

PUBBLICAZIONI
DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA

N. 108

PAOLO EMILIO VALLE

Sulla costituzione del nucleo terrestre

ROMA 1945

Il problema della costituzione fisico-chimica del nucleo terrestre non è stato ancora risolto. Il contributo fornito dallo studio delle onde sismiche, sembra aver reso ancor più complicata la questione, poiché i risultati a cui pervengono, con metodi diversi, i vari ricercatori, sono molto discordanti.

In relazione alle teorie sul periodo Euleriano e sulle maree lunari, la rigidità media della terra sembra essere inferiore a quella riscontrata sulla crosta e nel mantello. H. Jeffreys ⁽¹⁾, per bilanciare l'alta rigidità della crosta terrestre e del mantello, pone per il nucleo $\mu=0$.

Di qui la supposizione che il nucleo sia allo stato liquido o almeno molto fluido.

Questa ipotesi sembra essere in accordo con l'idea di un'origine fluida della terra, nel senso che, procedendo il raffreddamento dall'esterno verso l'interno, il gradiente geotermico sarebbe sempre positivo e quindi le parti più interne potrebbero essere ancora allo stato fluido.

Ciò è confermato, fino a certe profondità, da scandagli, ma tale conferma non implica la legittimità di un'estrapolazione fino al centro della terra.

Vi sono infatti ragioni per supporre che la massima attività endotermica della terra, si sia avuta e si abbia intorno ai mille chilometri di profondità ⁽²⁾ e di conseguenza il gradiente geotermico potrebbe, a tale profondità, cambiare di segno.

Le ragioni che conducono a queste supposizioni consistono nel fatto che la densità della terra, alla quota sopracitata, sembra non aver variato sensibilmente nel tempo, mentre azioni plutoniche avrebbero aumentato la densità verso quote minori e il fenomeno della sedimentazione avrebbe contemporaneamente aumentato la densità del nucleo. Tali aumenti sarebbero dovuti ad apporto di materiali ferrosi.

L'estrapolazione della curva densità-pressioni ⁽³⁾ porterebbe a concludere che il principale elemento costituente il nucleo sia il fer-

ro. Data l'altissima pressione esistente verso il centro della terra, l'estrapolazione potrebbe non essere lecita, tuttavia l'andamento della compressibilità ⁽⁴⁾ sembra confermare tale veduta.

I risultati a cui si è pervenuti mediante lo studio delle onde sismiche, non solo sono discordanti, ma, per poter spiegare l'andamento delle onde P'' , è stata avanzata un'ulteriore ipotesi sulla costituzione del nucleo.

Come è noto, le onde PKP dovrebbero cominciare ad essere registrate soltanto verso i 140° di distanza epicentrale.

Avviene invece che tali onde si presentino nei sismogrammi a distanze assai minori e comprese nella zona d'ombra.

Recenti ricerche ⁽⁵⁾ hanno mostrato che neppure la teoria della diffrazione sembra essere in accordo con l'andamento sperimentale delle ampiezze e dei tempi di tragitto delle onde P'' . Questo fatto potrebbe portarsi a sostegno dell'ipotesi ⁽⁶⁾ fatta precedentemente, che tali onde siano dovute alla presenza di una discontinuità nell'interno del nucleo terrestre.

Questa ipotesi spiega abbastanza bene l'andamento delle onde P'' e non sarebbe in contrasto con la teoria della sedimentazione, quando si supponesse il materiale costituente il nocciolo del nucleo, più pesante dell'involucro del nucleo stesso, in obbedienza alle leggi dell'idrostatica. Ciò porterebbe a richiedere da parte del nucleo due diverse costituzioni chimiche, o quanto meno due diversi stati fisici. Ma per decidere qualche cosa in proposito bisognerebbe ricalcolare l'andamento della densità in base alle nuove dromocrone.

