IL TORIO CONSIDERATO COME AGENTE DELLA RADIOATTIVITÀ TERRESTRE.**G. A. BLANC.**

I risultati da me ottenuti nello studio del materiale radioattivo contenuto nell'atmosfera, a Roma e nei dintorni, ¹⁾ hanno mostrato quale parte notevole abbiano i prodotti di trasformazione del torio nei fenomeni di radioattività atmosferica, specialmente per ciò che riguarda la produzione delle radiazioni penetranti scoperte da Rutherford e da Cooke.

Ora, dalla considerazione di codesti risultati, i quali mostrano che dell'emanazione torica si riversa continuamente per diffusione dal suolo nell'atmosfera, si è subito condotti a chiedersi quale sia la quantità di torio che deve esistere nell'unità di massa del suolo per produrre gli effetti osservati. Inoltre, siccome la presenza di prodotti di trasformazione del torio nell'atmosfera è stata in questi ultimi tempi constatata anche da altri sperimentatori in diverse regioni del globo e che le misure fatte valendosi dell'artificio delle lunghe esposizioni da me indicato hanno permesso di constatare che i valori del rapporto fra le attività indotte di tipo radio e di tipo torio sono in generale abbastanza simili a quelli da me trovati a Roma, nasce il problema di determinare quali siano le quantità di torio contenute nell'unità di massa dei materiali costituenti i vari suoli, tanto più se si pensa che il torio non è stato mai preso in considerazione da coloro i quali si sono occupati della radioattività della crosta terrestre. Le ricerche di Strutt ²⁾ hanno infatti mostrato quale sia la quantità di radio contenuta in un gran numero di rocce ignee e sedimentarie, ma nessuno, che io sappia, ha mai tentato si-

1) *Nuovo Cimento*, maggio-giugno 1906; *Phil. Mag.*, febbraio 1907; *Nuovo Cimento*, settembre 1907.

2) *Le Radium*, III, 1906, pp. 162 e 266.

mile determinazione nel caso del torio. Nella presente nota descriverò anzitutto le esperienze da me eseguite per giungere ad una determinazione, se non altro approssimativa, della proporzione di torio contenuto nel suolo, a Roma, ed infine i primi risultati ottenuti nella ricerca da me intrapresa allo scopo di determinare le quantità di torio contenute in rocce di diversa natura e provenienza.

Il principio del metodo da me adottato per la determinazione della quantità di torio contenuta nel suolo, a Roma, è stato il seguente: raccogliere su di un filo metallico, carico negativamente, la totalità dei prodotti torio A, B e C risultanti dalla disintegrazione dell'emanazione torica che si sprigiona, in condizioni normali, da una determinata area di suolo, e desumere poi, da esperienze comparative, la quantità di torio che deve essere contenuta nell'unità di massa del terreno per produrre l'effetto osservato.

Le esperienze vennero eseguite nel modo seguente): una grande campana di vetro, alta cm. 45 e del diametro interno di cm. 28,5 veniva capovolta sul suolo dei giardini di Panisperna, circondanti l'Istituto Fisico, il terreno essendo stato in precedenza liberato dall'erba che lo ricopriva. Nell'interno della campana era sospeso, ad un tappo di zolfo, un filo di rame di mm. 2 di spessore e di un metro circa di lunghezza, avvolto ad ampia spirale, il quale era mantenuto in comunicazione col polo negativo di una batteria di 240 piccoli accumulatori. La superficie interna della campana era stata resa conduttrice da un velo di acido fosforico.

Dopo un'esposizione di tre giorni (necessaria ad ottenere, come ho dimostrato altrove ¹⁾, il 99 %, circa dell'attività indotta totale di tipo torio), il filo veniva rapidamente avvolto su di un telaio cilindrico ed introdotto nella cassa di un elettroscopio sensibile, la cui perdita a vuoto era stata determinata in precedenza.

1) I primi risultati di queste ricerche furono comunicati nell'adunanza del 27 aprile 1907, della Sezione di Roma della Società Italiana di Fisica.

2) *Nuovo Cimento*, settembre 1907.

Anzitutto vennero eseguite delle esperienze per accertare se il potenziale negativo dato al filo era sufficiente, date le dimensioni della campana, ad attirare ed a fissare su di esso la totalità dei prodotti torio A, B e C, provenienti dalla disintegrazione dell'emanazione sprigionantesi dall'area di suolo ricoperta. Ciò venne dimostrato dal fatto che aumentando ancora tale potenziale l'intensità iniziale dell'attività indotta di tipo torio rimaneva sensibilmente la stessa. Che, d'altra parte, i prodotti solidi provenienti dalla disintegrazione dell'emanazione rimasta nel terreno possano riversarsi nell'atmosfera, non è ammissibile, come ho già avuto occasione di dire altra volta, se si pensa alla tendenza che hanno tali prodotti ad andarsi a fissare sui solidi nelle cui vicinanze vengono a trovarsi.

