nuovo in un altro piccolo camerino, ma che per le molte lacune poco servono: però si conservano, perchè forse si avrà qualche opportuna occasione di farvi ricorso. Prima di esporre le osservazioni daremo un cenno delle rettificazioni fatte e delle determinazioni di alcune costanti.

(continua)

DI UN NUOVO SFIGMOGRAFO; DEL DOTT. MAREY.

Quando i fisiologi con istrumenti ed esperienze apposite intesero a misurare l'impulso dell'onda sanguigna dentro l'apparato circolatorio, i medici fra cui primo Herisson (1), vollero utilizzare quei risultati per lo studio clinico del polso; e architettando istrumenti capaci di apprezzare le altre di lui qualità colla stessa precisione e sicurezza con cui l'orologio a secondi ne valuta la frequenza, vollero sottrarre la sfigmica a quella indeterminazione di idee e di linguaggio, in cui la lasciarono la scuola Galenica e le succedanee, ed elevarla così a quel grado di esattezza e di rigore già raggiunto da altre parti della semeiotica e dal quale solamente essa può esser ridotta sussidio di non dubbia utilità all'arte della diagnosi e del prognostico.

Ma nè l'istrumento di Herisson, che era un vero *sfigmoscopio*; nè il *kymographion* (2) di Ludwig, modificazione dell'*emodinamometro* di Poiseuille: nè lo *sfigmografo* di Vierordt, raggiunsero esattamente l'intento. Non il primo perchè, se traduceva alla vista le forme del polso, non toglieva però loro le condizioni di fugacità e di indeterminazione, che presentano al tatto del dito esploratore; non il secondo perchè non può essere applicato che ad una arteria tagliata; per lo che è inseribile per gli usi clinici: non il terzo perchè a cagione delle condizioni della leva, la quale riceve gli impulsi del polso e li disegna sopra un cilindro uniformemente girante, descrive un zig-zag a oscillazioni eguali, le quali perciò non rivelano alcuna differenza di forma nel polso medesimo.

Nondimeno l'applicazione della leva, di cui Vierordt attinse il concetto dall'istrumento, con cui già King aveva reso apparenti i moti del così detto *polso venoso*, era buona; e Marey comprese bene potersi costruire su quel principio un istrumento, il quale, eliminando i difetti di tutti gli antecedenti e ri-

(1) Forse Herisson si era ispirato alla idea di *pulsilogo* di Santorio.

(2) Misuratore dell'onda.

dotto in forma e misura da potere essere agevolmente trasportato e applicato con facilità alla clinica, descrivesse una linea, la quale fosse la rappresentanza grafica permanente e ben determinata di tutte le diverse forme del polso.

Associata infatti la leva di King o Vierordt al cilindro girante del kymographion di Ludwig, l'una e l'altro però opportunamente modificati, Marey ha costruito il suo *sfigmografo*, il quale, facilmente portatile e applicabile all'avambraccio perchè la sua lunghezza non oltrepassa metri 0,15, si compone di un telajo metallico rettangolare, il quale connette e mantiene nei debiti rapporti di posizione le diverse parti dell'istrumento e serve ad applicarlo e fissarlo alla faccia anteriore dell'avambraccio. A questo ultimo oggetto è fornito di due alette, che articolate mobilmente sulla faccia inferiore dei suoi lati maggiori, abbracciano i margini radiale e ulnare dell'avambraccio; e affibbate l'una verso l'altra per mezzo di una stringa, che passa dall'una all'altra dietro l'avambraccio in anse raccomandate ad uncini appositamente esistenti nella faccia esterna delle alette medesime, fissano in posto il telajo rettangolare.

Il quale così applicato presenta al corpo uno dei suoi lati minori, che per brevità chiameremo *carpico*; mentre chiameremo *cubitale* l'altro minor lato, rivolto verso l'articolazione del cubito.

Su questo lato cubitale appunto è fissata per apposita vite la estremità di una delicata molla di acciaio, la quale scende sino presso il lato carpico tanto obliquamente da oltrepassare di qualche millimetro il piano inferiore del telajo metallico onde potere raggiungere l'arteria da esplorarsi e comprimerla colla sua libera estremità, la quale è a questo oggetto guarnita di un disco di avorio.

Sul lato carpico del telajo gira per uno dei suoi estremi una leva lunga ma leggiera (perchè sottile e di legno); la quale, movendosi nel piano verticale stesso della molla, ricorre verso il lato carpico di esso telajo medesimo; e oltrepassandolo di circa a tre centimetri, termina in una sottile ed elastica punta di acciaio, curvata orizzontalmente, colla quale deve delineare in apposito apparecchio da descriversi fra poco i moti impressi dalla arteria alla estremità libera della molla.

Alla faccia superiore della parte fissa di questa molla si articola a cerniera la estremità di un fusto, il quale procedendo esso pure verso il lato carpico del telaio, termina in altra libera estremità, che atteggiata a forma di un margine tagliente rivolto in alto va con questo a toccare la leva e darle appoggio in un punto molto vicino all'ipomoclio o centro di rotazione. Ed una vite, che si impana nella estremità libera del detto fusto traversandola verticalmente e appoggia colla sua punta sulla faccia superiore del disco eburneo della molla, mantiene sempre a contatto della leva il tagliente, regolando secondo i casi relativi alle differenze individuali la distanza fra la molla e il tagliente del fusto, e riceve dalla molla gli impulsi arteriosi, che trasmette al tagliente e per mezzo di questo alla leva. La quale mercè altra piccola e delicatissima molla sopraincombente, che è fissata per una sua estremità al lato carpico del telaio, resta obbligata sul lato tagliente del fusto tanto mollemente quanto serve a impedire che sotto gli impulsi arteriosi essa leva si rovesci o saltelli irregolarmente.

