

GEOGRAFIA FISICA

- I. — Le attrazioni locali.**
- II. — G. SCHWEIZER.** Untersuchungen einer in der nache von Moskau stattfindende Local-attraction.
- III. — EDUARD PECHMAN.** Die abweichung der Lothlinie.
-

I.

Le attrazioni locali.

In generale si paragona la figura della terra, a quella di uno sferoide generato da un'elisse, che si rivolge intorno al suo asse minore. Si arrivò a questo concetto sulla forma generale del nostro pianeta, considerando la questione da un punto di vista specialmente teorico, e appoggiandosi sopra ipotesi cosmogoniche, le quali hanno un non piccolo fondamento di verità. È noto universalmente, che Newton e Huygens dimostrarono dapprima, non potere la sfera essere la figura di equilibrio di una massa rotante, fluida o coperta in gran parte di fluido, come è la terra; e che Maclaurin e Clairant dimostrarono in seguito, altra figura non potersi meglio attribuire ad una simile massa, che quella di un elissoide schiacciato ai poli di rotazione.

Questo concetto teorico intorno alla figura della terra, quantunque confermato in massima dalle celebri spedizioni geodetiche di Laponia e del Perù, promosse verso la metà del secolo scorso dall'Accademia delle scienze di Parigi, non è tuttavia vero nel senso assoluto della parola, e avrebbe un'idea falsa nella mente chi, dietro al medesimo, credesse di potere ad un tale elissoide ridurre la terra, quale essa nel fatto si rivela con tutti i suoi accidenti, e con tutte le sue molteplici varietà di struttura e di conformazione. Studiando il problema della figura generale del nostro pianeta sotto un punto di vista pratico e geodetico, si è necessariamente condotti alla persuasione, che il concetto di una figura geometrica della terra è del tutto vago ed indeterminato, ed ha qualche valore solamente nel campo delle astrazioni. La figura di uno sferoide di rivoluzione ellittico, attribuita generalmente alla terra, è certamente molto prossima alla vera, ed anche preferibile ad ogni altra, perchè indicata dalla teoria come la forma, che ha dovuto a preferenza di ogni altra adottare la terra, alloraquando si compose in equilibrio nello stato della fluidità primitiva; ma le grandi operazioni geodetiche non confermano punto tale figura con quel rigore, ed entro quei limiti di esattezza, che, in questioni di simile natura, deve esistere fra la teoria e la sua applicazione, fra i fatti e i concetti astratti.

Se il nostro pianeta fosse un elissoide perfetto di rivoluzione, la teoria dimostra, che due misure di archi di meridiano, intraprese in latitudini molto differenti, basterebbero a determinarne la grandezza del raggio equatoriale, e la quantità dello schiacciamento. Ma quando si prendono gli archi diversi misurati per mezzo di operazioni lunghe e dispendiose in luoghi diversi della terra, e si combinano i medesimi a due a due, invece di trovare uno schiacciamento unico il quale soddisfaccia a tutte le misure entro i limiti dei loro errori probabili, si ottengono per la detta quantità dei valori talmente diversi, da fare con ragione dubitare, se veramente la terra abbia la figura che risulta dalla teoria. Si attribui alla terra la forma di un elissoide a tre assi, supponendo che l'equatore sia ellittico, e che i meridiani siano elissi fra loro disuguali; si suppose che il meridiano generatore della superficie terrestre fosse una curva del quarto ordine; ma queste ipotesi non bastarono a mettere fra loro d'accordo i risultati di tutte le misure finora compiute, e mostrarono sempre più la impossibilità di conciliare i medesimi con una figura della terra geometrica-