Mentre alcuni ricercatori ritengono che il nucleo sia allo stato fluido, invocando a conferma di questa ipotesi, oltre le teorie esposte in principio, la mancanza, nelle registrazioni di terremoti lontani, di onde trasversali che abbiano attraversato il nucleo, altri ⁽⁷⁾ ritengono di aver individuato tali onde, le quali sono state indicate col simbolo SZS. I tempi di tragitto relativi sono tali di richiedere da parte del nucleo una notevole rigidità.

L. Bastings ⁽⁸⁾, facendo il rapporto dei tempi di tragitto delle due branche dalle onde SZS e PKP trova, per una distanza epicentrale di 165° , rispettivamente 1,80 e 1,31; valori che sono vicini a quelli ottenuti facendo il rapporto dei tempi di tragitto delle onde S e P, il quale è compreso fra 1,79 e 1,84.

L'autore conclude che il valore del coefficiente di Poisson del nucleo è identico a quello del mantello.

Analoghi rapporti eseguiti con i tempi riportati da G.B. Macelwane (⁹) portano a valori alquanto più piccoli; ciò porterebbe a concludere che il coefficiente di Poisson del nucleo è diverso da quello del mantello.

Le onde SZS si presentano generalmente con una piccola ampiezza. Questo fatto è stato spiegato da J. Lynch (¹⁰) attribuendo al nucleo una debole rigidità.

Egli avanza l'ipotesi che il nucleo sia costituito da una soluzione solida, consistente in un metallo pesante che abbia ocluso un gas che suppone idrogeno. A sostegno di questa ipotesi riporta i risultati di esperienze da lui eseguite sul Palladio, le quali mostrano che la rigidità diminuisce con l'aumentare del volume del gas ocluso e conclude che data l'enorme pressione (¹¹) esistente nel nucleo, il metallo pesante potrebbe aver ocluso una quantità d'idrogeno sufficiente a ridurre la rigidità praticamente a zero, in accordo col periodo Euleriano e la teoria delle maree, permettendo altresì il passaggio delle deboli onde trasversali individuate dagli autori sopracitati.

A parte i pericoli dell'estrapolazione, si deve osservare che, come è stato già detto, i tempi di tragitto rilevati da G.B. Macelwane e da L. Bastings sono tali da richiedere invece da parte del nucleo una notevole rigidità. Pertanto anche questa recente teoria non spiega tutti i fatti sperimentali. Un'altra ipotesi che potrebbe spiegare la debole energia delle onde SZS, come sembra essere confermato da ricerche eseguite da Dahm (¹²), potrebbe consistere nel supporre che il passaggio tra mantello e nucleo non avvenga bruscamente, ma attraverso ad uno strato intermedio. Lo spessore di questo strato è stato valutato da Dahm in circa 200 km.

In queste condizioni è stato dimostrato da K. Sezawa e K. Kanai (¹³) che il fattore di trasmissione dell'energia sismica, dipende dallo spessore dello strato in relazione alla lunghezza dell'onda incidente, nel senso che se la lunghezza d'onda è grande in confronto dello spessore dello strato intermedio l'energia è prevalentemente riflessa, se invece è piccola prevalentemente rifratta. Dato che le onde trasversali hanno la lunghezza maggiore delle longitudinali, l'energia delle SZS sarebbe più bassa delle PKP, essendo prevalentemente riflessa.

Lo spessore dello strato indicato da Dahm sarebbe però un po' troppo grande.

Su questo argomento bisognerebbe tornare per un più accurato esame.

Recenti ricerche eseguite da H. Honda ⁽¹⁴⁾ sul terremoto del 13 novembre 1932 avvenuto nel mare settentrionale del Giappone, e successivamente da H. Honda e Y. Hasaya ⁽¹⁵⁾ sul terremoto del 1° dicembre 1936 avvenuto a WNW dell'isola Yaku, in base alle onde riflesse sulla superficie del nucleo, concludono che l'ampiezza osservata coincide bene con quella teoricamente calcolata quando il nucleo è supposto allo stato liquido, mentre è difficilmente spiegabile se si suppone il nucleo allo stato solido.

