

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCIX.

1902

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1902

ottiene per $2 \frac{UV}{U+V} RT$ (colonna A), mentre invece non si può ritenere che esatto relativamente all'ordine di grandezza il valore di D' (colonna B).

I valori di U e V non vengono però influenzati da questa incertezza. Essi sono quindi un po' meno esatti dei valori di $(1-n)$, ma sono però di gran lunga più esatti dei valori di D'' .

I precedenti risultati sono sufficienti per dimostrare l'attuabilità pratica di questo metodo di misura. Essi non possono però ancora riguardarsi come esempio di tutta l'esattezza cui si può giungere, perchè le misure furono eseguite cogli apparecchi di cui si disponeva e che non erano certamente i più convenienti.

Mi riservo di dare fra breve tempo una serie di misure eseguite con apparecchi speciali, e di dedurne allora alcune importanti conseguenze sperimentali.

Fisica terrestre. — *Propagazione dei terremoti.* Nota di GIULIO GRABLOVITZ, presentata dal Socio BLASERNA.

Il problema della propagazione dei terremoti è da lungo tempo oggetto di ricerche da parte degli studiosi di geodinamica, senza aver raggiunto ancora una favorevole soluzione; il che se da una parte è da ascrivere alle imperfezioni degli strumenti e dei dati, specialmente in quanto concerne la precisione cronometrica, d'altra parte è dovuto all'indole stessa del fenomeno che, nelle odierne condizioni della registrazione, si presenta in modo vago e spesso mal definito.

Senza fare distinzione d'apparecchi, nè discutere le ragioni del loro differente comportamento, è fuor di dubbio che dal complesso delle registrazioni ottenute coi metodi moderni emergono tre fasi principali, le quali riescono ben distinte nei terremoti di lontana provenienza, confuse in quelli meno lontani, sovrapposte nei vicinissimi; fra quelli il tipo per noi più comune e frequente è quello dei terremoti giapponesi, che all'ingrosso si presentano con le seguenti fasi:

- 1) Impulsi rapidi che giungono in Italia circa un quarto d'ora dopo il principio del terremoto all'epicentro e si protraggono per parecchi minuti.
- 2) Moti rallentati più ampi dei precedenti, 10 minuti dopo, ossia 25 minuti dopo il principio all'epicentro.
- 3) Ingresso d'oscillazioni lente (periodo 15 secondi) 30 minuti dopo la prima fase o 45 dopo il principio all'epicentro; queste oscillazioni raggiungono ordinariamente la loro massima ampiezza da 5 a 10 minuti dopo il loro ingresso e vengono precedute da oscillazioni lentissime (periodo 1 minuto) di poca ampiezza rivelate da strumenti di squisitezza speciale.

Questa terza fase si protrae a volte qualche ora, senza che se ne possa precisare l'estinzione, a misura della sensibilità degli apparecchi.

Lungi dal voler entrare nel campo della teoria di tali movimenti, sperimentalmente accertati, non mi pare superfluo accennare che in questi ultimi anni venne accettata con favore l'ipotesi delle oscillazioni longitudinali e trasversali, le prime delle quali rappresenterebbero la prima delle dette fasi, e le seconde la terza, lasciando insoluta la seconda fase, che è tanto evidente, ma che poté in addietro venire trascurata o confusa con la prima.

Comunque siasi, la presenza di tre fasi distinte è in oggi generalmente riconosciuta, anche senza considerare le oscillazioni lentissime precorritrici della terza fase, le quali specialmente nei terremoti provenienti da un quarto di cerchio massimo di distanza si accentuano agli apparecchi migliori.

