

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIV.

1907

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVI.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1907

dalla quale espressione infine per

$$\begin{aligned}\Sigma_i \operatorname{tg} \delta_i &= T \\ \Sigma_i \operatorname{sec} \delta_i &= S \\ \Sigma_i \operatorname{tg}^2 \delta_i &= T_2 \\ \Sigma_i \operatorname{sec}^2 \delta_i &= S_2 \\ \Sigma_i \operatorname{sec} \delta_i \operatorname{tg} \delta_i &= C,\end{aligned}$$

con i segni sopraddetti per i singoli termini delle sommatorie, l'ultima

$$A = \cos \varphi \{ n [T_2 S_2 - C^2] + T [CS - TS_2] + S [TC - ST_2] \}.$$

Fisica. — *Le stratificazioni nella scintilla elettrica.* Nota di L. MAGRI, presentata dal Corrispondente A. BATTELLI.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Fisica. — *Sulla radioattività della cotunnite vesuviana* (1). Nota del dott. PAOLO ROSSI, presentata dal Corr. M. CANTONE.

In una Nota pubblicata in questi Rendiconti il dott. Zambonini (2) richiamava l'attenzione sopra un minerale vesuviano, la cotunnite, che presentava una radioattività assai maggiore di quella di altri prodotti vulcanici finora esaminati. Mi si presentò così spontanea la ricerca della sostanza o delle sostanze radioattive che accompagnano questo minerale.

Intrapresi questo studio nel mese di luglio ed espongo in questa Nota i risultati finora ottenuti.

Per l'esame della radioattività mi servii d'un elettroscopio del tipo Wilson, interponendo fra la sostanza attiva e la camera dell'elettroscopio uno schermo di alluminio dello spessore di cm. 0,0105 quando volevo studiare l'effetto dei raggi β separatamente da quello dei raggi α .

(1) Questo lavoro fu eseguito nell'Istituto di fisica della R. Università di Napoli, diretto dal prof. M. Cantone, al quale mi è grato esprimere pubblicamente un vivo ringraziamento per essermi stato largo di incoraggiamento e di aiuto e per aver messo a mia disposizione quanto poteva fornire il laboratorio. Mi è doveroso aggiungere un ringraziamento al prof. E. Scacchi, che mi ha gentilmente concesso l'esame del minerale di appartenenza dell'Istituto di mineralogia da lui diretto, nonchè al dott. F. Zambonini che generosamente mi cedette per questo studio cotunnite da lui raccolta nell'aprile di quest'anno.

(2) F. Zambonini, *Sulla radioattività della cotunnite vesuviana.* Rend. R. Acc. Lincei, Vol. XVI, 1° sem. (1907) pag. 975.

Per la carica dell'elettroscopio disponevo di due batterie Krüger di 100 elementi ciascuna del tipo Weston. A ciascun intervallo della scala micrometrica corrispondevano sempre 0,66 volta.

Per dare un'idea della sensibilità dell'elettroscopio usato, dirò che gr. 0,1 di ossido nero d'uranio, disteso quanto meglio era possibile sopra 3 cm.² di superficie, determinava — non interponendo alcuno schermo — una caduta di potenziale di 53 volta al minuto primo, corrispondenti ad 80 divisioni della scala micrometrica, mentre nelle stesse condizioni l'effetto ionizzante di gr. 0,1 di cotunnite ridotta in polvere era di 40 divisioni al minuto, conformemente a quanto ha trovato il Zambonini (l. c.), tenuto presente che il nitrato d'uranile ha un'attività che è, secondo Curie, $\frac{7}{16}$ di quella dell'ossido d'uranio.

Si intende che in tutte le determinazioni ho tenuto conto della dispersione naturale dell'aria racchiusa nell'elettroscopio. Però a questo proposito debbo far osservare che essa variava notevolmente (fino al 30 % circa) anche nel corso della giornata (1). Per es. accertai più d'una volta che lasciando alla sera l'elettroscopio carico, alla mattina seguente la posizione delle foglioline accusava una caduta di potenziale considerevolmente maggiore di quella che si sarebbe dovuto avere se di notte la dispersione naturale fosse stata uguale, in media, a quella diurna. Siccome però mi rese certo che la dispersione naturale si manteneva praticamente costante (2) in corrispondenza ad un minimo nelle ore pomeridiane, così procurai di sperimentare quasi sempre in queste ore, dispensandomi dal fare frequenti determinazioni della dispersione naturale, che avrebbero richiesto necessariamente un enorme dispendio di tempo.

