

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCI.

1894

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME III.

2° SEMESTRE



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1894

« Nel caso particolare delle rocce vulcaniche del Lazio, se si omettono i punti distinti, si può essere in generale certi, che i valori ottenuti, collocando l'istrumento di misura a distanza sufficiente ma presso a poco sempre eguale, rappresentano effettivamente il magnetismo proprio delle rocce, non essendo molto frequenti i punti in cui la perturbazione superi 7°. Perciò nelle mie ricerche successive non terrò di regola conto del magnetismo indotto dall'ago, ma ogni qualvolta però mi sarà possibile, esaminerò rocce orientate in modo che l'induzione tra ago e roccia sia minima ».

Fisica terrestre. — *Sulle indicazioni strumentali del terremoto giapponese del 22 marzo 1894.* Nota di GIULIO GRABLOVITZ, presentata dal Corrispondente TACCHINI.

« Dall'anno 1886, cioè da quando le ricerche geodinamiche, sotto il nuovo indirizzo dato dal Governo agli studii sismici, vennero dirette in modo speciale all'analisi dettagliata dei vari movimenti del suolo che costituiscono il terremoto (1), la sismologia andò acquistando nuove cognizioni e conquistando nuovi orizzonti, cui invano aspiravano i mezzi primitivi od i metodi non appropriati del tempo addietro.

« Vero si è peraltro che non mancano osservazioni anteriori in cui l'odierno sismologo deve apprezzare l'oculatezza di singoli osservatori che, inconsci delle nuove teorie e dei metodi moderni, diedero tuttavia importanza a fatti misteriosi, attribuendoli già allora a disturbi d'indole tellurica; e così dicendo voglio alludere ad oscillazioni relativamente ampie sorprese in pendoli di varia lunghezza (da cui sorse il tromometro), nelle livelle astronomiche ecc. senza palese perturbazione della quiete del suolo.

« Ciononpertanto i mezzi d'osservazione in oggi esistenti sono ancora ben lungi dal dare il giusto peso a qualsiasi forma di movimento del suolo; gli strumenti esistenti hanno semplicemente apportato nuova luce nell'argomento, ed ora conviene aspettare da future ricerche la soluzione del problema meccanico, il quale è senza dubbio complesso.

« In oggi infatti è accertata la produzione di oscillazioni di svariatissimi periodi ed ampiezze. Da quelle rapidissime e minute, ma rovinosissime, che costituiscono i terremoti vibratorii nell'epicentro, a quelle lentissime ed ampie che passano inavvertite ai nostri sensi, ma sono le più grandiose e son dovute alla propagazione da centri lontani, il divario è tanto grande che invano si aspetterebbe da uno solo degli strumenti esistenti la registrazione di ogni qualità di moti.

(1) Veggansi gli Annali 1886 dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica: Prefazione del prof. P. Tacchini, *Relazione* dello scrivente e *Memoria* del meccanico Brassart.

« Il principio della massa stazionaria certo costituisce in oggi il cardine dell'analisi dei moti del suolo; ma allorchè le oscillazioni sismiche sono di una certa lentezza (specialmente da un minuto secondo in più), non abbiamo strumento in cui la massa raggiunga in pratica la stazionarietà effettiva, la quale viene turbata dalle condizioni strumentali e principalmente dalla tendenza alla posizione di riposo, da resistenze e da attriti impossibili a togliersi completamente. Quando, all'opposto, i moti sono minutissimi e rapidissimi, in guisa da dare l'impressione d'un suono (rombo) la necessità della amplificazione meccanica per la registrazione viene contrariata dall'inerzia delle leve impiegate a tale scopo, le quali certamente non possono seguire nella sua immensa rapidità il moto che dovrebbero registrare amplificato.

« Per tali motivi la massa stazionaria non è valsa finora a registrare soddisfacentemente che le oscillazioni avvicinandosi con la frequenza di 2, 3 o 4 per secondo o poco al di fuori di questi limiti.

« Soddisfacenti risultati si hanno in oggi dai pendoli lunghi (da 5 a 10 metri) con masse di parecchi miriagrammi e perfino d'un quintale, mediante i quali si ottiene la registrazione di oscillazioni aventi periodi completi di 10, 20 e più minuti secondi. Ma giova considerare che dessi non fungono più quali masse stazionarie, ma quali gravi pendolari che mantengono la verticale alla presenza di vere ondulazioni della superficie terrestre; si tratta insomma, non più di movimenti *lineari*, ma di movimenti *angolari*.