Si capisce quindi come l'intensità dell'attività indotta di tipo torio manifestata dal filo dovesse, in queste mie esperienze, essere proporzionale alla quantità di emanazione torica che si sprigionava dal terreno.

Nella fig. 1 sono riportate delle curve di disattivazione ottenute in alcune delle numerose esperienze fatte. Da queste curve, ragionando come nel caso, già da me trattato, di un filo esposto all'aria libera, è facile vedere quali siano i valori relativi delle attività indotte di tipo radio e di tipo torio (ricorderò che il tratto punteggiato completa la curva di disattivazione di tipo torio, tagliando l'asse delle ordinate in un punto che dà il valore dell'attività iniziale di questo tipo)¹⁾.

Aggiungerò che le esperienze vennero ripetute variando anche il luogo dell'attivazione (sempre però nel giardino di Panisperna), e che i risultati furono sensibilmente i medesimi.

Avendo in tal modo determinato l'attività indotta generata dall'emanazione torica che si sprigiona da una determinata area di terreno, rimaneva da stabilire quale dovesse es-

1) Farò qui notare incidentalmente come dall'esame di queste curve appaia il fatto, già da me altra volta accertato nel caso del filo esposto all'aria libera, che, mentre l'attività indotta di tipo radio varia notevolmente a seconda dei giorni, quella di tipo torio si mantiene invece pressochè costante, fenomeno questo del quale ho suggerito una possibile spiegazione.

sere la proporzione di torio contenuta nell'unità di massa del terreno stesso per produrre l'effetto osservato. Ora qui si presentava una difficoltà, pel fatto che i varii composti di torio hanno un diverso potere emanante, ossia hanno una di-

Fig. 1.

versa tendenza a mantenere occlusa l'emanazione da essi prodotta, e che noi, d'altra parte, ignoriamo in quale stato di combinazione possano trovarsi le tracce di torio contenute nel suolo.

Servendosi tuttavia, per le esperienze di paragone, di quello, fra tutti i composti di torio, il quale è dotato di maggiore potere emanante, ossia dell'idrossido, si otterrà un risultato il quale evidentemente dovrà essere considerato come un minimo.

Tali determinazioni vennero eseguite nel modo seguente: anzitutto si cercò di stabilire la profondità massima dalla quale

può provenire l'emanazione torica la quale dal suolo si riversa, per diffusione, nell'atmosfera. Data la rapidità con cui si disintegra tale emanazione era da aspettarsi che lo spessore dello strato di terreno utile dovesse essere relativamente piccolo. Per accertarlo venne preparato un miscuglio intimo di terra e idrossido di torio, aggiungendo ad alcuni grammi della prima alcuni decigrammi del secondo, e vennero introdotti successivamente strati di spessore sempre crescente di cotesto miscuglio entro il piattello di un elettroscopio simile a quello descritto in una precedente nota ¹⁾. Non appena introdotto il piattello, la ionizzazione nell'elettroscopio incominciava a crescere, pel diffondersi dell'emanazione dallo strato di materiale attivo, fino a che, dopo qualche minuto, veniva raggiunto un massimo. La misura veniva ogni volta eseguita dopo raggiunto questo massimo. Ora se considerando i risultati in tal modo ottenuti, si portano sull'asse delle ascisse gli spessori, espressi in mm., di materiale emanante, e su quello delle ordinate le intensità massime di ionizzazione, si ottiene la curva riportata nella fig. 2.

Fig. 2.

¹⁾ *Nuovo Cimento*, luglio-agosto 1907.

Siccome in simili condizioni, e per spessori dello stratorifero non inferiori a qualche millimetro, si può ritenere che la ionizzazione sia sensibilmente proporzionale alla quantità di emanazione che si diffonde nell'aria, essendo trascurabile in confronto l'effetto dovuto alle radiazioni uscenti dalla massa del materiale attivo, se ne conclude che la totalità dell'emanazione torica la quale dal suolo si riversa nell'atmosfera proviene, in condizioni normali, da uno strato di terreno superficiale il cui spessore non può superare qualche centimetro.