mente definibile. Ros Clarke in una ricerca riguardante le dimensioni e la figura generale della terra, prese a considerare le misure principali di archi meridiani finora eseguite. Fra le medesime vi è quella risultante dalle operazioni geodetiche inglesi incominciate nel 1784, compiute nel 1853; vi è la meridiana di Francia; vi sono l'arco minore indiano di Lambton; l'arco maggiore indiano di Lambton e di Everest; l'arco di Bessel e di Baeyer in Prussia; il grado di Schumacher nell'Holstein; il grado di Gauss nell'Annover; l'antico grado del Perù, pel quale la situazione eccezionalmente favorevole compensa la minor precisione delle operazioni; finalmente l'arco russo di G. Struve. Egli condusse i calcoli seguendo due ipotesi differenti, cioè quella dello sferoide ellittico, e quella in cui si suppone il meridiano uguale ad una certa curva di quarto ordine, il cui raggio vettore contiene una parte costante, più una seconda proporzionale al seno della doppia latitudine, più una terza proporzionale al coseno della doppia latitudine. L'una o l'altra di queste due ipotesi lasciano fra la teoria e l'osservazione sussistere discrepanze di uno stesso ordine, e questo lavoro veramente colossale di Ross Clarke dimostrò da una parte non esservi finora ragione di abbandonare, per quel che riguarda la figura matematica, astratta della terra, l'ipotesi dello sferoide ellittico, dall'altra parte dimostrò, che ogni figura geometrica, attribuita a priori alla terra, lascia poi nel fatto sussistere anomalie e discrepanze, a spiegare le quali non basta la considerazione degli errori inevitabili in ogni genere di osservazioni.

Si attribuisce la ragione di tali anomalie agli accidenti singolarissimi di struttura e di conformazione della superficie terrestre; anzi nelle grandi operazioni geodetiche compiute fino ai nostri giorni si riconobbe costantemente, che l'ipotesi d'una esatta curvatura elissoidale della terra non può ammettersi neppure per un breve tratto di paese, essendo dovunque più o meno turbata dall'influsso delle attrazioni locali sulla direzione del filo a piombo, direzione la quale determina la latitudine e la longitudine astronomica di ogni punto della superficie terrestre. Tutto questo può a prima giunta parere oscuro a chi non ha la mente abituata a questo genere di concetti; ma a farsi una chiara idea di quello che i geodeti intendono sotto il nome di attrazioni locali, e a capire come esse possano talora spiegare interamente le anomalie delle quali qui è discorso, basta fissare la mente su alcune poche considerazioni.

La figura matematica della terra è quella sotto cui si costituirebbe in equilibrio la superficie delle acque dell'oceano, quando queste penetrassero nei continenti con una rete di infiniti canali comunicanti da un mare all'altro. Su questo sferoide terrestre così concepito la direzione del filo a piombo, o della gravità, in un dato punto, è identica a quella della normale in quel punto stesso. Sulla superficie della terra però la distribuzione delle masse è stranamente irregolare, e queste masse sparse irregolarmente attorno ad un dato punto non possono a meno di avere una qualche influenza sulla direzione del filo a piombo in quel punto stesso, poichè è legge generale che i corpi si attraggono proporzionalmente alle masse, inversamente al quadrato della distanza, nè v'è dubbio che la vicinanza d'una grande montagna non debba, per l'attrazione che la sua massa esercita, deviare in modo sensibile la direzione del filo a piombo.

Gli accidenti del terreno attorno ad un dato punto turbano adunque in quel punto stesso la direzione della gravità, e fanno sì che in quel medesimo punto la direzione di quest'ultima non coincida più con quella della normale corrispondente alla figura ipotetica e geometrica della terra. Ma d'altra parte nel collocamento d'uno strumento geodetico qualunque, non può il suo asse verticale altro trovarsi che nella direzione della gravità, quale realmente è prodotta dalle circostanze speciali del punto di stazione; e se questa direzione della gravità devia dalla direzione della normale, anche l'asse verticale dello strumento ne devierà; e la determinazione astronomica ottenuta per mezzo di un tale strumento non coinciderà più con quella per altra via ottenuta, considerando lo sferoide ipotetico terrestre, in cui le direzioni della gravità e della normale coincidono per ogni punto. In tal modo vengono naturalmente spiegate parte di quelle discrepanze, che nelle operazioni geodetiche si incontrano fra i risultati diretti dell'osservazione, e quelli dati dal calcolo nell'ipotesi d'una figura geometrica elissoidale della terra.