« E che tali movimenti sieno angolari non v'ha alcun dubbio; vero si è che a stretto rigore anche questa qualità di moto si può scindere nelle tre componenti lineari, ma nello stato presente dei mezzi di osservazione non si può ancora aspirare alla diretta registrazione di tali componenti, perchè per ottenerla converrebbe avere il modo di librare la massa in modo da renderla perfettamente astatica in qualunque senso, od almeno tanto vicina all'astaticità, che la durata delle sue oscillazioni in qualunque direzione dello spazio corrispondesse almeno al triplo delle più lunghe onde sismiche; la risoluzione di tale problema in pratica è resa oltremodo difficile dalla necessità di ridurre gli attriti e le resistenze al di là di quanto siasi finora ottenuto nei più delicati apparecchi d'altro genere, perchè in caso diverso la massa seguirebbe senz'altro i lentissimi movimenti dell'ambiente, anzichè mantenersi inerte.

« I sistemi meccanici che in oggi ci forniscono la prova della realtà di queste grandi onde, si possono concretare in due generi, cioè nei pendoli e nelle livelle; i pendoli si possono suddividere in tre specie, cioè:

« 1) Pendoli lunghi (da 5 a 10 metri) con oscillazioni complete di cinque secondi in più;

« 2) Pendoli comuni (di un metro, come nei sismometrografi o di m. 1,50 come nei tromometri) che battono il secondo o poco più;

« 3) Pendoli orizzontali o conici, e pendoli astatici di varie forme, il

cui periodo oscillatorio può venire regolato a piacimento entro limiti larghissimi.

« Nei pendoli lunghi il movimento angolare si traduce in un movimento lineare, che amplificato coi sistemi registratori ordinari è abbastanza apprezzabile; senonchè il loro periodo d'oscillazione è già tanto lungo da equivalere in qualche caso a quello del suolo, talchè i moti sono suscettibili all'amplificazione derivante dal sincronismo. È certo peraltro che al passaggio di onde alquanto più lunghe, essi si dispongono sulla verticale senz'acquistare oscillazioni proprie, se non in grado trascurabile.

« I pendoli che battono il secondo all'incirca hanno il vantaggio di disporsi sulla verticale quasi immediatamente al passaggio di onde di lunga durata, ma il moto angolare si traduce in un moto lineare troppo piccolo per riuscire registrabile nelle attuali condizioni dei registratori meccanici.

« I pendoli orizzontali ed astatici, avendo in generale le proprietà dei pendoli lunghi, hanno per la piccola dimensione il vantaggio d'andare esenti da perturbazioni inevitabili nei pendoli lunghi, ma in cambio l'analisi dei loro moti (specialmente nei pendoli orizzontali con lieve inclinazione) riesce molto complessa, senza considerare che un movimento alquanto ampio potrebbe anche invertire meccanicamente le condizioni della loro posizione di quiete.

« In tutti i sistemi pendolari poi, l'inerzia delle masse è causa di movimenti strumentali più o meno pregiudizievole alla fedeltà delle registrazioni.

« La livella al contrario è pressochè completamente scevra d'inerzia; del resto ha la proprietà del pendolo di lunghezza pari al suo raggio di curvatura assiale, talchè quando la durata dell'oscillazione del suolo è alquanto minore dell'oscillazione strumentale, la bolla non giunge ad acquistare la sua nuova posizione d'equilibrio durante l'intervallo stesso; perciò l'angolo dato dalla livella può essere inferiore al vero, e l'osservatore può trarre un criterio di tale inferiorità dal periodo delle ondulazioni.

« Da tutto ciò si comprende che la sismografia ha ancora un ideale da raggiungere, cioè quello della massa assolutamente stazionaria, altrimenti detta punto fermo o neutro; ma intanto conviene trarre profitto dai mezzi esistenti.

« Il servizio nell'isola d'Ischia essendo stato fondato col concetto di studiare le manifestazioni locali, io ebbi nella scelta e nell'impianto degli strumenti questa e non altra mira nei primordi; perciò anche nei sismometrografi a tre componenti mantenni il principio di tollerare lievi attriti, condizione convenientissima per lo studio dei movimenti bruschi del suolo, allo scopo di smorzare i moti residui dipendenti dall'inerzia ed altri moti strumentali capaci talvolta di disordinare le registrazioni in modo da renderle indecifrabili.