Cio stabilito, la determinazione della quantità di idrossido di torio che occorrerebbe fosse contenuta nell'unità di massa del terreno per produrre l'effetto osservato venne eseguita nel seguente modo: Venne preparato un miscuglio intimo di 32 gr. di terra e di 4 gr. di idrossido di torio, e di questo miscuglio venne riempito un tubo di vetro, aperto ad una estremità; in tal modo si aveva una colonna di materiale emanante di sezione nota, e cioè cm^2 . 0,385, e dell'altezza di circa 10 cm. Questo tubo venne collocato in posizione verticale sotto la stessa campana, contenente la spirale carica negativamente, e collocata sul pavimento di una stanza. Dopo tre giorni di esposizione, il filo mostrava un'attività indotta di tipo torio puro; questa esperienza venne ripetuta varie volte e la media delle attività ottenute confrontata colla media dei valori iniziali dell'attività indotta di tipo torio ottenuti attivando la spirale in presenza del terreno.

Da codesto confronto risulta che l'attività indotta prodotta dal miscuglio di terra e idrossido di torio è 4,04 volte maggiore che non quella prodotta dal terreno. Ma l'area di suolo ricoperta dalla campana è di cm^2 . 637,9; la sezione del tubo contenente il miscuglio di cm^2 . 0,385. A parità di superficie il miscuglio emette dunque una quantità di emanazione torica $4,04 \times \frac{637,9}{0,385} = 6693,8$ volte maggiore di quella emessa dal terreno. Ma siccome il miscuglio contiene 11,11 % del suo peso di idrossido di torio, bisogna ammettere che il terreno deve contenere una quantità di torio tale da generare la quan-

tità di emanazione che produrrebbe se $\frac{11,11}{6693,8} = 0.00166\%$ della sua massa fosse costituito dall'idrossido di quel metallo.

Ciò equivale a dire che la proporzione di idrossido di torio, necessaria a produrre gli effetti osservati sarebbe di gr. 0,0000166 per grammo di terreno, ossia gr. 0,0000145 di torio per grammo ¹⁾).

Ora, come ho già detto, l'idrossido è, fra tutti i composti di torio quello che maggiormente emana. Se quindi il torio si trovasse nel suolo sotto un'altra forma, ne occorrerebbero delle quantità considerevolmente maggiori per dare origine agli effetti osservati.

Ottenuto questo primo risultato, mi parve interessante di intraprendere una ricerca allo scopo di stabilire se il torio sia effettivamente contenuto in quantità radioattivamente apprezzabili nella generalità delle rocce costituenti la crosta terrestre, e nel caso affermativo, stabilire con un metodo più preciso di quello adoperato innanzi le quantità di codesto corpo contenute in esse.

Trattandosi in ricerche di questo genere di mettere in evidenza la presenza di tracce minime di materia radioattiva, la difficoltà principale consiste nel mettersi assolutamente a riparo dagli errori che potrebbero nascere per la presenza accidentale di tracce di sostanze radioattive, sia nei prodotti chimici, sia nei recipienti e negli apparecchi che in tali ricerche vengono adoperati. Allo scopo di ovviare ad ogni possibile dubbio che potesse sorgere in proposito, credo opportuno di esporre tutte le precauzioni da me prese perchè simili inconvenienti non avessero in alcun modo a verificarsi.

Anzitutto il locale nel quale venne eseguito il trattamento chimico non presentava alcun pericolo di contaminazione per parte di sostanze radioattive, nè erano stati mai introdotti in

1) Questo valore, sebbene dello stesso ordine, è alquanto inferiore a quello da me indicato nel rapporto sulla radioattività da me presentato al Congresso di Parma della Società Italiana per il progresso delle Scienze, nel 1907, e che era stato dedotto in base ad esperienze preliminari

esso sali di torio, nemmeno sotto forma di reticelle per l'incandescenza a gas. ¹⁾ Inoltre i recipienti e gli apparecchi adoperati erano nuovi, e con essi vennero eseguite prove preliminari per accertare che i reagenti adoperati, vale a dire il carbonato di potassio e di sodio, gli acidi cloridrico e solforico e l'ammoniaca fossero privi di tracce apprezzabili di attività di tipo torio.

Finalmente i campioni di rocce destinati alle indagini venivano tolti in seno a blocchi più grossi, in modo da presentare delle facce di rottura fresche su tutta la loro superficie.

Il procedimento chimico seguito è stato il seguente: Un determinato peso di ciascun campione di roccia, ridotta in polvere finissima, veniva fuso a lungo in capsula di platino con un miscuglio di carbonati di sodio e di potassio, e la massa risultante da tale fusione veniva sciolta in acqua distillata: dopo filtrazione, la parte insolubile in acqua veniva trattata con acido cloridrico, e alla soluzione corrispondente, dopo separazione della silice gelatinosa per filtrazione, veniva aggiunta una quantità di acido solforico sufficiente a provocare la precipitazione della totalità dei solfati insolubili (e quindi del radio), i quali alla loro volta venivano separati mediante filtrazione. Ciò fatto, alla soluzione veniva aggiunta dell'ammoniaca fino a completa precipitazione degli idrossidi, i quali, raccolti su di un filtro, venivano essiccati e ridotti in polvere finissima.

