

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVII.

1910

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIX.

2° SEMESTRE.



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1910

Geodesia. — *Sul coefficiente elastico di restituzione delle principali rocce costituenti la crosta terrestre.* Nota di EMILIO ODDONE, presentata dal Socio G. STRÜVER.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Fisica. — *L'equilibrio radioattivo nella cotunnite vesuviana* ⁽¹⁾. Nota del dott. PAOLO ROSSI, presentata dal Corrisp. M. CANTONE.

Appena ebbi ultimato l'esame radioattivo della cotunnite vesuviana ⁽²⁾, raccolta dallo Zambonini nel 1907, stimai non privo d'interesse studiare se le sostanze radioattive trovatevi (Radio D, E ed F) avevano o no raggiunto il così detto equilibrio radioattivo, poichè i risultati d'una tale ricerca possono portare un po' di luce sull'origine della radioattività di questo minerale, intorno alla quale, come fa rilevare lo stesso Zambonini ⁽³⁾, regna grande incertezza. D'altra parte se (come ho accennato nella mia Nota citata) si ammette che una delle ragioni, per cui l'attività indotta del radio a lenta evoluzione (Ra D, E ed F) accompagna preferibilmente, fra i prodotti vulcanici, i minerali di piombo ed in particolare la cotunnite, consiste in ciò che il Ra D ed il cloruro di piombo si volatilizzano a temperature assai vicine fra di loro, è da aspettarsi che la cotunnite appena formatasi in una eruzione vulcanica, risulti relativamente povera di Ra F, essendo notevolmente inferiore la temperatura a cui questo volatilizza, come ho accertato direttamente arroventando in una capsula della cotunnite fino ad ottenerne una parziale volatilizzazione. Precisamente si era volatilizzato, insieme ad un po' di cloruro di piombo, parte del Ra D e dei suoi prodotti di trasformazione, ma questi ultimi in proporzioni maggiori rispetto alle quantità che vi si trovavano prima dell'arroventamento, poichè le attività α e β del residuo, seguite separatamente per una ventina di giorni, aumentavano abbastanza rapidamente, la qual cosa non si verifica colla cotunnite che non ha subito nessuna alterazione. Anzi l'attività α dovuta, com'è noto, alla presenza del radio F, era così piccola subito dopo l'arroventamento da far ritenere che quasi tutto il radio F si era volatilizzato.

Un mezzo per decidere se nella cotunnite raccolta nel 1907 l'equilibrio radioattivo era o no raggiunto all'epoca in cui io ne ho potuto fare l'esame

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nell'Istituto Fisico della R. Università di Napoli.

⁽²⁾ Rend. Acc. Lincei, ser. V, vol. 16, 2° sem. 1907, pag. 630.

⁽³⁾ Rend. Acc. Lincei, ser. V, vol. 16, 1° sem. 1907, pag. 978.

poteva essere quello di seguire per un certo tempo l'andamento dell'attività α , poichè nelle condizioni di equilibrio essa avrebbe dovuto mantenersi costante almeno con grande approssimazione. Però, avendo a mia disposizione anche della cotunnite formatasi nel 1872 e raccolta allora da Arcangelo Scacchi (v. Zambonini, loc. cit.), mi era reso facile, nel modo che ora dirò, decidere subito con un semplice raffronto se la cotunnite più recente aveva raggiunto l'equilibrio ed in caso contrario stabilire in modo approssimativo in quale stadio del periodo evolutivo si trovava questa cotunnite all'epoca dell'esame.

Per individuare questo stadio mi riferirò al tempo che impiegherebbero a formarsi il Ra E ed il Ra F nelle stesse proporzioni che nel campione esaminato, qualora provenissero dal Ra D inizialmente scevro da suoi prodotti di disintegrazione, ma ciò facendo non intendo per ora di dare peso ad alcuna ipotesi circa le condizioni iniziali delle sostanze radioattive nella cotunnite.