« Tuttavia essendo utilissima pure l'osservazione di terremoti lontani, eliminai per quanto possibile gli attriti nel sismometrografo a registrazione continua, ed ora mi occupo pure dell'impianto d'un pendolo di 4 metri con una massa di 90 chilogrammi. Ho inoltre impiantato una coppia di pendoli

conici destinati, per le ragioni anzidette, a dare il solo allarme mediante il contatto elettrico, talchè al primo giungere d'una ondulazione lontana l'osservatore può ispezionare tosto le livelle, che a mio giudizio costituiscono il mezzo più adatto a tal genere d'osservazione. E di ciò mi convinsi viemmaggiormente in occasione del terremoto del 22 marzo a. c.

« Come ebbi a comunicare al sig. direttore del R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica, il mio assistente, incaricato di osservare le livelle quanto più spesso è possibile, le sorprese alle 12^h 22^m di quel giorno in ampia oscillazione. Tali livelle, impiantate nell'osservatorio della Grande Sentinella in Casamicciola, mi furono fornite dall'Istituto ottico meccanico Salmoiraghi di Milano; la scala è divisa in 90 parti equidistanti di 3 mm.; nella livella situata nel senso del meridiano una parte corrisponde ad 1" 52; in quella situata nel senso del parallelo una parte equivale ad 1" 55. Tutte e due sono solidamente fissate al pilastro sismico ed ora, dopo un periodo di adattamento, si mantengono pressochè immobili o subiscono lente e piccole variazioni, talvolta in coincidenza con fenomeni sismici lontani.

« All'ora indicata del 22 marzo la bolla della livella Sud-Nord oscillava di 4 parti (corrispondenti a 6" 08) e quella Ovest-Est oscillava di 2 in 3 divisioni (3" 10 a 4" 65 = in media 3" 875); ogni oscillazione completa durava circa 6 minuti secondi; le oscillazioni verso Nord della prima coincidevano con quelle verso Est della seconda, talchè ne risulta la direzione di N. 32° 30' 39" E. a S. 32° 30' 39" W. e l'ampiezza di 7" 21, certamente inferiore alla vera per le ragioni anzidette. L'estremità meridionale della bolla Nord-Sud che in istato di quiete prima e poi segnava 13' 9, nelle sue escursioni verso Sud toccava appena 13, mentre in quelle verso Nord arriva a 17; da questa circostanza che non ammetteva incertezza, mi parve poter dedurre che, a somiglianza delle onde liquide, la maggiore inclinazione ne accusasse la provenienza, nel qual caso il radiante si sarebbe trovato dal lato di N.-E.

« Avvisato del fenomeno mi recai sul posto con la speranza di sorprendere l'arrivo dell'onda dalla parte opposta, ma in tre ore d'attenta osservazione nulla più avvenne.

« Calcolato il circolo massimo terrestre coincidente con la direzione osservata (trascurando lo schiacciamento), ne ottengo i seguenti elementi:

Longitudine del nodo ascendente coll'equatore	= 22° 35' W. Casamicciola
	ossia 9° 0' W. Greenwich
Inclinazione sull'equatore	= 65° 58'

« Questo circolo massimo, da Casamicciola verso N-E, dopo la nostra penisola incontra l'Ungheria, la Russia e la Siberia e passando al Nord del Giappone prosegue in pieno Oceano Pacifico. Esclusi i paesi vicini stante la lunga durata delle ondulazioni, non mi parve dover ricercare l'epicentro nella Russia o nella Siberia, regioni di poca o niuna attività sismica, ma mi sof-

fermai al Giappone, ed ecco alcune coordinate corrispondenti in quei paraggi al circolo massimo indicato, con le distanze da Casamicciola, da cui si scorge che la linea calcolata passa pel Nord dell'isola Yeso, cioè:

Longitudine Est Greenwich	Latitudine Nord	Distanza da Casamicciola
135°	52° 49'	Km. 8185
140°	49° 7'	" 8725
145°	44° 30'	" 9362

« L'apprezzamento della distanza dell'epicentro, pure quando si faccia a base matematica, anzichè sui concetti qui sopra esposti, è sempre vago, essendo variabile il cardine principale a ciò necessario, vale a dire la velocità di propagazione. Questa può essere costante tra un centro sismico ed una determinata stazione, perchè in tal caso i terreni attraversati sono sempre gli stessi, ma l'osservazione ci rivela che la velocità di propagazione varia a seconda del mezzo.