Esaminati all'elettrometro, questi idrossidi presentavano una attività, la quale andava gradualmente crescendo per qualche settimana. Ora poteva nascere il sospetto che l'attività riscontrata in essi potesse provenire dalla presenza di qualche elemento radioattivo non appartenente alla famiglia dei prodotti di trasformazione del torio. Era necessario dunque, benchè i procedimenti chimici seguiti nella ricerca fossero tali da escludere la presenza di quantità apprezzabili di radio, assicu-

1) Questo lavoro venne eseguito nel Laboratorio Chimico Municipale di Chambéry, al cui Direttore, Prof. Hollande, tengo ad esprimere qui nuovamente la mia viva gratitudine per l'ospitalità concessami.

rarsi in modo diretto dell'assenza di codesto corpo. Benchè tale verifica sia stata fatta in ultimo luogo, vale a dire dopo che erano state compiute le misure che descriverò in appresso, purtuttavia credo opportuno parlarne ora. I campioni d'idrossidi riscontrati attivi vennero sciolti in acido cloridrico diluito, e la soluzione unica così ottenuta venne lasciata a sè per quindici giorni circa entro una boccia di Wulf ermeticamente chiusa; indi venne fatta gorgogliare dell'aria attraverso alla soluzione, e quest'aria, dopo essere rimasta per un certo tempo in un secondo recipiente, per permettere all'emanazione torica di disintegrarsi totalmente, ed essere stata filtrata attraverso dell'ovatta per eliminare ogni traccia di prodotti di trasformazione dell'emanazione stessa, venne introdotta in un elettroscopio a cassa metallica, appositamente costruito, e la cui perdita di carica con aria della stanza era stata determinata in precedenza. Eseguite tali determinazioni venne preparata una soluzione campione contenente grammi 5×10^{-9} di radio, che venne lasciata a sè per due giorni chiusa nella boccia di Wulf: fattavi gorgogliare dell'aria, ed introdotta quest'aria nella cassa dell'elettroscopio, vennero eseguite nuove determinazione della perdita di carica.

Le medie dei tempi impiegati dalla fogliolina d'alluminio dell'elettroscopio per percorrere una medesima divisione della scala micrometrica, sono riportate nella seguente tabella:

Con aria della stanza	Con aria gorgogliata nella soluzione degli idrossidi.	Con aria gorgogliata nella soluzione di gr. 5×10^{-9} di Ra
22' 34"	22' 37"	3' 1"

Siccome la quantità complessiva degli idrossidi provenienti dai campioni di rocce era di circa 500 gr., la presenza in essi di gr. 10^{-14} di radio per grammo avrebbe prodotto un'azione paragonabile a quella prodotta dai 5×10^{-9} gr., di radio della soluzione campione.

D'altra parte, come vedremo in seguito, l'attività presentata dagli idrossidi da me separati corrisponde appunto a quella

che produrrebbe la presenza in essi di quantità di radio superiori a 10^{-11} gr., per grammo, per cui, data la sensibilità del metodo adoperato per questa verifica si può concludere che il radio non ha parte in misura sensibile nell'attività degli idrossidi da me separati dalle rocce.

Esclusa la possibilità della presenza di tracce di radio le quali abbiano potuto avere un'azione sensibile, rimane da stabilire se l'attività osservata sia effettivamente dovuta a torio. Ora, benchè io non possa affermare in modo assoluto l'assenza di tracce di altri corpi radioattivi, credo di poter dire che l'azione radioattiva osservata negli idrossidi da me separati è dovuta, se non esclusivamente, almeno in massima parte ai prodotti della famiglia del torio.

Ho potuto difatti ottenere con codesti idrossidi dei fenomeni di radioattività indotta sensibili, adoperando all'uopo un'elettroscopio destinato allo studio della ionizzazione dell'aria nei recipienti chiusi, e l'andamento del processo di disattivazione è stato simile a quello dell'attività indotta del torio, senza che, d'altra parte, mi sia stato possibile osservare una maggiore rapidità iniziale della disattivazione stessa, quale si sarebbe dovuta avere nel caso fossero stati presenti in misura sensibile prodotti di trasformazione dell'attinio.

Rimarrebbe, se mai, da chiedersi quale parte abbiano potuto avere nelle mie esperienze le quantità di uranio che, secondo la teoria di Rutherford, così esattamente confermata da Boltwood, devono nella rocce esistere in corrispondenza alla quantità di radio presente. Senonchè delle esperienze da me fatte in proposito, aggiungendo ai miei idrossidi delle quantità note d'uranio, mi hanno mostrato che le quantità di questo metallo che dovrebbero esistere in essi per produrre gli effetti da me osservati sono assai maggiori delle quantità che dal valore del rapporto $\frac{\text{uranio}}{\text{radio}}$ riscontrato da Rutherford e Boltwood si dovevano prevedere ¹⁾.