Già Bougnier nella misura del grado peruviano era stato condotto ad esaminare l'effetto, che l'attrazione del Chimborazo poteva avere sulla direzione del filo a piombo. Beccaria attribuiva, senza alcuna esitazione, all'influsso delle Alpi pennine la grande discordanza, che esiste fra il grado torinese e il risultato complessivo degli altri. Il fenomeno delle attrazioni locali da gran tempo forma l'oggetto dello studio e della meditazione dei geo-

deti, e specialmente nell'Italia superiore la sua esistenza si mostrò in modo veramente sensibile e straordinario. Fra Andrate e Mondovì la meridiana di Beccaria presenta una discordanza fra l'amplitudine geodetica e l'astronomica che arriva a 48"; tale è la somma delle deviazioni del filo a piombo in Mondovì e in Andrate nella direzione del meridiano; le deviazioni assolute sono senza dubbio maggiori. Fra Milano e Parma la somma di tali deviazioni giunge a 20"; e anomalie simili furono trovate nella direzione del parallelo fra Milano e Torino, fra Torino e il Cenisio.

I fenomeni di attrazione locale sono però assai complessi e talora non così facilmente esplicabili nelle loro manifestazioni. In Inghilterra i valori dell'attrazione locale risultanti dal paragone delle latitudini osservate con quelli corrispondenti all'elissoide osculatore si avvicinano molto ai valori determinati, studiando la conformazione e la densità del terreno circostante, per modo che le ineguali attrazioni locali bastano a spiegare tutte le anomalie osservate. Le ricerche fatte presso i monti Sheshallien, Cenisio e Artur's Seat hanno dato per la direzione della gravità delle deviazioni, delle quali la massa di queste montagne basta a dare completamente ragione. Ma esistono deviazioni del filo a piombo, delle quali è impossibile assegnare una causa qualunque sulla superficie della terra. Il terreno fra Milano e Parma essendo quasi perfettamente piano, e le Alpi da una parte, gli Apennini dall'altra essendo molto distanti, non si potrebbero spiegare i 20" di deviazione osservati fra le latitudini di queste due città colla sola azione delle irregolarità del suolo, ma è forza ricorrere alla supposizione d'un ineguale ripartimento della densità negli strati sotterranei. Un fenomeno analogo si incontra nelle vicinanze di Mosca, e del medesimo si tratterà a lungo più sotto. Succede ancora che in alcuni luoghi dove la conformazione del terreno fa presentare una deviazione del filo a piombo, questa non è confermata dal fatto. Bouguer aveva calcolato, che alla base del Chimborazo la deviazione del filo a piombo doveva essere di 103"; l'esperimento diretto non diede che 7". Similmente Pratt trovò, che la massa gigantesca degli Himalaya doveva esercitare alla stazione di Kaliana, la quale termina a nord la gran meridiana dell'India, una deviazione di 28"; le osservazioni astronomiche combinate colle geodetiche non diedero per la medesima più di 4"; nell'arco franco-inglese che da Formentera va fino a Saxavord

soli due punti mostrano una deviazione; Eveaux in Francia e Cowhyte in Scozia, il primo di 7", 6 il secondo di 10".

A spiegare questi ultimi fatti Airy immagina che lo strato solido della crosta terrestre non debba essere terminato nella sua parte inferiore, dove essa si appoggia sul nucleo liquido e rovente, da una superficie unita; ma che le asprezze della superficie esterna di essa crosta si riproducano sulla superficie interna, in guisa che una montagna venga a constare di due protuberanze, delle quali l'una si solleva esteriormente nell'atmosfera, l'altra stà rivolta in giù pescando nella materia fusa centrale. Tale disposizione Airy reputa essenziale all'equilibrio delle singole parti della crosta terrestre sostenute dal suddetto fluido, e siccome la densità di questo si deve supporre più grande che la densità della crosta, ne deriva per questo fatto una ripulsione del filo a piombo, la quale equilibra in parte l'attrazione che la protuberanza esterna esercita sul medesimo. (G. V. Schiaparelli nella *Rivista italiana* pel 1862).

Baeyer crede che le deviazioni del filo a piombo possano attribuirsi a tre cause principali, all'attrazione cioè delle montagne, agli ineguali rapporti di densità degli strati sottoposti alla superficie della terra, ed alle speciali giaciture geognostiche. Se poi queste tre cause coesistano, se esse si mostrino separate oppure unite, se esse possano reciprocamente distruggersi o non, tutte queste sono questioni, la cui soluzione Baeyer lascia a ragione alle operazioni geodetiche avvenire. I pochi fatti finora noti in questa questione tanto intricata non permettono affermazioni troppo assolute, ed è troppo contrario all'indole delle indagini moderne l'abbandonarsi a induzioni precipitate e incompiute, le quali non abbiano un fondamento sufficiente nell'ordine dei fatti esistenti.