Gl' intervalli fra l'inizio delle tre fasi e le loro durate crescono a misura della distanza, e conseguentemente apparisce più esteso tutto lo sviluppo del sismogramma; è logico dunque ammettere che un rapporto debba esistere fra gl' intervalli in questione e la distanza dell'epicentro. Chiusque abbia seguito con attenzione i risultati da me esposti nel Bollettino della Società Sismologica Italiana ed altrove, avrà osservato che di frequente calcolai per approssimazione la probabile distanza dell'epicentro, come fecero anche altri, pur senza la pretesa d'elevare a metodo una formola semplicissima che, in un'epoca in cui male conoscevansi le fasi e peggio gl'istanti dei fenomeni sismici osservati, non poteva essere che grossolanamente approssimata.

Questa formola consisteva nel coefficiente di Ch 300 per ogni minuto d'intervallo fra il principio della prima fase e quello della terza fase, ed era il risultato necessario della supposizione del Cancani, che cioè le oscillazioni longitudinali dell'ipotesi Wertheim avessero la velocità di Ch 5 al secondo e le trasversali quella di $2\frac{1}{2}$; l'Agamennone, avendo in seguito trovato altri valori per le due velocità, revocò in dubbio l'applicabilità di quel coefficiente, ma è un fatto che se al primo impulso si attribuisce una velocità uniforme di chilom. 8,3 a 10,6 (in media 9,45) al secondo, in base all'analisi dell'A. (V. *Il terremoto dell'India del 12 giugno 1897 registrato in Europa*, Rendiconti Lincei, 1° maggio 1898) ed al principio della terza fase quella realmente uniforme di chilom. 3,3 assegnatagli dall'Oldham (quella di 2,7 calcolata dall'A. riferendosi alla massima fase e non al principio), questi due valori combinati non darebbero un coefficiente molto differente da quello; infatti, data la distanza K dell'epicentro in chilometri, l'intervallo in minuti M tra gli arrivi delle due specie di moto sarà espresso dall'equazione:

$$M = \frac{K}{198} - \frac{K}{367}$$

da cui:

$$K = \frac{112266 M}{567 - 138} = 304,25 M,$$

risultato ottenuto, come vedesi, da dati non miei e su terremoti avvenuti posteriormente all'adozione del suddetto coefficiente.

Nell'adottare ora l'uniformità della velocità del primo impulso, non ho fatto che tenere presente quanto l'A. recentemente insegnava nella nota in calce a pag. 55 del vol. III del Bollettino della Società Sismologica Italiana sull'inutilità dell'impiego di equazioni quadratiche. È certo che volendo considerare uniforme pure la progressione d'una serie di quadrati di

numeri interi come 4, 9, 16, 25, 36,
si ottiene la progressione rettilinea 2, 10, 18, 26, 34,

che di poco se ne discosta, per cui avendo da fare con dati grossolani, per piccole distanze, non resta nulla di meglio da ricavare; ma su grandi distanze e con dati più attendibili forniti da osservatori competenti la cosa cambia aspetto, ed ora m'accingo a dimostrare a quali modificazioni possa andare realmente soggetto il coefficiente di chilom. 300 dietro il miglioramento dei metodi d'osservazione.

Tra gl'insigni scienziati esteri che più seriamente accolsero come argomento di studio l'intervallo che decorre dal primo impulso alla fase massima, mi piace notare il Milne, di cui sono note le pubblicazioni fatte nei rapporti annuali alla « British Association for the advancement of Science », l'Oldham, che recentemente pubblicò apposita Memoria dal titolo: *On the propagation of earthquake motion to great distances*, nelle « Philosophical Transactions of the Royal Society of London », ed il Belar, che adottò il coefficiente di chilom. 300 per calcolare nei suoi bollettini la probabile distanza dell'epicentro.

I confronti fatti fra gli apprezzamenti del Belar ed i miei mi convinsero non esser cosa tanto facile il valutare l'istante esatto dell'ingresso delle oscillazioni lente, poichè sebbene i sismogrammi fossero dati da due strumenti quasi identici (pendoli orizzontali del mio sistema) e riuscissero molto analoghi, la stima della distanza riusciva spesso alquanto differente nel primo apprezzamento. Del pari nella Memoria dell'Oldham l'elenco dei quattro dati, rappresentanti il principio delle tre fasi ed il massimo della terza, offre talvolta a parità di distanza epicentrale sensibili divergenze che non possono ascriversi ad un differente modo di propagazione dell'onda sismica, ma debbono invece attribuirsi a cause strumentali o ad apprezzamento individuale.