1) L'effetto incomparabilmente minore prodotto dalla aggiunta di una determinata quantità di uranio agli idrossidi, a paragone dell'effetto osservato aggiungendo quantità dello stesso ordine d'idrato di torio, si spiega, del resto, malgrado che l'attività dell'uranio e del torio sia pressochè la medesima, pel fatto che dalla massa degli idros-

Vediamo ora quale era il procedimento seguito per determinare la proporzione di torio contenuta nei vari campioni di rocce.

Una determinata quantità degli idrossidi, di cui sopra, veniva introdotta nella cassa di un elettroscopio a foglia d'alluminio, a chiusura ermetica, del tipo da me già descritto altra volta ¹⁾.

Le misure, che erano ripetute varie volte, venivano incominciate dieci minuti dopo l'introduzione degli idrossidi nell'apparecchio acciocchè l'emanazione avesse raggiunto l'equilibrio radioattivo.

Indi, agli idrossidi suddetti veniva intimamente mescolata una quantità nota d'idrossido di torio, ottenuto dal nitrato chimicamente puro della casa de Haen, preparato da vari mesi, e perciò in equilibrio radioattivo col torio X. Con questa miscela venivano ripetute le misure descritte ora, servendosi del medesimo elettroscopio.

Per mostrare la serie di misure e di calcoli fatti per ogni campione di rocce basterà che io riporti per disteso i dati riguardanti una delle determinazioni.

Sienite della cava di *Bagni (Biella)*. La quantità di roccia trattata era di 250 grammi, i quali hanno fornito gr. 195 d'idrossidi. Di questi, 60 gr. vennero introdotti nell'elettroscopio: il tempo impiegato dalla fogliolina per cadere di una divisione risultò di 303"; Ai 60 gr. d'idrossidi vennero intimamente mescolati 0,01 gr. d'idrossido di torio: il tempo di caduta della fogliolina per divisione risultò ora di 126. La caduta a vuoto era di 1 divisione in 1440". Fatta la debita correzione per tale perdita di carica a vuoto, la quantità di idrossido di torio contenuta originariamente nei 60 gr. di idrossidi risultava 28 volte minore di quella esistentevi dopo

sidi contenenti il torio si sprigiona dell'emanazione, alla quale sono dovuti in gran parte gli effetti di ionizzazione osservati, mentre simile fenomeno non si verifica per l'uranio.

1) *Nuovo Cimento*, luglio 1907.

l'aggiunta di 0,01 gr. della stessa sostanza, per cui risultava che la quantità d'idrossido di torio originariamente contenuta nei 60 gr. d'idrossidi era di gr. 0,00555, ossia di grammi 0.0000925 per grammo. Ma gr. 0,0000925 di idrossido di torio, contengono gr. 0,0000807 di torio.

D'altra parte ricordando che gr. 250 di roccia hanno fornito gr. 195 d'idrossidi, si ricava che ogni grammo di roccia deve contenere gr. 0,0000630 di torio.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati da me ottenuti applicando cotesto procedimento:

Natura della roccia	Provenienza	Quant. di Th in gr. per gr.
Sienite	La Balma (Biella)	$8,28 \times 10^{-5}$
Sienite	Bagni (Biella)	$6,30 \times 10^{-5}$
Granito	Baveno	$3,14 \times 10^{-5}$
Granito	Vosgi (Francia)	$2,07 \times 10^{-5}$
Protogino	Beaufort (Savoia)	Quant. non apprezzabile

È interessante notare come le quantità di torio per grammo riscontrate in quattro sui cinque campioni di rocce da me esaminati siano dell'ordine di grandezza della cifra 1.45×10^{-5} gr. da me dedotta, con metodo assolutamente diverso, per la proporzione di torio contenuta nel suolo di Roma.

Ora è interessante di vedere quali possano essere, dal punto di vista della radioattività terrestre, le azioni che eserciterebbero quantità di torio di tale ordine diffuse in seno alle rocce ed al suolo, paragonandole alle azioni dello stesso genere esercitate dal radio, che le esperienze di Strutt e di altri hanno mostrato esservi contenute pur notando che il numero delle determinazioni fatte sino ad ora non permette di trarre per il momento delle conclusioni definitive.