Si supponga d'avere una quantità iniziale D_0 di Ra D priva di Ra E e di Ra F: dopo un tempo qualunque t le quantità presenti di queste tre sostanze radioattive, quantità che denoterò semplicemente con D, E ed F, si possono esprimere nel seguente modo, applicando uno dei casi generali considerati dal Rutherford⁽¹⁾, e propriamente quello in cui si suppone la sostanza radioattiva all'inizio tutta di una data specie:

$$D = D_0 e^{-\lambda_1 t}, \quad E = D_0 \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}),$$

$$F = D_0 (A e^{-\lambda_1 t} + B e^{-\lambda_2 t} + C e^{-\lambda_3 t}),$$

dove $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ sono le costanti di disintegrazione del Ra D, del Ra E e del Ra F rispettivamente e dove

$$A = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)}, \quad B = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)},$$

$$C = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)}.$$

Però nel mio caso, avendo iniziato l'esame della cotunnite dal punto di vista dell'equilibrio radioattivo circa 5 mesi dopo che essa era stata raccolta dallo Zambonini, posso porre $e^{-\lambda_2 t} = 0$, bastando un tempo di due mesi perchè questo termine diventi praticamente trascurabile rispetto agli altri, ed allora facendo il rapporto fra le quantità di Ra E e di Ra F presente dopo il tempo t , si ottiene un'espressione notevolmente semplificata, e cioè

$$[a] \quad \frac{F}{E} = \frac{A' e^{-\lambda_1 t} + C' e^{-\lambda_3 t}}{e^{-\lambda_1 t}} = A' + C' e^{-(\lambda_3 - \lambda_1)t}$$

(1) *Radioactivity*, II ed., Cambridge (1905), pag. 332, 1° caso; v. anche Battelli, Occhialini e Chella, *La radioattività*, Bari (1909), pag. 242.

Quanto alle A' e C' , essendo la costante di trasformazione del Ra D molto piccola rispetto a quella del Ra E ⁽¹⁾ e potendosi per conseguenza sostituire λ_2 alla differenza $\lambda_2 - \lambda_1$, si può porre semplicemente

$$A' = \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_1}, \quad C' = - \frac{\lambda_2^2}{(\lambda_3 - \lambda_1)(\lambda_2 - \lambda_3)}.$$

Ora dopo un tempo sufficientemente lungo il valore di $e^{-(\lambda_3 - \lambda_1)t}$ si fa così piccolo che il termine $C'e^{-(\lambda_3 - \lambda_1)t}$ della $[a]$ diventa trascurabile rispetto all'altro, per cui denotando con E^* ed F^* le quantità di Ra E e di Ra F presenti dopo un tempo siffatto, il rapporto $\frac{F^*}{E^*}$ diventa una costante, indipendente dalle quantità di Ra D presente all'inizio, e precisamente uguale ad A' . Posso scrivere pertanto in luogo della $[a]$ quest'altra relazione

$$[b] \quad \frac{F}{E} : \frac{F^*}{E^*} = 1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_3} e^{-(\lambda_3 - \lambda_1)t}.$$

Dal semplice studio dell'emissione dei raggi α e β da parte della sostanza in esame non si può dedurre nè le quantità di Ra F e di Ra E presenti, nè il loro rapporto; però, emettendo il Ra F solo raggi α ed il Ra E solo raggi β , se si denota con R_α ed R_β l'effetto prodotto da questi raggi rispettivamente in condizioni sperimentali ben determinate, si può porre

$$F = pR_\alpha, \quad E = qR_\beta,$$

dove le costanti di proporzionalità p e q dipendono, oltrechè dalla sensibilità dello strumento, che suppongo costante, anche essenzialmente dall'assorbimento che subiscono i raggi (specialmente i raggi α) prima di arrivare allo strumento di misura e quindi dipendono dalla distanza a cui questo si trova nonchè dalla natura della sostanza a cui sono mescolati il Ra E ed il Ra F, dalla superficie e dallo spessore che questa assume nel recipiente in cui è contenuta.

Si voglia ora esaminare due campioni di differente contenuto radioattivo, ma costituiti della stessa sostanza fondamentale, per es. due campioni di cotunnite: affinchè i coefficienti p e q abbiano gli stessi valori per entrambi, vale a dire si possano considerare come coefficienti strumentali, sarà necessario che detti campioni siano presi in eguali quantità e contenuti in recipienti di ugual forma in modo da offrire la stessa superficie e lo stesso spessore.