Avendo anzitutto accertato che fra le sostanze radioattive che accompagnano la cotunnite non ve ne sono di quelle che danno luogo all'emanazione e conseguentemente all'attività indotta sui corpi che si trovano in presenza dell'emanazione stessa, procedetti allora a parecchie prove tendenti a separare qualcuna delle sostanze radioattive contenute nella cotunnite, esaminando ogni volta separatamente l'attività dovuta ai raggi α , e che brevemente chiamerò attività α , da quella dovuta ai raggi β e γ .

Approfitando del fatto che il PbCl_2 è assai più solubile nell'acqua bollente che nell'acqua fredda, separai da una soluzione bollente di cotunnite, mediante raffreddamento, dei piccoli cristalli di PbCl_2 , che confrontai sia con altra cotunnite, sia col residuo che ottenni tirando a secco la soluzione raffreddata.

(1) Interno alle variazioni periodiche giornaliere della ionizzazione spontanea veggansi le recenti memorie.

A. Wood a. N. R. Campbell., *Phil. Mag.*, febbraio 1907; G. Accolla, *N. Cimento*, maggio 1907.

(2) Avevo allora uno spostamento della fogliolina di circa 0,15 divisioni per minuto primo.

Si intende che in questo ed in analoghi confronti esaminavo i diversi prodotti presi in pesi uguali (generalmente di gr. 0,1) e distesi quanto era possibile sopra superfici uguali (cm.² 3).

Orbene, il Pb Cl_2 precipitato per raffreddamento non differiva essenzialmente nelle sue proprietà radioattive nè dal residuo ottenuto per evaporazione, nè dalla cotunnite, se non in ciò che mostrava una radioattività un poco più piccola.

Feci precipitare mediante acido solforico il solfato di piombo da una soluzione di cotunnite. Tanto l'attività α , quanto la β , γ di questo precipitato, lavato ed essiccato a moderato calore, aumentarono notevolmente nel corso d'una settimana. Lasciando questo Pb SO_4 attivo sopra una lamina rovente di platino per un po' di tempo, scomparve circa la metà dell'attività α , ma si mantenne pressochè inalterata l'attività β , γ . Inoltre una spirale di rame tersa, tenuta per circa 8 ore in una soluzione acquosa di cotunnite, acquistò una forte attività, che si mantenne pressochè costante per qualche giorno, ed i cui effetti ionizzanti erano completamente annullati coll'interposizione dello schermo di alluminio di cm. 0,0105.

La spirale di rame attivata, portata all'arroventamento fino ad iniziale fusione del rame, non conservò che pochi centesimi dell'attività primitiva.

Faccio notare incidentalmente che l'annullarsi dell'effetto ionizzante — dovuto all'attività della spirale di rame — coll'interposizione dello schermo di alluminio, mostra che detto schermo è sufficiente per la separazione completa dell'effetto dei raggi α , emessi da una delle sostanze radioattive contenute nella cotunnite.

Per tutti questi fatti si rendeva sommamente probabile che la marcata attività α della cotunnite fosse dovuta al polonio o radio F, e che l'attività β , γ fosse dovuta al radio E: infatti fra le sostanze radioattive note solo il radiotorio ed il polonio hanno la proprietà di emettere solamente raggi α e di presentare in pari tempo una trasformazione così lenta da non essere apprezzabile nel corso di qualche giorno. Il radiotorio però va escluso per la mancanza della emanazione, e d'altra parte è caratteristico del radio F il fatto di essere una sostanza di attività α che volatilizza a temperatura inferiore di un'altra (il radio E) di attività β , γ , che normalmente l'accompagna, e conformemente a ciò il Pb SO_4 portato ad alta temperatura perdette buona parte dell'attività α , e non l'attività β , γ .