Le azioni che verranno qui prese in considerazione sono di due specie, e cioè azione termica, prodotta principalmente dalla trasformazione di energia cinetica che accompagna l'as-

sorbimento dei corpuscoli in seno alle rocce ed al terreno ed azione di ionizzazione dell'aria atmosferica per parte delle radiazioni direttamente emesse dai vari prodotti contenuti nei materiali stessi.

Azione termica. — Una determinazione assai accurata della quantità di calore prodotta da una determinata massa di ossido di torio è stata recentemente fatta da Pegram e Webb¹⁾, i quali hanno dimostrato che un grammo di codesto composto di torio, in cui si possa considerare raggiunto lo stato di equilibrio radioattivo con tutti i successivi prodotti di trasformazione, compreso il radiororio, produce $2,1 \times 10^{-5}$ piccole calorie all'ora. Ora 1 gr. di ossido di torio (Th O_2) contiene gr. 0,879 di torio, per cui si deduce che 1 gr. di torio in equilibrio radioattivo produce $2,38 \times 10^{-5}$ piccole calorie all'ora.

Se si ammette, come sembra verosimile, che il procedimento chimico da me seguito nell'esame dei campioni di rocce sia stato tale da separare cogli idrati, insieme al torio, la totalità del radiororio esistente in essi, sarà facile ricavare la quantità di calore prodotta nell'unità di tempo in ogni grammo di ciascuna roccia, dalla disintegrazione del torio e dei suoi successivi prodotti.

I risultati, ai quali è stato aggiunto quello che si è ottenuto pel terreno di Panisperna, esaminato con metodo diverso, sono riportati nella seguente tabella:

Natura del materiale	Provenienza	Quantità di Th in gr. per gr.	Quantità di calore generata al- l'ora in un gr. del materiale dal torio e dai suoi prodotti.
Sienite	La Balma (Biella)	$8,28 \times 10^{-5}$	$19,70 \times 10^{-10}$ picc. cal.
Sienite	Bagni (Biella)	$6,30 \times 10^{-5}$	$15,00 \times 10^{-10}$ » »
Granito	Baveno (Lago Magg.)	$3,14 \times 10^{-5}$	$7,47 \times 10^{-10}$ » »
Granito	Vosgi (Francia)	$2,07 \times 10^{-5}$	$4,93 \times 10^{-10}$ » »
Terra vegetale	Panisperna (Roma)	$1,45 \times 10^{-5}$	$3,45 \times 10^{-10}$ » »

1) *Le Radium*, V, pag. 271, 1908.

Dalle cifre dell'ultima colonna si vede che la media delle quantità di calore prodotte dai componenti la serie del torio nei materiali da me esaminati è di $1,01 \times 10^{-9}$ picc. cal. all'ora per grammo.

Ora la quantità media di radio trovata da Strutt nel grande numero di rocce ignee da esso esaminate è di circa $3,35 \times 10^{-12}$ gr. per gr. D'altra parte dalle esperienze di Rutherford risulta che 1 gr. di bromuro di radio in equilibrio radioattivo coi suoi successivi prodotti, fino al radio C, produce 65 picc. cal. all'ora; siccome 1 gr. di bromuro di radio (Ra Br_2) contiene gr. 0,586 di radio, se ne deduce che 1 gr. di radio, in equilibrio radioattivo coi suoi prodotti successivi fino al radio C, produce 110 picc. cal. all'ora.

Ma nelle rocce il radio deve considerarsi in istato di equilibrio radioattivo con tutti i membri della sua famiglia, tanto antecedenti quanto susseguenti ad esso, dall'uranio al radio F (polonio); occorrerà dunque, se si vuole stabilire la quantità di calore prodotta in seno alle rocce da tutta la serie uranio-radio-radio F, vedere anzitutto quale debba essere la correzione da farsi alla cifra suindicata del Rutherford, la quale, come ho detto, si riferisce alla quantità di calore generata dal radio in equilibrio coi soli prodotti successivi fino al radio C.

Ora, siccome la produzione di calore per parte dei corpi radioattivi è dovuta alla trasformazione di energia che accompagna l'assorbimento della radiazione α , è evidente che volendo considerare la totalità del calore prodotto da tutti i membri della famiglia uranio-radio-radio F, bisognerà aggiungere alla cifra indicata da Rutherford le calorie generate dall'uranio, dallo ionio e dal radio F, che sono precisamente i tre membri della suddetta famiglia i quali emettono raggi α e che non intervenivano nelle esperienze di Rutherford.