Qualunque cosa si possa pensare delle cause di queste attrazioni locali, Laplace, Bessel, Airy e gli altri, che si occuparono delle medesime, le considerarono nei calcoli aventi per oggetto la figura generale della terra come errori di osservazione, e supposero che i loro effetti operando ora in un senso ora in un altro si distruggano nel risultato generale.

Da questo modo speciale di considerare le attrazioni locali, nasce la necessità di dare alle operazioni geodetiche, dirette alla determinazione della figura della terra, la massima estensione possibile in tutti i sensi, poichè solo in operazioni di tale natura

può sperarsi, che nella moltitudine delle determinazioni gli errori locali meglio si compensino, e che ove abbiano luogo delle grandi ed estese aberrazioni dalla figura dello sferoide ellittico, esse si pongano in evidenza. Nascono da questo modo di considerare le attrazioni locali inoltre tutte quelle norme direttrici delle grandi operazioni geodetiche progettate in questi ultimi tempi in Europa, alle quali è a desiderare che l'Italia possa prendere quella parte, che la singolare conformazione del suo suolo le assegna, e vi dimostri un'attività grande e per ogni riguardo degna dell'importanza delle questioni a risolvere, e delle proprie tradizioni scientifiche.

II.

G. SCHWEIZER — *Untersuchungen ueber die in der nache von Moskau stattfindende Local-attraction.*

Le cose, che vennero dette nel capitolo precedente in modo astratto, appariranno certamente in più chiara luce, prendendo ad esame il caso particolare e concreto, che forma l'oggetto di alcune pubblicazioni di Schweizer, direttore dell'osservatorio dell'Università di Mosca.

Fra i molti lavori geodetici eseguiti dallo stato maggiore dell'impero russo, vuole pure essere annoverata la triangolazione intorno a Mosca, in seguito indicata col nome di triangolazione di Mosca. Essa si appoggia ad una base speciale misurata nelle vicinanze della città stessa, e si svolge, come intorno a proprio centro, tutto all'ingiro della torre di Iwan-Weliki situata nell'interno di Mosca, e visibile per un gran tratto di paese da ogni parte. Durante le operazioni che ad essa si riferiscono, fu innalzato un osservatorio temporario nelle vicinanze dell'Università, fu determinata la latitudine astronomica del medesimo, e questa trasportata in seguito, per mezzo di triangoli a ciò opportuni, alla torre di Iwan-Weliki. Per tal modo fu trovata la latitudine di quest'ultima uguale a $55^{\circ} 44' 51'',56$; risultato che vuole essere considerato così come se la latitudine fosse stata osservata direttamente sulla torre stessa.

Nella triangolazione di Mosca però furono determinate astronomicamente ancora le latitudini di sette altri punti; da queste latitudini vi possono evidentemente per mezzo dei triangoli misurati, e per mezzo delle dimensioni dello sferoide terrestre determinate dalle grandi operazioni geodetiche dedurre altrettanti valori della latitudine di Iwan-Weliki, e tutti questi valori devono necessariamente coincidere con quello più sopra ricordato entro ai limiti degli errori di osservazione, quando la triangolazione sia esatta, quando non siasi fatto alcun errore di osservazione e di calcolo, e quando nessuna attrazione locale eserciti la sua influenza perturbatrice nè sulla latitudine astronomica di Iwan-Weliki, nè su quella di alcune degli altri sette punti.

Eseguido però il calcolo, prendendo le dimensioni dello sferoide terrestre quali furono determinate da Bessel, questa coincidenza non si verifica; anzi paragonando la latitudine astronomica di Iwan-Weliki con ciascuna di quelle geodeticamente dedotte dagli altri sette punti della triangolazione di Mosca, si trova fra le medesime una differenza quasi costante, che oscilla intorno al valore medio di $11'',30$. Tutte le latitudini geodeticamente dedotte per Iwan-Weliki sono maggiori di quella direttamente determinata dalle osservazioni astronomiche di circa undici secondi, differenza così grande, che non può essere spiegata per mezzo degli ordinari errori di osservazione, ma che accenna o ad un errore nella triangolazione, o a qualche causa perturbatrice di natura ignota.