Per togliere ogni incertezza sulla natura delle sostanze che attivano la cotunnite, cercai di separare da una soluzione di cotunnite il radio F, sospendendovi dei pezzi di bismuto, sul quale, è noto, si deposita il polonio. Sul bismuto però si depositava anche una sostanza attiva in raggi β e γ ; il fatto era dovuto probabilmente ad impurità contenute nel bismuto (¹), e di esso

(¹) Skl. Curie, *Nachtrag zu meiner Mitteil.* etc. Phys. Zs. 7 Jahrg. (1906) pag. 180).

approfittai per impoverire, quanto più era possibile, la soluzione di cotunnite delle sostanze capaci di emettere raggi osservabili.

Dopo aver lasciata la soluzione di cotunnite per una settimana in presenza di diversi pezzi di bismuto a larga superficie, feci evaporare fino a secchezza parte della soluzione, e del residuo secco di Pb Cl_2 presi in esame al solito gr. 0,1. Allo scopo però di ottenere un ulteriore impoverimento delle sostanze che emettono raggi, feci precipitare dalla rimanente soluzione del Pb SO_4 ; portai in seguito questo precipitato, dopo il lavaggio, al calor rosso in una capsula di porcellana e ne presi in esame gr. 0,11 per avere pressochè la stessa quantità di piombo che in gr. 0,1 di Pb Cl_2 .

L'attività β , γ dei due preparati era press'a poco la stessa, ma l'attività α del Pb Cl_2 era inizialmente quintupla di quella del Pb SO_4 . Di giorno in giorno aumentava tanto l'attività α , quanto la β , γ di entrambi i preparati.

Mi fermerò anzitutto a considerare quest'ultima radioattività, che d'ora in poi chiamerò semplicemente attività β in quanto che l'effetto dovuto ai raggi γ , nel caso del RaE, è al massimo 0,3 per mille di quella dei raggi β , secondo Meyer e Schweidler, e propriamente, secondo H. W. Schmidt, 0,16 per mille⁽¹⁾.

Il modo con cui aumentava col tempo l'effetto dei raggi β dei due preparati risulta dalle tabelle I e II.

TABELLA I.
 Pb SO_4

t giorni	I div. min.	t giorni	I div. min.
0	0,30	9,92	1,785
0,92	0,51	10,98	1,82
1,69	0,73	11,83	1,90
2,62	0,935	13,0	1,955
3,96	1,17	15,02	2,09
5,87	1,39	15,85	2,14
7,96	1,615	19,0	2,21
8,93	1,73		

Il tempo caratteristico di trasformazione è di giorni 5,6.

TABELLA II.
 Pb Cl_2

t giorni	I div. min.	
0	0,255	Il tempo caratteristico di trasformazione è di giorni 5,7.
0,92	0,46	
1,69	0,67	
2,62	0,935	
3,96	1,15	
5,87	1,46	
7,96	1,61	
8,94	1,70	
11,0	1,84	
15,90	2,16	
18,98	2,23	

Il tempo venne misurato in giorni dal momento della prima determinazione, fatta appena ottenuto il preparato, e l'attività dal numero di divisioni

⁽¹⁾ H. W. Schmidt, *Einige Versuche mit β -Strahlen von RaE*. Phys. Zs. 1 giugno 1907.

per minuto primo. Come ho detto, per avere la caduta di potenziale in volta basta moltiplicare il numero delle divisioni per 0,66.

Un pezzo di bismuto tenuto sospeso per due giorni in una soluzione di cotunnite, venne pure esaminato durante il decremento della sua attività β , ed i risultati sono dati dalla tabella III. Un altro pezzo di Bi, trattato nello stesso modo, diede come valore del tempo di trasformazione di metà della sostanza circa giorni 4,6.

TABELLA III.

t giorni	I div. mn.	
0	0,636	Si trasforma metà della sostanza attiva in gior- ni 4,9.
0,94	0,547	
2,05	0,472	
5,01	0,32	
5,92	0,275	
7,05	0,24	

Allo scopo di ricavare un valore approssimativo della costante caratteristica di trasformazione dai dati delle tabelle I e II aspettai tanto tempo (circa due mesi e mezzo), perchè potessi ritenere praticamente costante l'attività β , e trovai per il Pb SO_4 il valore 2,42, per il Pb Cl_2 2,48. Calcolai allora il valore della costante di trasformazione λ mediante la formola (1):

$$e^{\lambda t} = \frac{I_0 - i_0}{I_0 - I} \quad (a)$$

dove i_0 ed I_0 denotano rispettivamente il valore dell'attività β all'inizio delle determinazioni e quello raggiunto dopo il tempo indicato di circa due mesi e mezzo. Sostituendo ad I ed a t i valori corrispondenti contenuti nelle tabelle I e II, ottenni altrettanti valori di λ , dei quali presi la media.