Perciò, stante la difficoltà di apprezzamenti sicuri e le incertezze dell'ora, nonchè dell'ubicazione epicentrale, non mi parve il caso di applicare metodi rigorosi a singoli casi, nè ai risultati d'una sola stazione, pur dotata di molti e svariati apparecchi, come questa d'Ischia, ma estesi invece i calcoli ad un grande numero di dati e di stazioni, confidando nella reciproca eliminazione degli errori anzidetti.

A ciò si prestano benissimo i dati compilati dall'Oldham che riguardano i seguenti terremoti:

1. Giappone 22 marzo 1894.
2. Argentina 27 ottobre 1894.
3. Giappone 15 giugno 1896 e due repliche.
4. Giappone 31 agosto 1896.
5. India 12 giugno 1897.
6. Giappone 5 agosto 1897.
7. Turkestan 17 settembre 1897 ed una replica.

Le stazioni, di cui egli utilizzò i dati, ed il numero di questi per ogni singola stazione e fase, figurano qui appresso;

	I	II	III Pr.	III M.	Totale		I	II	III Pr.	III M.	Totale
Catania	6	7	2	8	23	Charkow	3	2	1	0	6
Ischia	9	14	10	12	45	Edimburgo	1	1	2	0	4
Padova	5	1	4	1	11	Nicolajew	3	5	3	1	12
Pavia	1	0	2	1	4	Potsdam	0	2	1	0	3
Roma	11	9	16	15	51	Shide	2	2	4	3	11
Rocca di Papa	7	12	20	18	57	Strasburgo	2	1	0	0	3
Siena	2	2	2	2	8	Totale Estero	11	13	11	4	39
Totale Italia	41	45	56	57	199	Totale generale	52	58	67	61	238

Questi dati con le distanze epicentrali calcolate dall'Oldham mi servono ai calcoli che fo seguire; secondo il diagramma dell'Oldham, il ritardo in minuti primi, in cui le varie fasi perequate succedono al primo impulso epicentrale, è dato dalla seguente tabella:

Distanze in gradi:	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
I ^a fase	(2.7)	5.2	7.3	9.1	10.6	12.0	13.2	14.3	15.2	16.0	16.7	17.2	17.7
II ^a "	(4.7)	8.9	12.4	15.5	18.2	20.6	22.6	24.2	25.6	26.6	27.3	27.8	28.1
III ^a " Principio (5.4)	11.1	16.6	22.3	27.8	33.5	39.0	44.8	50.3	(56.1)	(61.5)	(67.2)	(72.7)	
" " Massimo (6.5)	13.2	19.7	26.2	33.0	39.4	46.1	52.9	59.5	(66.0)	(72.7)	(79.2)	(85.7)	

I valori tra parentesi al principio appartengono ai tratti punteggiati per incertezza delle curve dell'Oldham; quelli alla fine sono da me completati, perchè eccedono i limiti del diagramma; i dati su cui si basano sono compresi fra 27° 5' e 120° 9' dall'epicentro, per cui quelli appartenenti a 20° ed a 130° sono extrapolati.

Il Milne a sua volta, a pag. 66 del quinto tra i citati rapporti (1900), dà una tabella rappresentante gl' intervalli fra i tremoti preliminari e la massima fase di 20 terremoti registrati in varie stazioni estere dal 30 agosto 1896 al 20 gennaio 1900, soli 4, dei quali sono comuni con quelli trattati dall'Oldham. Tenuto conto delle sole osservazioni di Shide, Kew e Toronto, che ne costi-

tuiscono il maggior numero, e disponendole a gruppi secondo la distanza, ne ottengono le seguenti medie:

Distanza media in gradi:	22° 4	37° 8	58° 4	80° 6	99° 8
Intervallo in minuti:	8.8	14.9	24.2	36.9	49.7

le quali s'accordano soddisfacentemente coi valori che dà la suesposta tabella fra la I fase ed il massimo della III, e ciò è importante se si considera che i soli 11 dati di Shide dell'elenco Oldham riguardano i 4 terremoti in comune coll'elenco del Milne, mentre gli altri 227 ne sono indipendenti.