Nè solo la triangolazione di Mosca vuole per Iwan-Weliki una latitudine più grande, che quella data dalle osservazioni astronomiche, ma punti appartenenti ad altre triangolazioni danno risultati analoghi. La triangolazione di Twer e di Nowgorod, la quale riposa sopra la base di Mosca, ha tre punti pei quali fu pure determinata la latitudine astronomica; dai medesimi, eseguendo calcoli analoghi a quelli indicati per le sette stazioni della triangolazione di Mosca, si deduce per Iwan-Weliki una latitudine geodetica maggiore in media di $10'',1$ della astronomica. La triangolazione di Mosca è collegata inoltre per tre punti a quella di Smolensk. Per uno di questi punti, Smolensk, fu determinata pure astronomicamente la latitudine, e il valore di questa trasportato geodeticamente a Iwan-Weliki dà per questa stazione una latitudine ancora maggiore di $9'',3$ della astronomica. Finalmente la triangolazione di Mosca è pure collegata per mezzo di

cinque punti con quella di Pietroburgo. La latitudine astronomica di Pietroburgo, ($59^{\circ} 56' 29'',7$ pel centro della torre del palazzo dell'accademia delle scienze) può attraverso alle triangolazioni di Pietroburgo, Twer e Mosca essere geodeticamente trasportata alla torre di Iwan-Weliki. Il calcolo dà per quest'ultima stazione ancora una latitudine geodetica maggiore dell'astronomica di otto secondi.

La costanza e la grandezza del valore di questa differenza ottenuta partendo da punti così variamente sparsi intorno a Iwan-Weliki è veramente degna di attenzione. Soprattutto importa di fissare la mente sopra le differenze ricavate dalle sette stazioni appartenenti alla triangolazione stessa di Mosca. Queste differenze sono, nei limiti degli errori di osservazione, uguali fra di loro, e ciò dimostra chiaramente, che qualunque sia la causa, la quale per Iwan-Weliki produce le anomalie osservate, questa causa cessa di agire in ognuna delle sette stazioni in questione, e poichè fra queste le più prossime distano da Mosca in media poco più che 75 chilometri, resta ben limitato il campo, nel quale vuole essere rintracciata la causa dell'anomalia osservata.

La prima idea che naturalmente si presenta alla mente, quando si tenta indagare tale causa, è che possa essere incorso uno sbaglio o nella triangolazione di Mosca, o nella determinazione della latitudine astronomica di Iwan-Weliki. Schweizer esamina e l'una e l'altra di queste ipotesi, e le trova contraddette dal fatto. Trova bensì la latitudine astronomica di Iwan-Weliki maggiore di $1'',7$ di quella data dalle osservazioni anteriori, ma ciò malgrado, rimane pur sempre per questa stazione una discrepanza media di $8'',9$ fra la latitudine geodetica e l'astronomica di cui la causa resta a rintracciare. Eliminati gli sbagli di osservazione, e di calcolo, bisogna ricercare altrove questa causa, e ricorrere dapprima all'esistenza di una forte attrazione locale, quantunque questa in un paese relativamente piano e poco accidentato, quale è quello che si estende attorno a Mosca, debba riescire interamente strana ed inaspettata.

Ad indagare più da vicino questo fenomeno singolarissimo, Schweizer ideò di determinare in molti punti sparsi tutto all'ingiro di Mosca la latitudine astronomica, e di paragonare la medesima con quella dedotta geodeticamente, per mezzo di una triangolazione, onde avere nell'andamento delle differenze, per questo modo ottenute, un criterio, che valga a fare meglio cono-

scere la natura dell'anomalia data dai lavori anteriori per la latitudine di Iwan-Weliki. L'esecuzione di questo disegno fu a più riprese interrotta, e potè solo essere attuato in modo meno incompiuto nel 1858. Le latitudini astronomiche in un numero non piccolo di punti furono determinate dapprima con un teodolite di Ertel, e con uno strumento universale pure di Ertel, in seguito con un circolo verticale di Repsold, strumento portatile ed esatto insieme, già da qualche tempo usato con grande vantaggio dagli astronomi di Pulkowa, e dagli ufficiali di stato maggiore russo. Per ogni stazione furono osservate almeno due stelle, una polare l'altra equatoriale, e ciascuna stella fu osservata otto volte.