Ricordando che nello stato di equilibrio radioattivo le masse di ciascun prodotto presente sono inversamente proporzionali al numero di atomi di quel prodotto che per unità di massa si disintegrano nell'unità di tempo, si vede che il numero complessivo di corpuscoli α emessi nell'unità di tempo dev'essere proporzionale al numero di prodotti presenti (la

cui disintegrazione, beninteso, sia accompagnata dall'emissione di simili corpuscoli). In altre parole, per ogni corpuscolo α emesso da un prodotto ve ne sarà uno emesso da ciascuno degli altri prodotti. Ora i prodotti emettenti corpuscoli α , dal radio al radio C sono 4, per ognuno dei corpuscoli α emessi dai quali bisognerà aggiungerne altri 3 emessi rispettivamente dall'uranio, dallo ionio e dal radio F.

Senonchè la velocità con cui sono lanciati cotesti corpuscoli, pur essendo sempre la stessa per un medesimo prodotto, varia col variare di questo: benchè non sia stato ancora definito il modo con cui varia la produzione di calore col variare della velocità del corpuscolo α , potremo ammettere che, almeno entro i limiti abbastanza ristretti che a noi interessano per la soluzione del nostro problema, la quantità di calore prodotta nell'arresto del corpuscolo α sia proporzionale all'energia cinetica da esso posseduta inizialmente, allorchando venne lanciata fuori dell'atomo. In tal caso è facile vedere che, date le velocità iniziali dei corpuscoli α emessi dal radio, dall'emanazione, dal radio A e dal radio C da una parte e dall'uranio, dallo ionio e dal radio F dall'altra, la cifra suindicata del Rutherford deve venir moltiplicata per 1,5, allo scopo di ottenere la quantità approssimativa di calore prodotta da 1 gr. di radio in equilibrio radioattivo con tutti i membri della sua famiglia dall'uranio al radio F. Tale quantità risulta quindi pari a 165 picc. cal. all'ora.

Ne viene di conseguenza che la quantità media di calore prodotta nelle rocce esaminate da Strutt dai membri della famiglia uranio-radio-radio F è di circa $5,54 \times 10^{-10}$ picc. cal. all'ora e per grammo.

Donde si conclude che la quantità media di calore prodotta dalla famiglia del torio nei materiali esaminati da me è all'incirca doppia della quantità media di calore prodotta dalla famiglia uranio-radio-radio F nelle rocce ignee esaminate da Strutt.

Azione ionizzante. — Passiamo ora ad esaminare un'altra azione assai importante esercitata dai corpi radioattivi diffusi

nella crosta terrestre, e cioè l'azione ionizzante che esercitano le loro radiazioni in seno all'aria atmosferica.

E qui occorre fare anzitutto una distinzione tra gli effetti dovuti ai vari tipi di raggi.

Incominciando dai raggi α è chiaro che, benchè il loro potere ionizzante sia incomparabilmente superiore a quello dei raggi β e γ , la loro azione come causa generatrice di ioni atmosferici, finchè si tratta di radiazioni provenienti da sostanze contenute nel suolo, si deve considerare come assai piccola. È sufficiente per convincersene ricordare che basta qualche millesimo di millimetro di spessore di un solido qualsiasi, e qualche centimetro di aria, per assorbire completamente questa specie di raggi. Potranno dunque soltanto intervenire come generatori di ioni atmosferici i corpuscoli α provenienti da un sottilissimo strato superficiale del suolo, qualunque sia la natura di questo, ed inoltre la loro azione ionizzante si esplicherà soltanto entro una zona d'aria di alcuni centimetri di spessore (e precisamente dello spessore di 8,6 cm., distanza questa che rappresenta il massimo percorso ionizzante che può fare il corpuscolo α dotato di maggiore velocità iniziale, e cioè quello del torio C, e questo quando l'atomo che si disintegra non sia separato dall'aria da uno strato di materiale assorbente).

Ma d'altra parte, per ciò che si è detto poc' anzi intorno alla quantità di calore generata in seno alle rocce, ricordando la proporzionalità trovata da Rutherford tra il potere calorifico e la radiazione α , si desume che la intensità media della radiazione α prodotta dalla serie del torio nei materiali da me esaminati dev'essere all'incirca doppia di quella della radiazione α prodotta dalla serie uranio-radio-radio F nelle rocce ignee trattate da Strutt, per cui si può dire che il numero di ioni prodotti dai raggi α della serie del torio nelle vicinanze immediate dei materiali esaminati da me deve essere anch'esso all'incirca doppio del numero di ioni prodotti dalla radiazione α nelle vicinanze immediate dei materiali esaminati da Strutt.

Per ciò che riguarda i raggi β , occorrerebbe conoscere il rapporto esistente tra le attività specifiche della serie ura-

nio-radio-radio F e della serie del torio, misurate per questi raggi. Ad ogni modo si può ritenere che, benchè più penetranti dei raggi α , dato il loro debole potere ionizzante, non debbano avere una parte notevole nella produzione degli ioni atmosferici.