L'Oldham tratta tutti casi in cui riescono distinte le tre fasi, mentre il Milne non considera che la massima fase in relazione al primo impulso, sopra terremoti, il più vicino dei quali ha l'epicentro a 16° di distanza. Restano dunque esclusi terremoti vicinissimi; ciò peraltro non impedisce di rilevare che mentre da distanze di un quarto di cerchio massimo il primo impulso giunge con la velocità di 10 chilometri al secondo, a minori distanze non si trova la stessa velocità, anzi presso all'epicentro si trova compresa fra 2 e 3 chilometri al secondo. Nè è a credersi che questo risultato riguardi forse terremoti di speciali località, poichè gli stessi terremoti giapponesi ed indiani che qui giungono con quella elevatissima velocità, entro l'area di maggiore scuotimento si propagano con velocità moderata, come lo dimostrano le analisi dell'Omori e dell'Oldham; e la convinzione in sì moderata velocità è tanto invalsa (e giustamente), che i più illustri sismologi nel riportare le ore all'epicentro da località circovicine impiegano il valore di chilom. 3 al secondo, non già quello di chilom 10, benchè a loro non ignoto.

La ragione di quest'apparente anomalia mi sembra risiedere in un fatto semplicissimo; le oscillazioni della terza fase, che a grandi distanze giungono con periodo assai rallentato, rappresentano, qualunque sia la forma che loro vogliasi attribuire, movimenti assai più ampi di quelli microsismici della prima fase; questi a grandi distanze non vengono registrati che da apparecchi di forte amplificazione, quelle dai pendoli a lungo periodo; ma sfuggono entrambi alla percezione dei sensi e ad apparecchi grossolani, gli uni per la loro esiguità, le altre per la loro lentezza. Peraltro, presso all'epicentro la lunghezza dell'onda della terza fase sarà certamente di gran lunga minore, ed è forse questa la fase che si rivela di preferenza, sia ai nostri sensi, sia negli effetti sugli edifici, sia agli strumenti più grossolani. Ma vi è un'altra circostanza: come ho già asserito e come si vedrà dagli ulteriori procedimenti, la velocità della prima fase è realmente crescente; presso l'epicentro pare essere tanto moderata da essere precorsa dalla terza fase, cosicchè anche dai sismogrammi più perfetti e delicati non è il caso di rintracciare per alcuna delle tre fasi nemmeno un accenno alla velocità di 10 chilom. al secondo, che con tanta sicurezza si riscontra alla distanza di un quarto di cerchio massimo.

Nel seguente quadro figurano:

- a) le distanze medie in gradi;
- b) i valori medi primitivi;
- c) i valori calcolati col primo risultato in arco e corda;
- d) i valori modificati, con accanto i rispettivi errori in centesimi di minuto:

	a	b	c		d	
			arco	corda	arco	corda
I ^a fase	56.69 ^o	11.68 ^m	11.45 + 23	11.42 + 26	11.44 + 24	11.49 + 19
	67.19	12.37	12.67 - 30	12.74 - 37	12.67 - 30	12.77 - 40
	82.34	14.17	14.31 - 14	14.34 - 17	14.31 - 14	14.32 - 15
	86.09	14.55	14.70 - 15	14.71 - 16	14.70 - 15	14.67 - 12
	93.60	15.82	15.45 + 37	15.36 + 46	15.46 + 36	15.29 + 53
	Somma errori 1.19 1.42 1.19 1.39	
II ^a fase	40.09	14.90	15.03 - 13	14.97 - 7	15.04 - 14	14.92 - 2
	64.55	21.02	20.66 + 36	20.83 + 19	20.65 + 37	20.82 + 20
	79.19	24.22	23.68 + 54	23.72 + 50	23.67 + 55	23.74 + 48
	86.82	24.40	25.18 - 78	25.12 - 72	25.17 - 77	25.15 - 75
	88.80	25.56	25.56 - 0	25.46 + 10	25.55 + 1	25.50 + 6
	Somma errori 1.81 1.58 1.84 1.51	