Dall'insieme di tutte queste osservazioni Schweizer dedusse che esiste una zona, cui egli distingue col nome di zona centrale, nella quale le differenze fra la latitudine geodetica e l'astronomica sono uguali a zero; a nord di questa zona tutte le differenze sono positive, a sud della medesima tutte sono negative. A partire da tal zona, verso Nord e verso Sud, le differenze crescono rapidamente, a settentrione con segno positivo, a mezzogiorno con segno negativo, finché dai due lati raggiungono un valore massimo di circa otto secondi, a sud qualche po' più grande che a nord. Raggiunto questo limite, il valore assoluto di queste differenze decresce lentamente, e diventa nullo a nord ad una distanza dalla zona centrale compresa fra 35 e 40 chilometri, mentre a sud le osservazioni non toccarono ancora i punti, pei quali queste differenze ridivengono uguali a zero.

Sotto al meridiano di Mosca si trova il massimo delle differenze positive nelle vicinanze di Iwan-Weliki, il massimo delle differenze negative nelle vicinanze di Dydyldino; fra i luoghi del massimo positivo e quelli del massimo negativo corre una distanza di 25 chilometri circa; quelli hanno in media una latitudine di $55^{\circ} 45',0$; questi di $55^{\circ} 34',0$ e poichè il massimo delle deviazioni è a nord uguale a $+ 7'',5$ a sud uguale a $- 9'',8$, così per un arco meridiano di 786 secondi si ha una deviazione totale del filo a piombo dalla normale di circa 17 secondi, deviazione veramente straordinaria.

La sede della causa, che produce questa deviazione, vuole essere naturalmente cercata in quel tratto di terreno, che corre fra la zona delle massime differenze positive, e quella delle massime differenze negative; sotto al meridiano di Mosca fra Iwan-Weliki e Dydyldino ad una latitudine di $55^{\circ} 38',4$. In questo tratto di paese

però la superficie nulla presenta, a cui si possano attribuire le anomalie dimostrate dalle osservazioni; non vi si incontrano nè grandi elevazioni, nè grandi depressioni di terreno, nè masse considerevoli di monti, nè valli profonde; astrazion fatta da poche e deboli ondulazioni di terreno, il paese tutto intorno a Mosca vuole essere considerato come assolutamente piano. La causa della deviazione del filo a piombo può quindi trovarsi soltanto negli strati terrestri sottoposti alla superficie; esiste nelle vicinanze di Mosca una attrazione locale di natura interamente speciale, sia essa poi originata o da un eccesso o da un difetto di massa esistente nelle viscere stesse della crosta terrestre.

Schweizer, studiando più da vicino l'andamento delle differenze ottenute dalle osservazioni più sopra ricordate, conchiude, che la causa perturbatrice, della quale qui è questione, può derivar soltanto da un difetto di massa; questo difetto provenga poi alla sua volta o da strati terrestri di considerevole estensione, dotati di una densità relativamente piccola o da caverne enormi, le quali s'incontrino sotto alla superficie della terra; in quella zona che circonda Mosca. Si potrebbe del pari rendere ragione delle deviazioni osservate, supponendo che da Mosca verso nord, e da Dydyldino verso sud la crosta terrestre risulti da materie notevolmente più dense, che fra Mosca e Dydyldino; ma in questo caso dovrebbero, là dove verso nord e verso sud cessano gli strati di maggiore densità, nascere deviazioni analoghe a quelle osservate intorno a Mosca, solo con differenti segni. Le operazioni eseguite non danno in proposito conferma alcuna, nè, secondo Schweizer, altra ipotesi, fuori che quella di un difetto di massa presentato dagli strati terrestri sottoposti alla superficie, può per ora dare meglio ragione della forte attrazione locale, dimostrata dalla triangolazione di Mosca.