« L'istante del primo urto dell'epicentro, ancorchè non se ne conosca la posizione, può venire fornito con grande approssimazione dal ritardo in cui vediamo giungere le onde trasversali rispetto alle longitudinali, perchè sappiamo che la velocità delle prime è la metà di quella delle seconde; occorre peraltro che le une e le altre arrivino, e con insufficiente intervallo, nel nostro punto d'osservazione, mentre quando l'epicentro è vicino facilmente si sovrappongono e confondono, e quando esso è molto distante possono arrivare le onde trasversali e non le longitudinali. Quest'ultimo caso è forse il più frequente nell'isola d'Ischia che in base a qualche fatto credo essere poco sensibile alle scosse longitudinali di centri esteriori; talvolta le scosse del continente arrivano estremamente indebolite fino alla parte orientale dell'isola senza estendersi.

« Nel terremoto del 22 marzo non vi fu traccia di onde longitudinali in questi strumenti, ma questa non è ancora una prova assolutamente negativa. A stabilirla varrà l'impianto, che sto facendo, d'un pendolo lungo, destinato appunto allo studio dei terremoti lontani, mentre per eventuali fenomeni locali è opportuno mantenere nelle loro presenti condizioni gli strumenti già impiantati.

« Pertanto, a calcolare la probabile distanza dell'epicentro mi valgo dei dati del supplemento geodinamico N. 103 del R. Ufficio Centrale, secondo cui il primo urto arrivò a Rocca di Papa, a Siena ed a Roma ad 11^h 37^m istante che senza dubbio si riferisce alle onde longitudinali. A 12^h 8^m appaiono a Rocca di Papa le lunghe oscillazioni ed a ciò s'accordano le altre relazioni; a Casamicciola le livelle trovate ancora in quiete *poco prima* dei confronti cronometrici che si fanno al mezzodì vero (12^h 11^m 18^s t. m. M E C) vengono

sorprese nella massima agitazione a $12^{\text{h}} 22^{\text{m}}$, talchè nulla contraddice quella esplicita indicazione delle $12^{\text{h}} 8^{\text{m}}$. Ritenuta la velocità di propagazione delle onde longitudinali = 300 chilometri al minuto primo e quelle delle trasversali = 150 km., l'istante t del terremoto all'epicentro e la distanza di questo d , si ricavano dalle seguenti equazioni:

$$t + 300 d = 11^{\text{h}} 37^{\text{m}} = 697^{\text{m}}$$

$$t + 150 d = 12^{\text{h}} 8^{\text{m}} = 728^{\text{m}}$$

da cui:

$$t = 666^{\text{m}} = 11^{\text{h}} 6^{\text{m}}; \quad d = 9300 \text{ km.}$$

Questi risultati erano già stati da me ottenuti e comunicati senza pretesa ad altri studiosi; quando venni a conoscenza del terremoto avvenuto nella parte settentrionale del Giappone a $7^{\text{h}} 28^{\text{m}}$ pom. di tempo medio locale, pari ad $11^{\text{h}} 8^{\text{m}}$ MEC del 22 marzo.

« A dissipare i dubbi che ancora si muovono sulla realtà della forma geometrica sottintesa dall'espressione di *onda trasversale*, credo che bastino le osservazioni alle livelle ed ai pendoli lunghi, non potendosi immaginare altra forma verosimile che giustifichi completamente quegli spostamenti evidentemente *angolari* a periodo così lento. Per ottenerne una prova più diretta converrebbe fissare due cannocchiali ad angolo retto fra di loro, rivolti verso due punti bene individuati, allo scopo d'osservare le oscillazioni non appena gli strumenti sismici dessero l'allarme. In base a calcoli eseguiti posso asserire che la massima escursione angolare della mira si otterrebbe qualora la distanza tra questa ed il cannocchiale fosse = $0' 65$ della lunghezza dell'onda completa; questa peraltro è variabile; pure se la lunghezza delle grandi onde si aggira intorno a 50 chilometri, la distanza più conveniente delle mire dal cannocchiale sarebbe di circa 30 km.

« Questo mezzo peraltro è sempre subordinato alla visibilità della mira ed alla fermezza e chiarezza dell'immagine, per cui resta a desiderarsi l'invenzione della massa astatica per la componente verticale che nel moto ondoso è la più ampia. Il poter conquistare direttamente questa componente con mezzi meccanici, fornirebbe la prova più sicura della sua realtà ed a ciò tendono in oggi le mie esperienze ».