Per ricavare dunque il valore di t mediante la $[b]$ si possono seguire due metodi: o aspettare che il campione in esame abbia raggiunto l'equi-

⁽¹⁾ Veggasi più avanti i valori di queste costanti.

librio radioattivo, od anche confrontarlo con un altro campione di data non recente, nel quale detto equilibrio sia sicuramente raggiunto, purchè si operi nel modo ora detto. Infatti il rapporto fra le quantità di Ra F e di Ra E che si trovano in questo secondo campione, per il fatto che l'equilibrio è raggiunto sarà uguale a $\frac{F^*}{E^*}$; d'altra parte se R'_α ed R'_β ne misurano rispettivamente le attività α e β nelle indicate condizioni sperimentali, detto rapporto sarà $= \frac{pR'_\alpha}{qR'_\beta}$. Si potrà dunque sostituire al 1° membro della [b] il rapporto

$$\frac{R_\alpha}{R_\beta} : \frac{R'_\alpha}{R'_\beta} \quad \text{oppure} \quad \frac{R_\alpha}{R'_\alpha} : \frac{R_\beta}{R'_\beta}$$

che brevemente denoterò con q , e ricavare così il valore di t , essendo

$$t = \frac{-\lg(1 - q) \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2}}{(\lambda_3 - \lambda_1) \lg e}.$$

Questo secondo metodo offre un duplice vantaggio: in primo luogo è possibile decidere subito se la cotunnite recente ha raggiunto o no l'equilibrio radioattivo, in secondo luogo torna assai più facile realizzare condizioni identiche per il confronto quando le due determinazioni si susseguono immediatamente che non quando si debbono fare alla distanza di parecchi mesi e si ha anche, in caso di incertezza, il vantaggio di poter ripetere entrambe le determinazioni che servono al confronto, ciò che non sarebbe più possibile coll'altro metodo.

Per ciò ho preferito ricorrere al confronto della cotunnite in esame con quella del 1872, per la quale certamente l'equilibrio radioattivo era raggiunto, ed ho determinato in epoche alquanto diverse i rapporti $\frac{R_\alpha}{R'_\alpha}$ ed $\frac{R_\beta}{R'_\beta}$ il secondo dei quali doveva mantenersi costante.

Quanto al metodo usato per la misura delle attività α e β esso non differisce essenzialmente da quello da me usato nell'analisi radioattiva della cotunnite.

Infine, per assicurarmi della legittimità pel procedimento seguito, ho aspettato che si raggiungesse anche per la cotunnite del 1907 l'equilibrio radioattivo, dovendosi avere allora per q un valore uguale all'unità: ottenni invece il valore 0,98. La differenza, che può essere imputata a diverse cause (superficie e spessore dei campioni non perfettamente uguali, assorbimento diverso dei raggi α nei due campioni dovuto ad impurità presenti) è però abbastanza piccola da non portare modificazioni essenziali nei risultati.

Nel calcolo di t ho adottato per $\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3$ i seguenti valori:

$$\lambda_1 = 0,0000475 \text{ (giorni)}^{-1} \quad \lambda_2 = 0,13863 \text{ (giorni)}^{-1} \quad \lambda_3 = 0,004683 \text{ (giorni)}^{-1}$$

che corrispondono rispettivamente alle seguenti costanti di tempo:

40 anni pel Ra D, 5 giorni pel Ra E e 148 giorni pel Ra F.

Per ciò che riguarda la costante di tempo del Ra D, non è certo che essa sia quella trovata indirettamente dal Rutherford, anzi secondo altri sarebbe notevolmente più piccola ⁽¹⁾, ma anche supposta di soli 12 anni, si otterrebbero per t valori poco differenti e cioè maggiori rispettivamente di 4, 7 e 12 giorni di quelli indicati nella tabella in corrispondenza alle tre determinazioni fatte. Per il Ra E ed il Ra F ho assunto i valori, λ_1 e λ_3 , ultimamente trovati da Antonoff ⁽²⁾ e da Waters ⁽³⁾. Nella tabella seguente oltre ai valori di t sono date anche le epoche, denotate con T_0 , in cui avrebbe dovuto iniziarsi la trasformazione del Ra D, supposto privo dei suoi prodotti di disintegrazione, in corrispondenza ai valori trovati per q .