Mi risultò in tal modo per il Pb SO_4 $\lambda = 0,124$ (giorni)⁻¹ e per il Pb Cl_2 $\lambda = 0,1215$ (giorni)⁻¹. A tali valori di λ corrispondono i tempi caratteristici di giorni 5,6 e 5,7 rispettivamente.

(1) Considerando infatti l'attività β della sostanza in esame in un tempo qualunque come data dalla somma di quella dovuta alla sostanza attiva che esisteva inizialmente e non ancora scomparsa (trasformata), e di quella dovuta alla nuova sostanza che si va mano formando, si può porre

$$I = i_0 e^{-\lambda t} + I_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

da cui si ricava

$$I_0 - I = (I_0 - i_0) e^{-\lambda t}$$

Questi valori della costante di trasformazione della sostanza di attività β , mostrano indubbiamente che essa non è altro che il RaE; si ritiene infatti che questo si trasforma per metà in 6 giorni circa.

Ma il fatto che l'attività β dei pezzi di bismuto, attivati per immersione in una soluzione di cotunnite, si riduce a metà in un tempo inferiore a quello che caratterizza la riattivazione dei preparati impoveriti di questa attività, non può lasciarsi passare inosservato.

Giova ricordare che già il Rutherford ⁽¹⁾ trovò che mentre l'aumentare dell'attività β pel formarsi del radio E dal radio D avveniva secondo un tempo caratteristico di 6 giorni, invece il decrescere di essa dopo l'arroventamento ne mostrava uno di soli giorni 4,5. Il Rutherford (Phil. Mag., loc. cit., pag. 294) attribuì la differenza ad un'influenza dell'arroventamento sulla rapidità di trasformazione del RaE, ma nel caso presente non può valere una tale ragione. Invece il fatto può trovare una completa spiegazione ammettendo coi sigg. Meyer e Schweidler ⁽²⁾ che il radio E si componga propriamente di due sostanze, che questi Autori denotano con RaE₁ e RaE₂, le quali si seguono nella serie delle trasformazioni radioattive. Il RaD cioè si trasformerebbe nel RaE₁ e questo nel RaE₂; tanto il RaD quanto il RaE₁ non emetterebbero raggi osservabili, ed il solo RaE₂ sarebbe dotato dell'attività β .

I citati Autori hanno ricorso a questa ipotesi per spiegare certe anomalie da loro riscontrate nella disattivazione del RaE separato per elettrolisi: le curve relative, in coordinate logaritmiche, di taluni dei numerosi preparati di RaE erano perfettamente rettilinee; quelle di altri preparati constavano di due porzioni rettilinee, di cui la seconda accusava una costante di tempo maggiore. In base alle curve che presentano in modo più marcato questa anomalia si deduce che il RaE₁ si trasformerebbe per metà in un tempo compreso fra giorni 6 e 6,5 mentre il RaE₂ si trasformerebbe per metà in giorni 4,8.

Questa ipotesi basta a spiegare il fatto su accennato, cioè come il valore del tempo che caratterizza la legge di riattivazione sia maggiore di quello relativo alla disattivazione. Intanto, se così stanno le cose, il valore di λ ricavato per mezzo della (a) non ha più il significato primitivo di *costante* caratteristica di trasformazione, ma può considerarsi semplicemente come il valore della costante di trasformazione d'una sostanza ipotetica, la cui legge di riattivazione si approssimerebbe a quella reale, entro certi limiti di tempo.

In generale poi la legge di riattivazione sarebbe data da una relazione della forma

$$I = I_0A + iB + i_0C \quad (b)$$

⁽¹⁾ E. Rutherford, *Slow transformation products of Radium*. Phil. Mag. VI S., vol. 10 (1905) pag. 290. V. anche *Radio-activity*, II Ediz., pag. 401.