Rimane peraltro da prendere in esame le radiazioni γ , visto che è da ritenersi che una notevole parte della radiazione penetrante dell'atmosfera provenga precisamente dai materiali radioattivi occlusi nel suolo, ed anzitutto cerchiamo di vedere quale sia il valore del rapporto esistente fra le attività specifiche misurate in raggi γ , corrispondenti rispettivamente alle serie uranio-radio-radio F e del torio, ambedue in istato di equilibrio radioattivo. Ora tale rapporto noi lo possiamo dedurre dai risultati di una ricerca di Eve ¹⁾: accurate esperienze eseguite da questo fisico mostrano infatti che a parità di massa la radiazione γ emessa dal bromuro di radio, in equilibrio radioattivo coi suoi successivi prodotti fino al radio C, è $4,5 \times 10^6$ volte più intensa della radiazione γ emessa dal torio in equilibrio radioattivo con tutti i suoi successivi prodotti di trasformazione, compreso il radiotorio.

Rimane peraltro da vedere se cotesta cifra debba venir corretta pel fatto che nelle esperienze di Eve non entravano in giuoco i prodotti della famiglia uranio-radio-radio F antecedenti al radio e susseguenti al radio C. Ora se si esaminano tutti i prodotti di questa famiglia si vede che i due soli che generano raggi γ sono l'uranio X ed il radio C; senonchè la radiazione γ dell'uranio X ha un potere penetrante così debole rispetto a quella del radio C, da poter essere trascurata.

Potremo dunque servirci del valore trovato da Eve pel rapporto tra le attività specifiche misurate in raggi γ delle due serie di prodotti.

Ricordando che la quantità media di torio esistente nei miei materiali è di $4,25 \times 10^{-5}$ gr. per gr. e che la quantità media di radio esistente nelle rocce ignee esaminate da Strutt è di $3,35 \times 10^{-12}$ gr. per gr. si ricava subito che l'intensità della radiazione γ emessa dal torio contenuto nei miei mate-

1) *Amer. Journal of Sc.* Dicembre 1906. *Le Radium*, IV. p. 124, 1907.

riali è 5,7 volte maggiore dell'intensità della radiazione γ emessa dal radio contenuto nelle rocce ignee di Strutt.

Mi sembra interessante prima di terminare, di richiamare l'attenzione su di alcune osservazioni fatte da Eve, la cui interpretazione può venir chiarita mediante i risultati da me ottenuti. In un primo lavoro, Eve ¹⁾ ha cercato di dedurre la quantità di radio contenuta nel cm³ del suolo a Montreal dalla intensità della radiazione penetrante emessa dal suolo stesso, ed ha trovato per risultato gr. $1,8 \times 10^{-14}$ per cm³: in un ulteriore lavoro fatto in collaborazione col Mac Intosh ²⁾ lo stesso autore descrive delle esperienze eseguite seguendo il procedimento chimico adoperato da Strutt, e dalle quali risulta che la proporzione media di radio contenuta nelle rocce provenienti dalla regione di Montreal è di gr. $1,1 \times 10^{-13}$ per grammo, il che, assumendo per la densità media delle rocce stesse il valore 2,6, equivale ad una proporzione di gr. $2,9 \times 10^{-13}$ per cm³, valore questo circa 6 volte minore di quello trovato dallo stesso Eve col precedente metodo.

Ora è chiaro che mentre col secondo metodo basato sulla misura della quantità di emanazione di radio prodotta in seno ad una soluzione della roccia si ottiene una misura della quantità di radio in essa contenuta, col primo metodo, basato sulla determinazione dell'intensità della radiazione penetrante che viene emessa dal suolo o da un campione di roccia, si vengono ad osservare gli effetti prodotti dall'insieme di sostanze radioattive emettenti raggi γ le quali oltre al radio C possono trovarsi nelle rocce, ed in particolare dal torio C.

La discrepanza esistente tra i risultati ottenuti da Eve adoperando i due metodi sopra indicati va, secondo me, probabilmente attribuita alla presenza di torio nel suolo di Montreal.

Come ho già detto, i risultati da me ora comunicati vanno considerati come i primi di una serie di analisi radioattive di

1) *Phil. Mag.* Settembre 1906.

2) *Phil. Mag.* Agosto 1907.

un certo numero di rocce di diversa natura e provenienza, la quale è ora in corso; le minute precauzioni che sono indispensabili in ricerche di questo genere per evitare ogni possibile causa d'errore, e che sono state descritte nella mia precedente Nota, fanno sì che il lavoro proceda con una certa lentezza. Ho voluto tuttavia sin da ora comunicare alcune delle interessanti conseguenze che da questi miei primi risultati si possono dedurre.

Roma, Istituto Fisico della R. Università.