Naturalmente la questione non fu finora esaurita, nè studiata sotto a tutti i suoi punti di vista. Le osservazioni di Schweizer riguardano soltanto le latitudini, nè permettono di investigare l'effetto dell'attrazione locale altro che nella direzione del meridiano; ma ad ottenere l'influenza intera di questa attrazione, e a conoscere la deviazione totale del filo a piombo dalla normale, sono ancora necessarie altre osservazioni. Appunto a questo scopo O. Struve consigliò di fare una livellazione accurata di tutti i dintorni, per eliminare le influenze delle ineguaglianze esterne della superficie del terreno, che potrebbero qua e là non essere interamente trascurabili, e propose inoltre di fare determinazioni

precise di longitudini e di azimuti, perchè dalle medesime escano fuori le deviazioni del filo a piombo in direzioni diverse da quelle del meridiano; nè sarebbe inopportuno l'eseguire ancora col pendolo alcune esperienze dirette sulla gravità, onde portare nello studio della questione criteri di un ordine diverso, da quello che nasce dalle osservazioni finora eseguite. Tutte queste questioni offrono un interesse anche maggiore per noi, in quanto che il fenomeno incontrato nelle vicinanze di Mosca ha una analogia grandissima con quello, ricordato nel capitolo precedente, che avviene fra Milano e Parma, e certamente i criteri che guidano ora nella soluzione del problema presentato dalle triangolazioni russe, dovranno in avvenire guidare pure quegli scienziati italiani, che saranno chiamati a studiare più da vicino il fenomeno presentato dal nostro suolo.

Non v'è dubbio che le ricerche geodetiche ed astronomiche non bastano da sole a dare una soluzione completa del problema; questo vuole pure essere studiato sotto altri punti di vista, e fra questi è specialmente importante il punto di vista geologico. Inoltre alcune osservazioni di magnetismo terrestre eseguite da Meien nel 1853 appunto nel paese, che presenta l'anomalia, della quale qui a lungo si è già discusso, diedero risultati veramente strani. Prendendo Mosca per punto di origine, furono trovate, per le inclinazioni dell'ago calamitato in alcune stazioni circonvicine, anomalie dalle inclinazioni date dalla teoria, le quali raggiungono perfino un grado, e per l'intensità totale del magnetismo terrestre furono trovate variazioni ben maggiori di quelle, che, trattandosi di distanze così piccole, si potevano sospettare. Per quanto arcano sia il nesso che lega quest'ordine di fatti a quello della deviazione dal filo a piombo, pure la loro coesistenza nei dintorni di Mosca merita qualche attenzione, e meglio studiata varrà forse a dare qualche luce su questo problema complesso delle attrazioni locali, del quale Mosca presenta solo un caso particolare.

III.

EDUARD PECHMANN. — *Die abweichung der lothlinie bei astronomischen beobachtungsstationen und ihre berechnung als erforder-niss einer gradmessung.*

Ross Clarke nel suo « Account of the principal triangulation » of Great Britain and Ireland, and of the figure, dimensions and » mean specific gravity of the Earth » assegna per sedici stazioni astronomiche della rete la quantità della deflessione del filo a piombo nella direzione nord-sud, deducendola da un calcolo minuzioso dell'attrazione del terreno circostante fino alla distanza di cinquanta miglia inglesi, equivalenti a quarantaquattro d'Italia, tutto all'intorno. Per eseguire questa operazione lo spazio circolare del raggio sopradetto fu prima livellato con diligenza, e quindi con cerchi concentrici diviso in ventiquattro anelli, e ciascuno di questi con quaranta piani verticali passanti pel centro fu diviso in altrettanti quadrilateri. Ogni quadrilatero fu preso per base di un solido prismatico avente per altezza la differenza di livello fra il luogo centrale dove era la stazione astronomica, e il luogo della superficie fisica della terra, dove sta il prisma. Scompartita così la massa del terreno, era facile calcolare la deflessione prodotta nel filo a piombo da ciascun prisma, deflessione positiva nella direzione dove il terreno andava elevandosi, negativa nel senso delle depressioni. La risultante di tutte queste deflessioni parziali costituiva la deviazione totale cercata.