dal quale si scorge che l'arrotondamento delle potenze frazionarie x apporta differenze inconcludenti ed in qualche caso un vantaggio, mentre nel complesso gli errori sono tutti inferiori a $\frac{4}{5}$ di minuto. Di gran lunga maggiori risulterebbero gli errori considerando la velocità direttamente proporzionale alla distanza.

Resta a vedersi quale sia la via che più logicamente gli urti sismici percorrono, cioè se l'arco o la corda; le differenze tra gli errori mi paiono troppo esigue per decidere la questione; piuttosto gli esponenti vi si prestano sotto il punto di vista della semplicità, cioè col preferire i due esponenti rappresentati dalla frazione di $\frac{2}{3}$ che corrisponde alla radice cuba del quadrato e che sta in relazione con la corda nella prima fase, con l'arco nella seconda, fatto che mi pare logico se non dimostrato.

Il principio della terza fase mi dà per risultato un percorso uniforme di 1° in 0^m 5711; il massimo della stessa 1° in 0^m 6592, cui s'approssimano soddisfacentemente i valori del diagramma Oldham.

Dai valori trovati si ricava il seguente quadro riformato:

Distanze in gradi.	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
I ^a fase	3.7	5.9	7.7	9.3	10.7	11.9	13.1	14.1	15.0	15.8	16.6	17.2	17.7
II ^a "	6.0	9.5	12.4	15.0	17.4	19.7	21.8	23.8	25.8	27.7	29.5	31.2	32.9
III ^a fase (principio)	5.7	11.4	17.1	22.8	28.6	34.3	40.0	45.7	51.4	57.1	62.8	68.5	74.2
" " (massimo)	6.6	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.1	52.7	59.3	65.9	72.5	79.1	85.7

e pei primi 10°:

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
I ^a fase	0.80	1.27	1.67	2.02	2.34	2.65	2.94	3.21	3.47	3.72
II ^a "	1.28	2.04	2.67	3.24	3.76	4.24	4.70	5.13	5.56	5.96

Combinando le formole, risulta che la prima fase procede da principio con minor velocità della terza, in guisa che appena a chilom. 302 dall'epicentro le due fasi arrivano contemporaneamente.

Per meglio convincermi dell'inalterabilità dei coefficienti trovati per varie distanze, ho voluto scindere il calcolo, trattando separatamente i sette terremoti, e ne ho ottenuto i seguenti risultati:

	Distanze	I	II	III Pr.	III M.
7. Turkestan	41.7	20.06	1.29	0.57	0.74
5. India	65.5	19.14	1.29	0.61	0.67
1. Giappone	80.2	19.35	1.35	0.53	0.65
4. "	83.6	17.45	1.36	0.60	0.67
6. "	85.5	18.75	1.24	0.53	0.67
3. "	88.0	20.32	1.30	0.57	0.62
2. Argentina	107.4	20.70	1.14	0.54	0.67

che non rivelano alcuna legge collegata alla differente distanza media dell'epicentro dalle stazioni europee di cui si utilizzarono i dati, il segno degli errori essendo saltuario.

Con ciò sono ben lungi dal voler fissare che tali coefficienti siano gli stessi per qualsiasi natura di terreno; al contrario, sono convinto ch'essi non s'attagliano che al grosso andamento delle perturbazioni sismiche considerate su grandi distanze, in cui riesce più completa la reciproca compensazione delle anomalie. Queste potranno venir messe in evidenza soltanto da perfezionati metodi d'osservazione e la loro ricerca in oggi sarebbe prematura.