Sotto semplificate condizioni è stato calcolato il fattore di trasmissione per le onde SKS ed SKKS ⁽¹⁶⁾ con l'ipotesi di un nucleo allo stato liquido e le osservazioni sembrano, sia pure grossolanamente, essere in accordo con la teoria.

Per quanto le ricerche sopracitate non chiariscano definitivamente la questione, si può concludere che l'ipotesi di un nucleo allo stato liquido e contenente nel suo interno una discontinuità, sembra essere la più fondata, dato che è in accordo con la maggior parte dei fenomeni astronomici e sismici.

E' probabile che le onde individuate come SZS abbiano un'origine diversa da quella loro attribuita.

Roma — Istituto Nazionale di Geofisica — 11 febbraio 1945.

BIBLIOGRAFIA

(1) JEFFREYS H.: *The Rigidity of the Earth's Central Core.* « M.N.R.A.S., Geophys. Suppl. », 1, 1926.

(2) ODDONE O.: *Discontinuità, densità e compressibilità cubica nell'interno della terra.* « Geofisica pura e applicata », Fasc. 3-4, 1939.

(3) ODDONE O.: *loc. cit.*

(4) ODDONE O.: *loc. cit.*

(5) JEFFREYS H.: *The time of the Core Waves.* « M.N.R.A.S., Geophys. Suppl. », 4, 1939.

COULOMB J.: *Diffraction d'un ebranlement au voisinage d'une caustique: application aux ondes P'.* « Bull. Seism. Soc. Amer. », Vol. 30, 1940.

(6) LEHMANN I.: *P'.* « Pubbl. Bur. Central. V.G.G.I. », Vol. XVI, 1936.

GUTENBERG B. and RICHTER C. F.: *P' and the Earth's Core.* « M.N.R.A.S., Geophys. Suppl. » 4, 1938.

(7) MACELWANE J. B.: *New evidence for a Sharply Bounded and very Rigid Core in the Earth,* « Phys. Rev. » 2d sem. 25: 721, 1925.

IDEM: *The South Pacific Earthquake of June 26, 1924.* « Gerlands Beitr. z. Geophysik », Vol. 28, 1930.

IMANURA A.: *The South Atlantic Earthquake of June 27, 1929, as Registered at*

Tokyo. *An Observation of Rigid Waves Trasmitted Across the Earth's Inner Core.* « Proc. Imp. Acad. Tokyi », Vol. 8, 1932.

KRUMBACH G.: *Die Ausbreitung von Erdbebenwellen in grossen Herdentfernungen bei den Südseebeben von 26 June 1924.* « Veröff. Reichsanstalt f. Erdbebenforsch. Jena », Heft. 16 a, 1934.

BASTINGS L.: *Shear Waves throught the Core.* « Proc. Roy. Soc. London » Ser. A, n. 866, Vol. 149, 1935.

(⁸) BASTINGS L.: *loc. cit.*

(⁹) MACELWANE J. B.: *loc. cit.*

(¹⁰) LYNCH J.S.J.: *What is the State of the Earth's Core.* « Bull. Seism. Soc. Amer. », Vol. 30, 1940.

(¹¹) ODDONE O.: *loc. cit.*

(¹²) DAHM C. G.: *Velocity of P' Waves in the Earth Calculated from the Macelwane P' Curve 1933,* « Bull. Seism. Soc. Amer. », Vol. 26, 1936.

(¹³) SEZAWA K. and KANAI K.: *The Effect of Sharpness of Discontinuities on the Trasmision and Reflection of Elastic Waves,* « Bull. Earthq. Res. Inst. Tokyo », Vol. 13, 1935.

(¹⁴) HONDA H.: *On the ScS Waves and the rigidity of the Earth's Core.* « Geoph. Magazine », Vol. VIII, 1938. (First paper).

(¹⁵) HONDA H. and HASAYA Y.: *On the ScS Waves and the rigidity of the Earth's Core,* « Geoph. Magazine », Vol. VIII, 1940. (Second paper).

(¹⁶) VALLE P. E.: *Sull'energia associata alle onde sismiche SKS ed SKKS.* « Ric. Scient. », n. 1, gennaio 1943.