Questa ricerca di Ross Clarke fu feconda di importanti risultati. Essa dimostrò che anche in regioni ordinarie e dove il terreno pende dolcemente, le attrazioni locali possono diventare sensibili all'osservazione, e che per questo non è necessaria la prossimità di montagne colossali. Dimostrò del pari che le grandi masse orizzontali di terreno distanti anche oltre a cinquanta miglia possono avere un'azione notevole sul filo a piombo quando esse non sieno distribuite uniformemente tutto all'intorno. Così l'intera Irlanda produce nella stazione trigonometrica di Tawnaghmore, contea di Mays, una deviazione dal filo a piombo di circa un

secondo. Inoltre nella più gran parte dei punti per cui fu eseguita la ricerca sopra descritta, la deviazione calcolata a priori spiega sufficientemente la differenza fra i risultati geodetici e gli astronomici, senza però darne interamente conto in ogni caso.

Appoggiandosi specialmente a quest'ultimo risultato dei calcoli di Ross Clarke, il generale Schubert, direttore dei lavori topografici dell'impero russo, propose che nel problema riguardante la determinazione della figura della terra, si dovessero prima eliminare dai dati astronomici le deflessioni locali, investigando le medesime nel modo che fu praticato in Inghilterra. Secondo Schubert l'introduzione di queste correzioni è necessaria, poichè per essa vengono tutte le osservazioni astronomiche molto meglio rappresentate da uno stesso sferoide. Questa proposta fatta da Schubert all'accademia delle scienze di Pietroburgo è grave, e suscitò nel seno dell'accademia stessa qualche discussione. Otto Struve e Doellen l'hanno in ispecial modo combattuta, soprattutto perchè le ineguaglianze del suolo, quantunque sieno una fra le cause di deflessione del filo a piombo, non ne sono però l'unica causa. Nei paragrafi precedenti noi abbiamo ricordati esempi di deflessioni sensibili là dove non esistono ineguaglianze di suolo, ed esempi di ineguaglianze grandissime, che non producono deflessioni di sorta. A ragione quindi Struve e Doellen pensano che, applicando le correzioni proposte da Schubert, non si arriverebbe già a distruggere l'influsso degli errori locali, solo lo si diminuirebbe, qualora fra le cause esterne e note e le cause sotterranee ed ignote non esistessero delle relazioni necessarie. Ma per la teoria dei sollevamenti è molto probabile che ogni protuberanza sia accompagnata da tali fenomeni interni, che valgono a modificare e forse a compensare in parte la sua azione sul filo a piombo; e nel caso in cui l'ipotesi di Airy, da noi ricordata nel capitolo primo, dovesse entrare nel numero dei fatti accertati, una relazione necessaria verrebbe a stabilirsi fra le cause esterne e le cause interne di deviazione del filo a piombo. In questo caso lo applicare le correzioni proposte da Schubert sarebbe un atto arbitrario che niuna critica scientifica potrebbe giustificare.

L'autore però della pregevole memoria, che forma l'oggetto di questo capitolo, si accosta piuttosto alle idee di Schubert, che non a quelle di Struve e di Doellen. In una serie di paragrafi veramente interessanti egli svolge le formole opportune al calcolo delle attrazioni, che gli accidenti del terreno esercitano sul filo a

piombo in una determinata stazione. Sventuratamente non può essere nell'indole di questa rassegna di entrare nel campo delle formole svolte dall'autore sui diversi casi speciali, e in quello più generale, ch'egli prende a considerare. Solo è lecito ricordare le applicazioni delle proprie formole, che egli fa a qualche caso concreto. Le medesime riguardano alcune anomalie incontrate nella triangolazione del Tirolo e l'autore tenendo conto delle attrazioni locali, ne dà perfettamente ragione, e ottiene risultati i quali si accordano perfettamente fra di loro e coll'ipotesi di uno stesso sferoide terrestre. Pechmann ne deduce senza esitazione che una misura di grado, fatta senza tenere calcolo delle deviazioni del filo a piombo prodotte dalle ineguaglianze della superficie terrestre, non può essere che un'opera incompiuta, e che tenendo conto delle medesime si ha ragione di aspettare un risultato più prossimo al vero che in ogni altro caso. Certamente il caso speciale studiato da Pechmann conferma questa affermazione, pure essa è forse troppo generale ed assoluta, nè in alcun modo distrugge le gravi e fondate obiezioni, che contro alla medesima si possono muovere.

GIOVANNI CELORIA.