DATA	R_α/R'_α	R_β/R'_β	q	t giorni	T_0
31/VIII-07	1,506	2,75	0,55	180	4/III-07
7/XI-07	1,95	2,785	0,70	267	13/II-07
11/VIII-08	2,5	2,77	0,902	509	21/III-07
25/VII-10	2,72	2,77	0,98	—	—

Potrebbe sembrare a tutta prima che l'aver supposto presente nella cotunnite all'inizio solo il Ra D, come ho fatto per semplicità, costituisca una restrizione tale da condurre ad un risultato molto diverso da quello a cui si arriverebbe ammettendo invece che inizialmente oltre al Ra D esistesse nella cotunnite anche del Ra E. Occorre quindi ch'io faccia notare a questo riguardo che, anche supposto il Ra E fino dal principio in equilibrio radioattivo col Ra D, la data che segnerebbe l'inizio della formazione

⁽¹⁾ Secondo Meyer e Schweidler (Phys. Zeits. 8, pag. 437) sarebbe più probabile un periodo di circa 12 anni; invece G. N. Antonoff (Phil. Mag. giugno 1910), seguendo sempre il metodo indiretto e contando le particelle α emesse dal Ra F mediante la scintillazione, avrebbe trovato un periodo di circa 16 anni e mezzo. Seguendo accuratamente il decrescere dell'attività β della cotunnite si potrebbe trovare un valore, almeno approssimato, fornito da determinazioni dirette; però le piccole variazioni che finora ho potuto accertare non mi permettono di ricavare valori del periodo caratteristico del Ra D sufficientemente fra di loro concordanti, solamente posso dire che la loro media è più vicina al periodo trovato dall'Antonoff che non a quelli ricavati pure con metodi indiretti dagli altri autori.

⁽²⁾ Phil. Mag., loc. cit.

⁽³⁾ Ibid., pag. 905.

del Ra F sarebbe anteriore di soli 8 giorni a quella analoga denotata con T₀ nella tabella.

Posso concludere che la cotunnite vesuviana non solo era ancora lontana dall'equilibrio radioattivo quando venne primamente esaminata ⁽¹⁾, ma all'epoca della sua comparsa, cioè ai primi di aprile del 1907 (Zambonini, loc. cit., pag. 976) conteneva oltre al Ra D ed al Ra E, che poteva anche non essere col primo in equilibrio radioattivo, solo una piccola quantità di Ra F rispetto a quella che si ha nelle condizioni di equilibrio.

Osserverò infine che i lavori del prof. Piutti sulla presenza dell'elio nei minerali recenti ⁽²⁾ conferiscono un particolare interesse a questo risultato; egli infatti non avendo trovato detto gas nella cotunnite, nonostante la squisita sensibilità del metodo di ricerca, esprime l'opinione che l'elio prodotto nella trasformazione atomica del Ra F accompagnata da emissione α non abbia avuto il tempo di accumularsi in quantità sufficiente per essere rivelato anche coi metodi più sensibili; ora la quasi completa assenza del Ra F in questo minerale all'epoca della sua formazione viene ad appoggiare naturalmente quella spiegazione, tanto più che sarebbe relativamente assai piccola la quantità di elio che può provenire dal polonio, secondo le ultime ricerche di M^{me} Curie e di Debierne ⁽³⁾.

Chimica. — *Sui molibdati complessi delle terre rare*. Nota II di G. A. BARBIERI, presentata dal Socio CIAMICIAN.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

⁽¹⁾ Così resta senz'altro spiegato anche un'apparente contraddizione fra quanto asserisce lo Zambonini e quello che si legge in questa tabella; infatti nella Memoria citata egli dice che la cotunnite del 1872 presentava un'attività sensibilmente uguale a quella della cotunnite del 1907, mentre in tutte le mie determinazioni risultò tanto l'attività α , quanto la β della cotunnite 1907 superiori a quelle della cotunnite 1872. Ora la contraddizione scompare se si considera che lo Zambonini ha determinato la radioattività dei due campioni con elettroscopio Curie, in cui agiscono tanto i raggi α quanto i raggi β e che la determinazione sua data da un'epoca certamente anteriore al 16 giugno (giorno della seduta accademica) cioè da un'epoca in cui l'attività α della cotunnite 1907 era ancora così piccola rispetto a quella della cotunnite 1872 da dare insieme all'attività β , che invece era maggiore, un effetto complessivo press' a poco uguale a quello dell'altro campione.

⁽²⁾ *Radium*, t. 7, pag. 178 (1910), Rend. Acc. Sc. fis. e mat. di Napoli, serie III, vol. 16, pag. 30 (1910).

⁽³⁾ *Radium*, t. 7, pag. 38 (1910).