⁽²⁾ St. Meyer u. E. v. Schweidler, *Ueber die aktiven Bestandteile des Radiobleis*. Sitz. Ak. Wiss. in Wien, maggio 1906.

dove per brevità si è posto

$$1 - \frac{\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}}{\lambda_2 - \lambda_1} = A, \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) = B, \quad e^{-\lambda_2 t} = C;$$

essendo λ_1 e λ_2 le costanti di trasformazione del RaE₁ e del RaE₂ rispettivamente.

Esistendo infatti, in generale, all'inizio delle osservazioni tanto il RaE₁ che il RaE₂ oltre al RaD che costituisce la sorgente primaria, si può considerare l'attività β della sostanza, dopo un tempo qualunque t , come data dalla somma di tre termini, di cui l'uno misura l'attività del RaE₂ proveniente dal nuovo RaE₁ somministrato dalla sorgente primaria, e che è della forma di $I_0 A$ (1); un altro termine si riferisce al RaE₂ proveniente dal RaE₁ che inizialmente accompagnava il RaD ed è proporzionale a B (Rutherford, loc. cit., pag. 332); infine il terzo misura l'attività del RaE₂ che esisteva inizialmente e che ancora non si è trasformato, attività che tende a scomparire secondo la solita legge esponenziale.

Quindi la legge di riattivazione varia a seconda dei valori di I_0 , i e i_0 , o meglio secondo i valori dei rapporti $\frac{i}{I_0}$ ed $\frac{i_0}{I_0}$ poichè essa riguarda il modo

con cui varia col tempo il rapporto $\frac{I}{I_0}$; però volendo persuadersi della possibilità che detta legge venga approssimativamente caratterizzata da una costante di tempo maggiore di quella propria del radio E₂, basta supporre inizialmente assente tanto il radio E₁ quanto il radio E₂.

In tal caso si può ottenere facilmente la rappresentazione grafica della legge di riattivazione, non dovendosi tener conto che del primo termine del secondo membro della (b). Prendendo in particolare per λ_1 e λ_2 i valori corrispondenti ai tempi caratteristici di giorni 6,5 e 4,8 rispettivamente, si ottiene una curva in cui la differenza fra l'ascissa massima e quella d'un punto corrente, cioè la differenza $I_0 - I$ (2), diventa metà prima in un tempo che supera i 10 giorni, poi in un tempo via via minore, ma sempre maggiore di quello che caratterizza la disattivazione del RaE₂. Questa legge di riattivazione si modifica, è vero, se si tien conto anche degli altri due ter-

(1) Infatti è lecito supporre che il RaE₁ venga somministrato in quantità costante dal RaD, data la lentezza con cui questo si trasforma, ed allora si cade nel caso IV considerato dal Rutherford in *Radio-activity*, II ed., pag. 337.

(2) In ogni curva rappresentativa della semplice legge di riattivazione espressa dalla formola $I = I_0 (1 - e^{-\lambda t})$ la differenza $I_0 - I$ fra l'ascissa massima e quella d'un punto corrente diminuisce secondo la solita legge esponenziale, infatti è $I_0 - I = I_0 e^{-\lambda t}$; dunque il tempo caratteristico di trasformazione è dato dal tempo necessario perchè questa differenza si riduca a metà del suo valore.

mini della (b), e sostanzialmente la modifica il secondo termine, il quale influisce nel senso di diminuire il valore del tempo che caratterizza la legge di riattivazione; rimane tuttavia dimostrata almeno la possibilità di avere per la riattivazione valori del tempo caratteristico maggiori di quello proprio della disattivazione.

Dal punto di vista teorico sarebbe facile verificare se l'ipotesi di Meyer e Schweidler s'accorda anche quantitativamente coi risultati sperimentali, ma io credo che sarebbe illusoria una verifica di tal genere fatta sui pochi dati sperimentali ottenuti finora; perciò mi accontento di accennare che, assumendo come valori di λ_1 e λ_2 quelli ultimamente indicati, ricavai dalla serie di dati relativi al Pb SO_4 e contenuti nella tabella I, i valori più probabili di I_0 ed i e cioè $I_0 = 2,426$; $i = 2,917$.