Un meccanismo da orologio, analogo a quello del kienografo di Ludwig, è fissato al lato cubitale del telaio; e spinge con moto uniforme verso il lato carpico (e perciò verso l'asse di rotazione della leva) una lastra di vetro, che, mantenuta per opportuno apparecchio in posizione verticale, viene a presentare una delle sue superfici appositamente affumicate alla punta elastica e orizzontalmente curva della leva; la quale, sollevandosi per la diastole arteriosa e abbassandosi per il proprio peso, ci disegna una traccia curvilinea composta di una serie di piccole oscillazioni, risultanti ciascuna di un tratto ascendente, che corrisponde alla diastole arteriosa, e di un tratto discendente, che corrisponde alla sistole. Egli è ora evidente che il numero di queste oscillazioni in uno spazio dato e perciò in un tempo dato, il rapporto di estensione fra i due tratti di ciascuna di esse e l'ampiezza dell'angolo fra quei due tratti compreso, debbono corrispondere ad altrettanti differenti caratteri, specialmente ritmici, del polso.

Che se lo sfigmografo viene applicato nel momento di respirazioni forzate o di dispnea morbosa, descriverà non solo le oscillazioni precedentemente indicate e corrispondenti alle si-

stole e diastole arteriose, ma ancora altre oscillazioni più ampie, delle quali l'istrumento non dà che una debolissima traccia se applicato sulle arterie del carpo mentre il respiro è naturale e normale.

Queste oscillazioni maggiori, comprendenti ciascuna una certa quantità delle altre oscillazioni minori, e composte esse pure di un tratto ascendente e di un tratto discendente, tengono esatta ragione di tempo e di numero colle respirazioni; e conseguentemente rilevano la influenza dei moti respiratorii sulla tensione arteriosa. La quale aumentando nel periodo espiratorio e decrescendo invece nell'ispiratorio, il tratto ascendente di ognuna delle grandi oscillazioni rappresenta le condizioni circolatorie durante la espirazione, il tratto discendente quelle durante la ispirazione.

Così lo sfigmografo va a prestare i suoi servigi alla medicina, non solo rivelando esattamente le varie forme del polso, ma ancora rappresentandole in esatta misura il grado delle alterazioni respiratorie, che senza questo sussidio non può il clinico misurare altro che in modo approssimativo.

Immaginato e costruito l'istrumento, Marey ha voluto con esso investigare le condizioni meccanico-idrauliche, per le quali ciascuna modalità di polso viene a prodursi. Sperimentando pertanto sopra a tubi elastici, di cui aumentava e diminuiva la tensione col lasciare loro delle aperture di scolo più o meno anguste, pervenne a riprodurre artificialmente il polso *dicroto*, il *celere*, il *lento*, insomma le varie forme del medesimo; e conseguentemente argomentando che ogni data forma di polso naturale doveva riconoscere le medesime cause produttrici che la corrispondente forma di polso artificiale, stabilì che la causa precipua delle diverse forme del polso è il grado della tensione arteriosa variabile alla sua volta e proporzionale alla difficoltà maggiore o minore, con cui il sangue traversa le arterie e i capillari. In coerenza di che stabilì che se la tensione arteriosa è molta, come quando i capillari sono contratti e poco permeabili, si produce il polso *raro*, *poco ampio* o *serrato*, *poco* o *niente dicroto*, e la leva descrive una ascensione estesa. Se invece la tensione è debole, come quando i capillari sono ben permeabili e liberi, il polso è *frequente*, *largo*, *decisamente dicroto*, e la leva eseguisce una breve ascensione.

Dopo le esperienze dirette a questo scopo, Marey ne ha intraprese altre all'oggetto di determinare le forme del polso proprie e caratteristiche delle singole malattie. E il saggio di studi, che ha recentemente pubblicato intorno le malattie valvulari del cuore e gli aneurismi delle arterie, sono una caparra sicura della utilità, che la diagnostica è per ritrarre dallo sfigmografo. Che se certi caratteri del polso particolarmente relativi alle modalità dell'impulso sfuggiranno forse sempre alla capacità dello sfigmografo per non rivelarsi mai altro che alla delicatezza del tatto esercitato del medico, ciò non pertanto, riguardo almeno ai caratteri sfigmici relativi al ritmo, quell'istrumento non può non riuscire di gran vantaggio alla clinica, e perciò di molto merito all'inventore.

COME SI POSSANO OTTENERE DELLE VERIFICAZIONI SPERIMENTALI
DELLA LEGGE CON CUI VARIA LA DURATA DELLE OSCILLA-
ZIONI DEL PENDOLO AL VARIARE DELLA INTENSITA' DELLA
GRAVITA'; NOTA DEL PROF. PIETRO DOMENICO MARIANINI.

Verso l'estremità *d* di un regolo *ed* (*Tav. III. fig. 1.*) sia infitto normalmente alla sua faccia anteriore rispetto a chi guarda la figura un cilindretto metallico *c*, il quale sporga alquanto anche dalla faccia posteriore, e sia egualmente distante dalle altre due facce longitudinali. Quella parte del cilindretto che sporge posteriormente entri a fregamento dolce in un foro cilindrico praticato in un altro regolo *ba*, e sporgendo colla sua estremità anche dalla faccia posteriore di questo secondo regolo, sia applicata a questa estremità una capocchia, la quale impedisca che il cilindretto sorta, ma permetta che il regolo *de* ruoti intorno all'asse del cilindretto restando fermo il regolo *ba*. Questo sia sostenuto da un apposito piede, e sia disposto orizzontalmente ed in modo che la sua faccia anteriore ri-