

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVI.

1909

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1909

Fisica. — *L'azione termica e l'azione ionizzante del torio contenuto nelle rocce.* Nota di G. A. BLANC, presentata dal Socio V. VOLTERRA.

Ho avuto campo in due miei precedenti lavori, di mostrare come il torio, che fino ad ora non era stato preso in considerazione da coloro i quali si sono occupati della radioattività della crosta terrestre, debbasi invece, sotto questo aspetto, considerare come un agente d'importanza forse anche superiore a quella del radio.

Ricorderò che le determinazioni della quantità di torio esistente nel terreno del giardino di Panisperna, in Roma (1), hanno mostrato esservi contenuti almeno gr. $1,45 \times 10^{-5}$ di torio per grammo, dovendosi tale cifra considerare come un minimo, mentre ricerche condotte con un metodo del tutto diverso, ed assai più preciso (2), mi hanno permesso di constatare la presenza, in quattro su cinque campioni di rocce granitiche da me esaminati, di quantità di torio varianti tra $2,07 \times 10^{-5}$ e $8,28 \times 10^{-5}$ gr. per grammo di roccia.

Ora è interessante di vedere quali possano essere, dal punto di vista della radioattività terrestre, le azioni che devono esercitare 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 contenuto.

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'assorbimento dei corpuscoli α in seno alle rocce ed al terreno, ed azione di ionizzazione dell'aria atmosferica per parte delle radiazioni direttamente emesse dai vari prodotti contenuti nel suolo stesso.

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 Webb (3), i quali hanno dimostrato che un grammo di cotesto composto di torio, in cui si possa considerare raggiunto lo stato di equilibrio radioattivo con tutti i successivi prodotti di trasformazione, compreso il radiotorio, 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

(1) Rendiconti Acc. dei Lincei. XVII, pag. 101, 1° sem. 1908.

(2) Rendiconti Acc. dei Lincei. XVIII, pag. 241, 1° sem. 1909.

(3) Le Radium, V, pag. 271, 1908.

tale da separare cogli idrati, insieme al torio, la totalità del radiotorio 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 per il terreno di Panisperna, esaminato con metodo diverso, sono riportati nella seguente tabella.

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

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 vuol 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, dalloionio e dal radio F, che sono precisamente i tre membri della suddetta famiglia emettenti raggi α i quali 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 deve 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 sperimentalmente 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 lanciato fuori dall'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 di roccia.

Da ciò 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 un solido qualsiasi, o alcuni centimetri di aria,

per assorbire completamente questa categoria 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 maggior 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 generato 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 della serie del radio nelle vicinanze immediate dei materiali esaminati da Strutt.

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

⁽¹⁾ Amer. Journ. of Sc., dicembre 1906; Le Radium, IV, pag. 124, 1907.

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 materiali 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 la considerazione dei risultati da me ottenuti.

In un primo lavoro Eve ⁽¹⁾ ha cercato di dedurre la quantità di radio contenuta nel cm^3 del suolo a Montreal dalla intensità della radiazione penetrante emessa dal suolo stesso, ed ha trovato per risultato gr. $1,8 \times 10^{-11}$ per cm^3 ; 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. $1,1 \times 10^{-12}$ per grammo, il che, assumendo per la densità media delle rocce stesse il valore 2,6, equivale ad una proporzione di gr. $2,9 \times 10^{-12}$ per cm^3 , 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 invece, 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 essere presenti, ed in particolare del 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 un certo numero di rocce

⁽¹⁾ Phil. Mag., settembre 1906.

⁽²⁾ Phil. Mag., agosto 1907.

di diversa natura e provenienza; 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 comuni care alcune delle conseguenze che da questi miei primi risultati si possono dedurre.

Fisica. — *Sulla variazione di tenacità del ferro nel campo magnetico* (1). Nota riassuntiva del prof. ERNESTO DRAGO, presentata dal Socio P. BLASERNA.

1. In questa seconda Nota sono esposti i risultati delle esperienze eseguite con i vari campioni di filo di ferro.

I fili X con cui dapprima s'intrapresero le ricerche quantitative, presentavano un diametro di 0^{mm},4 ed un colore bruno caratteristico, dal quale si poteva arguire che non erano stati ricotti in un'atmosfera inerte.

Con essi si fecero tre serie di misure nel modo seguente. Si sceglievano molti pezzi di filo della stessa lunghezza da una medesima matassa e si tagliavano in due parti eguali, di cui una era sottoposta a rottura senza eccitare il campo magnetico, l'altra dopo avere eccitato il medesimo. In ogni misura si prendeva nota della temperatura segnata da un termometro il cui bulbo era collocato a piccolissima distanza dalla parte di filo cementata.

I risultati di una prima serie di esperienze sono consegnati nella seguente

TABELLA I.

Numero d'ordine	P _s	t	P _m	t'	P _c	T _s	T _m	l _{sm}	l' _{sm}	l _{cm}	l' _{cm}
ATTACCHI MECCANICI				CAMPO MAGNETICO 300 gauss							
1	5756	11,0	5763	10,5	5760	16 0	16 0	62	81	60	76
2	5725	11,8	5728	12,0	5729	16 0	16 0	58	76	59	77, 5
3	5734	12,6	5744	12,0 (2)	5740	16 3	16 2	60	78	61	78
4	5724	11,7	5728	12,0	5730	15 48	15 49	57, 5	75	60	78
5	5718	11,9	5722	11,9	5722	16 20	16 10	60	79	60	79
6	5705	13,7	5711	13,9	5712	16 2	16 5	61	81	60	78
7	5708	12,0	5717	11,5	5714	15 3	15 0	60	77	60	81
8	5701	12,5	5702	12,8	5704	15 7	15 0	60	88	60	77
Medie	5721,4		5726,9		5726,4	15 48	15 46	59, 8	78, 8	60, 0	78, 1

$$\frac{5726,4}{5721,4} = 1,00087$$

$$A = 5,0$$

$$\frac{1000 A}{M} = 0,9.$$

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto fisico della R. Università di Catania.

(2) Si ebbe t' < t rompendo il filo prima nel campo magnetico.