Calcolando poi in base a questi valori la curva di riattivazione del RaE_2 , ottenni una curva che si accorda benissimo coi dati sperimentali; faccio notare anche che il valore di I_0 così calcolato è vicinissimo al valore raggiunto dalla attività β del Pb SO_4 dopo due mesi e mezzo.

Quantunque da ciò che precede si possano fare deduzioni sicure circa la natura delle sostanze che attivano la cotunnite, pure accennerò anche alla verifica fatta relativamente all'esistenza del polonio o radio F.

Avendo usato lo schermo di alluminio per la separazione degli effetti delle due attività, mi era necessario conoscere l'assorbimento che esso esercitava sui raggi β . Sopprimendo l'effetto dei raggi α mediante una sottile lamina di mica e sperimentando sia sulla cotunnite, che sui preparati che si stavano riattivando, ottenni come valor medio del rapporto, secondo cui diminuiva l'effetto ionizzante dei raggi β per l'interposizione dello schermo di alluminio, 0,59.

Sottraendo dall'effetto totale quello dovuto all'attività β , ottenni i valori dell'attività α . Rappresentando graficamente nel modo solito i valori crescenti dell'attività α del Pb SO_4 disattivato nel modo già indicato, ottenni dei punti che si trovavano approssimativamente sopra una curva avente la concavità rivolta verso l'asse delle ordinate, come deve essere. Calcolando la curva relativa alla riattivazione di detto Pb SO_4 , ottenni un accordo sufficiente a dimostrare l'esistenza di una sostanza attiva in raggi α , che si forma per la disintegrazione di una di attività β e che presenta una tale costante di trasformazione da dover esser identificata col radio F.

Infine, l'esistenza del radio F è messa fuori dubbio dal fatto che sul Bi immerso in una soluzione di cotunnite si deposita una sostanza dotata unicamente di attività α , che diminuisce con lentezza e propriamente secondo una legge esponenziale per la quale si ridurrebbe alla metà in circa 140 giorni.

CONCLUDENDO:

1) La cotunnite vesuviana non contiene, almeno in modo apprezzabile, il radio, data l'assenza dell'emanazione e della sua attività indotta a rapida evoluzione.

2) Le sostanze che attivano la cotunnite sono quelle che costituiscono la così detta attività indotta del radio a lenta evoluzione (radio-piombo), cioè il RaD, RaE e RaF. Questo risulta tanto dalla legge di riattivazione, quanto da quella di decremento dell'attività β dovuta al RaE, ed è confermato dalla presenza del polonio separabile coi metodi noti.

3) La differenza fra la legge secondo cui aumenta l'attività β d'un preparato disattivato e quella secondo cui tende a scomparire detta attività, quando si separa la sostanza che ne è dotata dal RaD, può trovare una plausibile spiegazione ammettendo che il RaE non sia unico, ma consti di due sostanze succedentisi nella serie delle trasformazioni, di cui solo la seconda sia dotata di attività β .

4) Altre sostanze radioattive pare che non accompagnino la cotunnite, data l'assenza dell'uranio, come si può accertare con metodi chimici (F. Zambonini, loc. cit., pag. 978) e data la mancanza di emanazione e della corrispondente attività indotta. Inoltre le attività α e β si distinguono così nettamente tanto nei processi di riattivazione, quanto in quelli di disattivazione, che vanno attribuite unicamente a due sostanze, come il RaE ed il RaF, che emettono l'una solo i raggi β e l'altra solo i raggi α , e che si succedono immediatamente nella serie delle trasformazioni radioattive.

Osserverò da ultimo che il trovarsi l'attività indotta del radio a lenta trasformazione, per la massima parte, nei minerali di piombo fra tutti i prodotti vulcanici, può trovare una ragione nel fatto che molte proprietà chimiche del RaD sono affatto simili a quelle del Pb, come ho potuto farmi certo trattando la cotunnite in diversi modi: ho sempre trovato infatti che il radio D accompagna quasi esclusivamente il Pb sia allo stato metallico (per es. precipitandolo col magnesio) sia allo stato di combinazione; aggiungasi che il RaD volatilizza ad una temperatura più vicina al punto di ebollizione del Pb, del suo solfuro e meglio ancora del cloruro, che non a quello degli altri prodotti vulcanici, e quindi volatilizza e si condensa quasi contemporaneamente coi detti composti del piombo.