Tenuto dunque conto:

1) che nell'analisi dei terremoti nell'area ove vengono avvertiti dal pubblico, raramente si eccede il migliaio di chilometri;

2) che nei dati orari del maggior numero di stazioni in luogo del primo impulso viene apprezzata una fase più avanzata, ed anche questa soffre ritardo nel venire rilevata;

3) che i coefficienti della velocità, considerati costanti nell'analisi di terremoti lontani, possono subire invece grandi modificazioni su piccole distanze per prevalenza di terreni più o meno favorevoli alla rapidità della propagazione;

4) che la stessa terza fase, della velocità accertata di chilom. 3 al secondo nell'area epicentrale è più sentita e precorre alle altre;

5) che la profondità dell'epicentro, trascurabile in gran parte su grandi distanze, può influire molto su distanze più brevi; è certo che occor-

rono osservazioni precise, fatte coi migliori strumenti, per dedurne quelle leggi che invano si tenta di trarre da informazioni narrative ed inesatte. Intanto mi spiego benissimo come i terremoti, studiati fino alla distanza di un migliaio di chilometri, possano dare l'illusorio risultato d'una velocità uniforme.

Riguardo poi al coefficiente di chilom. 300, è chiaro che una volta accettata la variabile velocità della prima fase, debba anch'esso divenire variabile secondo le distanze; dal quadro ricavato dalle formole si ottiene il seguente rapporto entro i limiti di distanza, da cui provengono i terremoti con tre fasi ben distinte, cioè:

Distanze	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
Rapporto	329	310	298	289	281	275	269	265	260

talchè si scorge che il grossolano coefficiente di chilom. 300 non era poi tanto distante dalla realtà.

Con ciò sono lontano dal presumere d'aver dato risultati definitivi; ho voluto semplicemente dissipare qualche equivoco e dimostrare la stretta necessità di adottare strumenti che forniscano con la maggiore nitidezza possibile il distacco delle fasi sismiche, e di procedere fino allo scrupolo nel loro campionamento cronometrico che in oggi lascia dovunque, fatte poche eccezioni, moltissimo a desiderare.

Chimica fisica. — Sugli equilibri eterogenei fra cristalli misti di idrati salini isomorfi. Nota I. di G. BRUNI e W. MEYER-HOFFER (1), presentata dal Socio G. CIAMICIAN.

Le ricerche sui fenomeni d'equilibrio eterogeneo nelle miscele ternarie in cui possono formarsi cristalli misti, sono finora relativamente scarse. Di ricerche riguardanti casi speciali accenneremo quelle di Bakhuis Roozeboom (2) sulla solubilità dei cristalli misti di sali isomorfi (le prime nelle quali fu applicata in questo campo la teoria delle fasi) e quelle di Fock (3) e Stortenbecker (4) sullo stesso argomento. Inoltre i lavori di Bruni (5) sui fenome-

(1) La parte teorica di questo lavoro era già pronta fin dal giugno scorso; il desiderio di presentarla assieme ad una larga serie di risultati sperimentali ci indusse a ritardarne la pubblicazione. Ora però l'annuncio di una comunicazione sullo stesso soggetto presentata da R. F. Hollmann al Congresso dei naturalisti russi tenutosi a Pietroburgo il 5 gennaio scorso, ci costringono a pubblicarlo subito. Ci riserviamo di esporre in seguito i risultati delle nostre esperienze con tutti i particolari.

(2) Zeitschr. f. physik. Chemie VIII, 504, 531.

(3) Zeitschr. f. Krystallographie XXVIII, 337.

(4) Zeitschr. f. physik. Chemie XVII, 643; XXII, 60; XXXIV, 108.

(5) Gazz. chim. ital., 1897, I, 549; 1898, II, 522.